

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN
MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO DE EL TABLÓN
DE GÓMEZ, DEPARTAMENTO DE NARIÑO

JORGE GIRALDO OBANDO MESÍAS

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2012

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN
MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLÓN DE
GÓMEZ, DEPARTAMENTO DE NARIÑO

JORGE GIRALDO OBANDO MESÍAS

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Geógrafo con énfasis en planificación regional

Asesor:

Germán Edmundo Narváez Bravo
Esp. Ecología con énfasis en Gestión Ambiental

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2012

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo son responsabilidad exclusiva del autor”

Artículo 1 del acuerdo N° 324 de Octubre 11 de 1966, emanado del Honorable consejo directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, 08 de Febrero de 2012

AGRADECIMIENTOS

Agradezco eternamente a Dios por su infinita bondad. A mi familia, por su apoyo en el proceso de formación personal y profesional. Expreso mi más sincera gratitud al asesor del proyecto, profesor Germán Edmundo Narváez Bravo, un profesional integro quien con toda su disposición me brindo su tiempo y conocimientos proporcionándome las herramientas académicas que me permitieron culminar con éxito esta investigación, a Él gracias por su respaldo y amistad.

De igual manera agradezco a los señores jurados evaluadores, Oscar Fernando Benavides y Carlos Torres, por su tiempo y colaboración.

Agradecimientos especiales al Departamento de Geografía, bajo la dirección del Doctor Francisco Mora Córdoba. Así mismo al grupo de Investigación en Geografía Física y Problemas Ambientales TERRA, de La Universidad de Nariño.

DEDICATORIA

Consagro mi profesión a Dios, quien es el único que tiene potestad sobre mi vida y me permitió llegar hasta este momento. Dedico los meritos académicos a mis padres: Luz Virginia Mesías Enríquez y Jorge Eudoro Obando Viveros y a mis hermanas: Mary, Liliana, María Alejandra y Luz Dary, quienes siempre me apoyaron incondicionalmente para lograr culminar con éxito mi carrera universitaria.

“No te afanes por el mañana, que el mañana está en manos de Dios, confía pues en Él”.

Mateo 6:34

RESUMEN

En la investigación, se desarrolla el tema de la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción masa, donde se toma el caso del Corregimiento de Las Mesas, Municipio El Tablón, (N). El documento consta de: caracterización físico natural, análisis de cobertura y uso del suelo, identificación de tipos de fenómenos de remoción en masa, determinación de factores detonantes que intervienen en la generación de movimientos en masa, caracterización y mapificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa.

El trabajo presenta la zonificación de la amenaza a partir de la implementación del método estadístico univariado, basado en determinar cuantitativamente el grado de influencia que cada variable geoambiental (geología, geomorfología, pendiente, cobertura y uso del suelo), tiene en la generación de los fenómenos de remoción en masa cartografiados. El grado de influencia que cada variable geoambiental posee sobre los fenómenos de remoción en masa, se definió calculando las áreas afectadas por tipo de movimientos presentes en cada unidad cartográfica de parámetro evaluado.

Procedimiento que permitió la tipificación de la amenaza relativa mediante valoración o asignación de un peso específico de susceptibilidad a cada unidad cartográfica, obtenido a partir de la densidad de movimientos en masa identificados. El modelo metodológico se complementó con la utilización de Sistemas de Información Geográfica, herramienta que admitió la integración cartográfica de variables temáticas mediante modelamiento geoespacial de la amenaza relativa del terreno por este tipo de fenómenos.

El resultado de la zonificación de amenaza se plasmó en mapas, que indican la posibilidad de ocurrencia de movimientos en masa, según la valoración de las características físico-naturales del terreno. Así se identificaron áreas de superficie, en las cuales las condiciones son favorables, para que en ellas pueda ocurrir un determinado fenómeno de remoción en masa. De esa manera se clasificó la estabilidad relativa respecto a que sectores específicos dentro del área de estudio son susceptibles a la formación de fenómenos de remoción en masa, para ello se establecieron categorías de amenaza relativa como: muy alta y alta, asignada a aquellas zonas inestables del terreno que por sus características actuales son consideradas como propicias para la formación de movimientos en masa. En orden descendente de severidad se instauraron las clases de amenaza relativa mediana, baja y muy baja, referidas a superficies del terreno con mayor estabilidad actual.

Palabras claves: amenaza, zonificación, fenómenos de remoción en masa.

ABSTRACT

This research was carried out in Las Mesas town –town located in Nariño in the municipality of Tablón– being the objective of this study to identify the area threatened by mass moving phenomena. Key issues like a natural-physical characterization, an analysis of soil and its covering, an identification of the types moving mass phenomena, a determination of the factors causing mass moving, and a characterization and mapping of the threat caused by the mass moving phenomena are discussed.

The identification of the threatened area is accomplished through the use of the “Univariado” statistical method which was implemented with a view to identifying the influence of each geo-environmental variable -geology, geomorphology, slope, covering, and soil use- on the types of moving mass phenomena. Their influence is presented into maps. The degree of influence on each variable was obtained by identified the affected areas by the types of moving found into each area assessed.

The procedure allowing the identification of the relative threat was an assignation of specific weight of susceptibility to each map used into this research. The methodological model was also completed with the utilization of a geographical database.

The results are clearly located on map indicating the rate of mass moving occurrence according to the soil characteristics. Thus, the places, having favorable conditions for a mass moving phenomena to take place, were identified and classified. Additionally, categories like Extremely High and high were also established for the places which are classified as unstable areas, while the places considered to be into a rate of medium threat are classified into Medium, Low, and Extremely Low.

Key words: threat, zonification, moving mass phenomena.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	29
1. PROBLEMA	31
1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA	31
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	31
1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	31
2. OBJETIVOS	33
2.1 OBJETIVO GENERAL	33
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	33
3. JUSTIFICACION	34
4. MARCO REFERENCIAL	35
4.1 MARCO CONTEXTUAL	35
4.1.1 Contexto internacional	35
4.1.2 Contexto nacional	37
4.1.3 Contexto regional	39
4.1.4 Localización del área de estudio	39
4.2 MARCO TEORICO CONCEPTUAL	41
4.3 MARCO LEGAL	55
5. METODOLOGIA	57
5.1 Fase uno. Caracterización físico natural del corregimiento de Las Mesas	57

	pág.
5.2 Fase dos. Identificación de la cobertura y uso del suelo en el corregimiento de Las Mesa	60
5.3 Fase tres. Identificación de los tipos de fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de Las Mesas	62
5.4 Fase cuatro. Determinación de los principales factores detonantes o condicionantes que intervienen en la generación de fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de Las Mesas.	63
5.5 Fase cinco. Caracterización y mapificación de la amenaza por Fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de Las Mesas	65
6. CARACTERIZACIÓN FÍSICO NATURAL DEL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLON, (N)	72
6.1 GEOLOGÍA	72
6.1.1 Complejo quebrada grande (K1cqg)	72
6.1.2 Lavas y piroclastos (Nqlp)	73
6.1.3 Flujos de Lodo y flujos Piroclásticos (Qflp)	75
6.2 TOPOGRAFÍA Y PENDIENTE DEL TERRENO	79
6.2.1 Topografía	79
6.2.2 Pendiente del terreno	80
6.3 GEOMORFOLOGÍA	82
6.3.1 Geosistema Glaciar Heredado	83
6.3.2 Geosistema Volcánico	85
6.3.3 Geosistema Denudacional	95
6.4 PRECIPITACIÓN	100
6.4.1 Precipitación total mensual	101

	pág.
6.4.2 Precipitación total anual	104
6.4.3 Precipitación máxima en 24 horas	106
7. DEFINICIÓN DE LA COBERTURA Y USO DEL SUELO EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLÓN, (N)	108
7.1 TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	109
7.1.1 Tejido urbano discontinuo	109
7.2 TERRITORIOS AGRÍCOLAS	110
7.2.1 Cultivos permanentes	110
7.2.2 Pastos arbolados	111
7.2.3 Mosaico de pastos y cultivos	112
7.3 BOSQUES Y ÁREAS SEMI – NATURALES	113
7.3.1 Bosque natural denso alto de tierra firme	114
7.3.2 Vegetación de páramo	115
7.3.3 Bosques ripario	116
7.3.4 Zonas arenosas y afloramiento rocosos naturales	117
7.4 SUPERFICIES DE AGUA	118
7.4.1 Lagunas	119
8. CLASIFICACION DE TIPOS DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLON, (N)	120
8.1 DESLIZAMIENTOS	121
8.1.1 Deslizamientos traslacionales	121

	pág.
8.1.2 Deslizamientos rotacionales	137
8.2 FLUJOS	141
8.2.1 Flujo de suelo o tierra	141
8.2.2 Flujo de Detritos	142
8.3 CAÍDA DE ROCAS	144
9. FACTORES CONDICIONANTES O DETONANTES QUE INTERVIENEN EN LA GENERACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO DEL TABLON, (N)	150
9.1 Relación Pendiente del terreno versus fenómenos de remoción en masa	150
9.2 Relación precipitación versus fenómenos de remoción en masa	152
9.3 Relación actividad antrópica versus fenómenos de remoción en masa	157
10. CARACTERIZACIÓN Y MAPIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLON, (N)	161
10.1 ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA RELATIVA A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA	161
10.1.1 Análisis estadístico univariado de variables geoambientales	161
10.1.2 Amenaza relativa de variables geoambiental con respecto a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa	162
10.1.3 Amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa	169
10.1.4 Amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa	177

	pág.
11. CONCLUSIONES	181
12. RECOMENDACIONES	185
BIBLIOGRAFÍA	187
ANEXO GENERAL	193
ANEXO CARTOGRAFICO	195

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. División político administrativa del Municipio del Tablón de Gómez	40
Cuadro 2. División político administrativa del Corregimiento de Las Mesas	41
Cuadro 3. Clasificación de los tipos de fenómenos de remoción en masa	43
Cuadro 4. Clasificación de tipos de pendiente del terreno	59
Cuadro 5. Catalogo de Figuras aéreas del área de estudio	59
Cuadro 6. Catalogo estaciones climatológicas y pluviométricas consideradas en el análisis de la precipitación.	60
Cuadro 7. Leyenda nacional de coberturas de la tierra, nomenclatura Corine Land Cover	61
Cuadro 8. Matriz de amenaza relativa de las unidades geológicas a los fenómenos de remoción en masa	163
Cuadro 9. Matriz de amenaza relativa de las unidades geomorfológicas a los fenómenos de remoción en masa	164
Cuadro 10. Matriz de amenaza relativa de las unidades de cobertura y uso del suelo a los fenómenos de remoción en masa	165
Cuadro 11. Matriz de amenaza relativa de la pendiente del terreno a los fenómenos de remoción en masa.	166
Cuadro 12. Categorías de amenaza relativa de variables geoambientales con respecto a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa	167
Cuadro 13. Categorías de amenaza relativa total del terreno a deslizamientos	170

pág.

Cuadro 14. Categorías de amenaza relativa total del terreno a flujos	173
Cuadro 15. Categorías de amenaza relativa total del terreno a caídas de roca	175
Cuadro 16. Categorías de amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa	177

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Valores totales mensuales de Precipitación (mm), estaciones San Bernardo, Aponte y La Cruz	101
Gráfico 2. Distribución interanual de la Precipitación (mm), estaciones San Bernardo, Aponte y La Cruz	105
Gráfico 3. Valores máximos mensuales de Precipitación (mm) en 24 horas, Estaciones San Bernardo y Aponte	107
Grafico 4. Relación entre el número de fenómenos de remoción en masa por categoría de pendiente, en el corregimiento de Las Mesas	151
Grafico 5. Superficie en hectáreas afectada, por fenómenos de remoción en masa según la categoría de pendiente en el corregimiento de Las Mesas	152
Gráfico 6. Distribución mensual de los movimientos en masa ocurridos en Colombia durante el fenómeno cálido (El Niño) 1.997 - 1.998 y frío (La Niña) 1.998 - 2.000	154
Gráfico 7. Numero de movimientos en masa dañinos por departamento durante el fenómeno frío del Pacifico (La Niña) 1.999 - 2.000	154
Gráfico 8. Relación entre el número de eventos y las coberturas del suelo en el corregimiento de Las Mesas.	158
Grafico. 9. Superficie en hectáreas, afectada por fenómenos de remoción en masa, según el tipo de cobertura del suelo en el corregimiento de Las Mesas	158

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Morfología del un movimiento en masa típico	42
Figura 2. Deslizamiento de tipo rotacional	44
Figura 3. Deslizamiento de tipo traslacional	45
Figura 4. Flujo de suelo o tierra	46
Figura 5. Flujo de detritos	47
Figura 6. Caída de rocas, en diferentes ángulos de inclinación de la pendiente	48
Figura 7. Flujo de lodo	49
Figura 8. Volcamiento	49
Figura 9. Reptación	50
Figura 10. Esquema del proceso metodológico	70
Figura 11. Esquema de información espacial	71
Figura 12. Formación Geológica Complejo Quebrada Grande K1cqq, cuenca baja del río Resina	73
Figura 13. Lavas de composición fundamentalmente andesítica, de color gris con diferentes tonalidades, quebrada El Humadal	75
Figura 14. Cubierta de piroclastos en avanzado estado de meteorización, que generan suelos arcillosos de diversas tonalidades, vereda Gavilla alta	75
Figura 15. Formación de suelo orgánico sobre cubierta de piroclastos, vereda el Carmelo	78
Figura 16. Intercalaciones de flujos piroclásticos y caídas de ceniza; conjunto de color gris dominante, vereda El Plan	78

	pág.
Figura 17. Perfil Topográfico del Corregimiento de Las Mesas, corte longitudinal de occidente a oriente	79
Figura 18. Paisaje glaciar heredado, páramo El Machete de Doña Juana	85
Figura 19. Unidad de terrazas fuertemente disectadas, centro poblado Las Mesas	88
Figura 20. Deposito de flujos piroclásticos, vereda El Plan	89
Figura 21. Depósitos de caída de piroclastos (ceniza volcánica), vereda Valmaría	90
Figura 22. Complejo de domos, volcán Doña Juana	91
Figura 23. Flujo de lodo o lahar, localizado en el sitio conocido como La Lava, vereda Valmaría	93
Figura 24. Panorámica estrato volcán Doña Juana	94
Figura 25. Vista aérea del cráter, volcán Doña Juana	95
Figura 26. Unidad de escarpes localizada hacia el norte del área de estudio, observada desde la vereda San Francisco	96
Figura 27. Unidad geomorfológica de cerros residuales, vereda Los Yungas	97
Figura 28. Unidad geomorfológica de cuchillas, vereda Doña Juana	97
Figura 29. Unidad de laderas moderadamente escarpadas, vereda Gavilla alta	99
Figura 30. Unidad geomorfológica de laderas fuertemente escarpadas, flanco izquierdo del rio Chorrillo, vereda Doña Juana	99
Figura 31. Panorámica del centro poblado Las Mesas	110
Figura 32. Cobertura de cultivos permanentes, vereda Los Yungas	111

	pág.
Figura 33. Cobertura de pastos arbolados, veredas El Carmelo y La Florida	112
Figura 34. Cobertura de pastos y cultivos sobre unidad de terrazas, vereda Valmaría	113
Figura 35. Unidad de bosque alto de tierra firme, vereda el Silencio	115
Figura 36. Vegetación de páramo, zona nororiental del volcán Doña Juana	116
Figura 37. Cobertura de bosque ripario, micro cuenca El Carmelo	117
Figura 38. Afloramiento rocoso natural, cima del volcán Doña Juana	118
Figura 39. Laguna El Silencio	119
Figura 40. Deslizamiento traslacional, Localizado al norte del área de estudio, sobre el margen izquierdo de la quebrada El Carmelo	123
Figura 41. Deslizamiento traslacional, quebrada Estanquillo, vereda San Francisco	124
Figura 42. Deslizamiento traslacional, localizado en el cerro El Montoso, sector oriental de la vereda María Inmaculada	127
Figura 43. Deslizamientos traslacionales, páramo de Doña Juana vereda el Silencio	128
Figura 44. Deslizamiento traslacional localizado hacia al sur oriente del área de estudio, Vereda Providencia	129
Figura 45. Deslizamiento traslacional afectando una zona terrazas, vereda Gavilla alta	130
Figura 46. Deslizamiento traslacional, afectando una zona de laderas, vereda Gavilla alta	130
Figura 47. Deslizamiento traslacional, carretera Las Mesas - El Tablón, vereda El Porvenir	132

Figura 48. Deslizamiento traslacional, carretera principal Las Mesas - El Tablón, a la altura de la escuela rural de la vereda El Porvenir	133
Figura 49. Deslizamiento traslacional, carretera hacia el centro poblado Las Mesas límite entre las veredas El porvenir y San Rafael	134
Figura 50. Deslizamiento traslacional, carretera hacia la vereda Los Yungas	135
Figura 51. Deslizamiento traslacional sobre la carretera hacia la vereda Doña Juana	136
Figura 52. Morfología del deslizamiento rotacional, vereda Gavilla alta	138
Figura 53. Superficies de falla transversales sobre la cabeza del deslizamiento rotacional, vereda Gavilla alta	139
Figura 54. Perfil y partes del deslizamiento rotacional, vereda Gavilla alta	139
Figura 55. Movimiento del material en un deslizamiento típico de rotación, vereda El Cedro	140
Figura 56. Evidencias de formación de superficies cóncavas sobre el cuerpo de los deslizamientos, vereda Gavilla baja	141
Figura 57. Formación de sucesivos movimientos de rotación sobre el camino hacia la vereda Gavilla baja	141
Figura 58. Zona de origen y cuerpo del flujo de suelo, vereda Gavilla alta	142
Figura 59. Canal de transporte y área de depósito del flujo de suelo, vereda Gavilla alta	142
Figura 60. Evidencia de deslizamientos traslacionales en la zona de la cabeza y garganta del flujo de detritos, vereda Gavilla alta	144
Figura 61. Panorámica del cuerpo, pie y frente o base, del flujo de detritos, vereda Gavilla alta	144
Figura 62. Caída libre de roca en ángulo de inclinación mayor a 75 grados de inclinación, carretera Las Mesas El Tablón	147

pág.

Figura 63. Bloques de roca sobre ángulo menor a 45 grados, 147
depositados sobre la carretera Las Mesas El Tablón

Figura 64. Caída de bloques de roca sobre el camino hacia la vereda 148
Gavilla alta

Figura 65. Caída de rocas sobre la carretera hacia la vereda Los Yungas 148

Figura 66. Superficie agrietada asociada a escarpes de rocas duras y 149
fracturadas, vereda Valmaría

LISTA DEL ANEXO GENERAL

	pág.
Anexo A. Formato de captura de información sobre fenómenos de remoción en masa	194

LISTA DEL ANEXO CARTOGRAFICO

	pág.
Mapa 1. División político administrativa, del corregimiento de Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	196
Mapa 2. Información topográfica base, del corregimiento de Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	197
Mapa 3. Geología, del corregimiento de Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	198
Mapa 4. Unidades de pendiente del terreno en el corregimiento de Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	199
Mapa 5. Modelo Digital de Elevaciones DEM, Corregimiento de Las Mesa, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	200
Mapa 6. Geomorfología del corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	201
Mapa 7. Cobertura y uso del suelo, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	202
Mapa 8. Delimitación aerofotográfica de fenómenos de remoción en masa, Corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	203
Mapa 9. Distribución de fenómenos de remoción en masa, Corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	204
Mapa 10. Localización puntual de fenómenos de remoción en masa, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	205
Mapa 11. Amenaza relativa de unidades geológicas a deslizamientos, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	206
Mapa 12. Amenaza relativa de unidades geológicas a flujos Suelo - Detritos, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	207

Mapa 13. Amenaza relativa de unidades geológicas a caídas de roca, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	208
Mapa 14. Amenaza relativa de unidades geomorfológicas a deslizamientos, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	209
Mapa 15. Amenaza relativa de unidades geomorfológicas a flujos Suelo – Detritos, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	210
Mapa 16. Amenaza relativa de unidades geomorfológicas a caídas de roca, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	211
Mapa 17. Amenaza relativa de unidades de pendiente del terreno a deslizamientos, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	212
Mapa 18. Amenaza relativa de unidades de pendiente del terreno aflujos Suelo - Detritos, Corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	213
Mapa 19. Amenaza relativa de unidades de pendiente a caídas de rocas, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	214
Mapa 20. Amenaza relativa de unidades de cobertura y uso a deslizamientos, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	215
Mapa 21. Amenaza relativa de unidades de cobertura y uso a flujos Suelo - Detritos, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	216
Mapa 22. Amenaza relativa de unidades de cobertura y uso a caídas de rocas, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	217

Mapa 23. Amenaza relativa total del terreno a deslizamientos, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	218
Mapa 24. Amenaza relativa total del terreno a flujos Suelo - Detritos, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	219
Mapa 25. Amenaza relativa total del terreno a caídas de roca, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	220
Mapa 26. Amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa, corregimiento Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	221
Mapa 27. Vista tridimensional (3D), de las zonas de amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa, corregimiento de Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño	222

GLOSARIO

AMENAZA: probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado.

ANALISIS ESTADISTICO UNIVARIADO: método de zonificación de la susceptibilidad basado en identificar cuantitativamente el grado de influencia que cada variable geoambiental o factor intrínseco tiene en la generación de fenómenos de remoción en masa.

BARLOVENTO: ladera de de un relieve o región orientada hacia la dirección del viento.

CAÍDAS: masas desprendidas de pendientes muy fuertes o escarpes, que se mueven en caída libre, dando tumbos (saltos) o ruedan ladera abajo.

CARCAVA: forma de erosión sobre materiales sedimentarios margoso-arcillosos en un medio semiárido.

CERRO RESIDUAL: elevación que representa el residuo de una plataforma horizontal desmantelada por la erosión y que se encuentra aislada frente a un relieve tabular o en cuesta, del que formaba parte y del que ha sido separada por la erosión.

CIRCO GLACIAR: depresión o cubeta de erosión glaciar de forma semicircular, limitada por escarpes rocosos de acusada pendiente y localizada por debajo de nivel de cumbres.

CLIMA: conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado de la atmosfera de un área de la superficie terrestre, durante un periodo amplio de tiempo.

CRÁTER: depresión de forma aproximadamente circular, con paredes muy empinadas generalmente ubicada en la cima de un volcán.

CUENCA HIDROGRAFICA: espacio geográfico o área en la que las aguas de la escorrentía convergen en un conector principal, que es un río, lago o mar.

DESLIZAMIENTO: movimiento ladera abajo de una masa de suelos o rocas, que ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de ruptura o zonas relativamente delgadas de intensa deformación cortante.

DOMO VOLCÁNICO: forma o estructura cupuliforme, con forma de bóveda o de media esfera, cuyo origen puede ser muy diverso. Los domos volcánicos se producen cuando en la erupción aparece lava muy viscosa.

EROSIÓN: proceso de modelado de la superficie terrestre provocado por agentes climáticos, químicos, mecánicos y antrópicos.

ERUPCIÓN: emisión de materiales sólidos (bombas volcánicas), líquidos (lavas) o gaseosos, por apertura de la corteza terrestre (volcán).

FALLA GEOLOGICA: rotura o fractura de un estrato rocoso debido a fuerzas orogénicas de compresión.

FLUJO DE LAVA: derrame o corriente de roca fundida originada en un cráter o en fracturas de los flancos de un volcán.

FLUJO PIROCLÁSTICO: mezcla caliente de gases, ceniza y fragmentos de roca que descienden a grandes velocidades. Ocurren generalmente en erupciones explosivas o por el colapso del frente de un domo o flujo de lava.

FLUJOS: masas que se mueven como unidades deformadas, viscosas, sin un plano discreto de ruptura.

GLACIAR: gran masa de hielo, normalmente en movimiento descendente desde el área de acumulación por acción de la gravedad.

LAGUNA: denominación que recibe cualquier extensión natural de agua estancada, sea esta dulce o salada.

MAPA DE AMENAZA RELATIVA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA: representación cartográfica que establece donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir fenómenos de remoción en masa.

METEORIZACIÓN: desintegración de la roca en partículas debido a la intervención de factores, mecánicos, físicos y químicos.

MOVIMIENTO OROGÉNICO: proceso que transforma la corteza terrestre, con fuerzas y presiones, provocando la aparición de las montañas. A su vez, va acompañado de movimiento y alteración del magma así como vulcanismo.

PENDIENTE: inclinación del terreno observable en las laderas o las pendientes de las montañas.

PERMEABILIDAD: capacidad de un material para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.

RED DE DIACLASAS: red de roturas en las rocas, normalmente producidas por fuerzas tectónicas.

RELIEVE: nombre genérico que se da al conjunto de los accidentes (principalmente cordilleras, colinas, valles) que modelan la superficie de la corteza terrestre.

REMOCIÓN EN MASA: conjunto de procesos denudativos relacionados con la deformación del terreno y el desplazamiento o transposición más o menos rápida y localizada de diferentes volúmenes de suelo.

RIESGO: grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un suceso particular y como una función de la amenaza y la vulnerabilidad.

ROCAS SEDIMENTARIAS: rocas compuestas por materiales transformados, formadas por la acumulación y consolidación de materia mineral pulverizada, depositada por la acción del agua y en menor medida del viento o del hielo glaciar.

SEDIMENTACIÓN: proceso de deposición de los materiales resultantes de la erosión, los productos son transportados y se acumulan gracias a la acción de la gravedad.

SUSCEPTIBILIDAD: grado de propensión de un terreno a desarrollar un fenómeno natural potencialmente dañino, definido a partir de la interacción las propiedades intrínsecas caracterizadas bajo unidades de parámetro y unidades de terreno.

VALLE GLACIAR: valles en forma de U o artesa. Han sido labrados sobre las vertientes rocosas por las lenguas glaciares en su descenso.

VOLCÁN: relieve formado por acumulación de lavas alrededor de un conducto de emisión o chimenea, a través del cual conecta el magma con la superficie terrestre. El aparato volcánico externo está constituido por un cono, montaña originada al acumularse lava alrededor de la boca del volcán o cráter.

VULNERABILIDAD: grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresado en una escala desde 0 o sin daños a 1 o pérdida total.

ZONIFICACIÓN POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA: división de la superficie terrestre en zonas de acuerdo al grado real o potencial de peligro a deslizamientos de tierra o de otros movimiento en masa en las laderas.

INTRODUCCIÓN

Entre los fenómenos de origen natural, presentes en el Corregimiento de Las Mesas, los más perjudiciales son los relacionados con la remoción en masa, siendo fundamental identificar problemas por morfodinámica que afectan a infraestructura y población vulnerable.

La investigación titulada “Zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de Las Mesas, Municipio de El Tablón de Gómez Departamento de Nariño”. Es un trabajo de investigación enfocado al análisis de información de índole físico natural y espacial, con el fin de comprender el comportamiento y dinámica de los fenómenos de remoción en masa, partiendo de su identificación y evaluación.

El hecho que el estudio de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, mediante cálculos probabilísticos resulta ser muy complejo debido al gran número de variables que intervienen en el proceso, la investigación que aquí se plantea se basa en la zonificación de acuerdo a la calificación de la amenaza que se establece mediante un análisis semicuantitativo basado en la distribución espacial de fenómenos en masa. El propósito es identificar áreas susceptibles a través de la zonificación y caracterización de la amenaza relativa total del terreno a los fenómenos de remoción en masa, evaluando los sectores amenazados para ello se describe las zonas geográficas que representan diferentes grados de peligrosidad potencial actual hacia la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

La zonificación de amenaza relativa, se oriento mediante el desarrollo de procedimientos que permitieron valorar, relacionar, evaluar e identificar variables geoambientales (geología geomorfología, pendiente del terreno, cobertura y uso del suelo) y fenómenos de remoción en masa, utilizando para ello el método estadístico univariado. El uso de este método, permitió valorar la densidad de movimientos en masa presentes en cada variable geoambiental. Para ello se definió una ecuación matemática que admitió la asignación cuantitativa de los valores de peso o grado de influencia que cada factor interno del terreno representa sobre la generación de fenómenos de remoción en masa, determinando la estabilidad relativa del terreno en función del análisis de sus condiciones físicas locales. El método de análisis estadístico se integro con la incorporación de Sistemas de Información Geográfica (SIG), a través del modelamiento espacial de las diferentes capas temáticas con la de fenómenos de remoción en masa, procedimiento que permitió la integración y generación de nuevos elementos cartográficos generados a partir del cruce, adición y ponderación de pesos de las distintas unidades presentes en cada variable geoambiental dando como resultado la zonificación de la amenaza relativa total del terreno a los fenómenos de remoción en masa.

El proceso metodológico finalmente permitió determinar la susceptibilidad del terreno frente a la posible ocurrencia de movimientos en masa potenciales que por sus características actúales, se identificaron como indicadores de amenaza en el área de estudio.

La investigación se presenta como monografía de grado e incluye: caracterización físico natural, identificación de la cobertura y uso del suelo, identificación de tipos de fenómenos de remoción en masa, determinación de factores detonantes, caracterización y mapificación de la amenaza; lineamientos, conceptos, normatividad y políticas vigentes relacionadas con el estudio y tipificación de la amenaza dentro del desarrollo físico espacial de Colombia; aspectos de investigación tanto a nivel local, regional e internacional y definición de cinco fases metodológicas cuya ejecución permitió el cumplimiento de los objetivos establecidos.

El informe final de la investigación consta de un documento escrito, el cual contiene cuadros, figuras, gráficos y Figuras diseñados por el autor de este estudio, acompañados de treinta mapas temáticos a escala 1:25.000, que muestran el análisis de las variables físico naturales y el proceso de zonificación de amenaza total del terreno a fenómenos de remoción en masa para el área de estudio; elementos que se utilizan como sustento físico en el desarrollo del proyecto permitiendo interpretar y analizar espacialmente tanto variables físico naturales, movimientos en masa y amenaza relativa del terreno a fenómenos de remoción en masa. Frente a ello se estable que la definición de variables físico naturales y la amenaza total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa permitieron caracterizar áreas de amenaza según su grado de afectación, estableciéndose así la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de Las Mesas, Municipio de El Tablón de Gómez Departamento de Nariño.

1. PROBLEMA

1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es la amenaza generada por fenómenos de remoción en masa en el Corregimiento de Las Mesas, Municipio de El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño?

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Incidencia de fenómenos de remoción en masa, considerados como generadores de amenaza, los cuales afectan la infraestructura básica las actividades humanas y la vida de la población que habita el corregimiento de Las Mesas, Municipio de El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño.

1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El Corregimiento de Las Mesas, se ubica en el Municipio de El Tablón de Gómez, hacia la zona nororiental del Departamento de Nariño. Su área territorial cuenta con una extensión de 10195,86 hectáreas, distribuidas entre el centro poblado Las Mesas y diecisiete (17) veredas, de las cuales un 90% presentan fenómenos de remoción en masa; aspecto que se ha ampliado notoriamente en los últimos años debido a la presión que la población ejerce sobre los recursos naturales, acelerando la degradación de los suelos los cuales pierden de manera periódica su cobertura vegetal quedando vulnerables y expuestos al desarrollo de procesos erosivos, acto que ha conllevado a la generación intensiva de fenómenos de remoción en masa ocasionando impactos negativos sobre la población y el medio físico natural.

Las causas probables que originan los fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, se encuentran relacionadas directamente con: el desarrollo desordenado del espacio geográfico, presencia de conflictos de uso y manejo de los suelos, establecimiento de prácticas inadecuadas de producción agrícola, tala y quema indiscriminada de la cobertura vegetal, expansión agropecuaria en zonas de páramo y subpáramo, explotación minera sin ningún control legal y ambiental, deficiente planificación de obras civiles y de vivienda, condiciones geológicas y geomorfológicas con influencia de unidades de origen volcánico y sedimentario indicando la presencia de suelos poco consolidados de laderas escarpadas ampliamente susceptibles al desarrollo de procesos erosivos, presencia de topografía fuerte con predominio de pendientes altas mayores a 50% inclinación, factores meteorológicos adversos con presencia precipitaciones copiosas que en su periodo de mayor desarrollo sobrepasan los 2000 mm anuales, factores

sísmicos catalogados como de alto impacto, por su ubicación en una área montañosa donde predominan estructuras geológicas, presencia de fallas activas, sistemas geodinámicos como el complejo volcánico Doña Juana Cascabel, elementos que conjugados anticipan el terreno al desarrollo de amenazas entre ellas las relacionadas con desplazamiento de material litológico.

Como consecuencia la presencia de fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, ha ocasionado pérdidas humanas, transformación y deterioro del paisaje, destrucción de infraestructura, bienes y servicios básicos, atraso económico y disminución de la calidad de vida de sus habitantes, siendo notable la ejecución de investigaciones que permitan a la comunidad obtener acceso al conocimiento de dichas zonas de amenaza y a las autoridades locales tomar medidas rápidas y confiables frente al tema.

El desconocimiento de las amenazas naturales entre ellas las relacionadas con fenómenos de remoción en masa ha provocado en el área de estudio, la intervención y ocupación de espacios geográficos que actualmente enfrentan un nivel de incidencia alto, debido a la elevada tasa de fenómenos de remoción en masa, los cuales alcanzan magnitudes considerables expandiendo de manera potencial y cíclica su poder impidiendo el ocupar áreas donde se encuentran activos o como vestigios de su paso, por lo tanto la población al carecer de otra alternativa no le quedaba otra opción que someterse a habitar áreas expuestas al peligro.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Zonificar la amenaza por fenómenos de remoción en masa, en el Corregimiento de Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización físico natural en el área de estudio.
- Identificar la cobertura y uso del suelo en el área de estudio.
- Identificar los tipos de fenómenos de remoción en masa en el área de estudio.
- Determinar los principales factores detonantes que intervienen en la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de estudio.
- Caracterizar y mapificar la amenaza por fenómenos de remoción en masa en el área de estudio.

3. JUSTIFICACIÓN

La zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en el Corregimiento de Las Mesas se realiza, debido al nivel de afectación, periodicidad y frecuencia que ostenta dicho espacio, debido a la presencia de fenómenos de remoción en masa. Según el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del Municipio de El Tablón de Gómez, los movimientos en masa se presentan con mayor frecuencia en veredas del corregimiento de Las Mesas, frente a ello establece que “las zonas de amenaza por fenómenos de remoción en masa, es muy difícil puntualizarlas, porque no existe ningún tipo de estudio al respecto”¹. Por tal motivo se justifica la realización de un estudio de esta categoría.

La zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa se considera importante, por su aporte en la formulación de proyectos y programas relacionados con la gestión integral del riesgo dentro de la planificación del desarrollo sectorial, permitiendo identificar zonas de posible reasentamiento mediante la atención inmediata de áreas amenazadas a nivel local en espacios rurales, proporcionando un diagnóstico de la situación actual de las zonas afectadas por fenómeno de remoción en masa en el corregimiento de Las Mesas, que requieran manejo prioritario para ser incorporadas dentro del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del Municipio de El Tablón de Gómez.

La realización del proyecto de zonificación de amenaza, posibilita el desarrollo eficiente de procesos de planificación territorial en áreas específicas afectadas por fenómenos de remoción en masa, viabilizando la construcción futura del Plan Local de Emergencias y Contingencias (PLEC) para dicho Corregimiento.

Indiscutiblemente la investigación se justifica ya que a partir de sus resultados se satisfacen las necesidades de investigación que permiten a la comunidad local y a tomadores de decisiones, acceder a una fuente de información confiable, que establezca las áreas de amenaza por fenómenos de remoción en masa; por lo tanto los resultados de la investigación se podrán aplicar como un instrumento de planificación y desarrollo en el Corregimiento de Las Mesas, con miras a un ordenamiento territorial acorde con las condiciones y características físico naturales de dicho espacio geográfico. Así mismo el contar con este tipo de investigaciones posibilitará el desarrollo de procesos de intervención sobre vulnerabilidad y riesgo, en el mediano y largo plazo. Finalmente el resultado de la zonificación de la amenaza, permite identificar el comportamiento de los fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, pretendiendo que la investigación se convierta en una alternativa que pueda ser acogida, replicada e implementada en otros espacios específicos del territorio municipal, en la evaluación de áreas afectas por procesos similares.

¹ Ibíd., capítulo 3: Diagnostico territorial, numeral 3.5. amenazas y riesgos.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 MARCO CONTEXTUAL

A través de su historia la sociedad ha sido afectada por la incidencia de amenazas naturales atribuidas como una consecuencia de castigo divino el cual era inevitable. Pero gracias al avance en los campos científicos y tecnológicos la humanidad identifica que los desastres se pueden prevenir, mediante la adopción de estrategias encaminadas a identificación de amenazas naturales, sin tener que dejar expuesta la vida y bienestar de las personas a merced de fuerzas extrañas, evitando grandes catástrofes sociales.

Los fenómenos de remoción en masa son catalogados como elementos potencialmente peligrosos, debido a sus efectos devastadores; por ello en los contextos Internacional, Nacional, Regional y Local, se ha mostrado interés frente al tema desarrollando investigaciones que permiten conocer y evaluar el comportamiento de la amenaza. De tal manera que a través de estudios programados se minimice mediante acciones planificadas la amenaza, en las áreas urbanas y rurales. Así a continuación se nombran varios estudios considerados como aporte y antecedente de referencia teórica y metodológica para el desarrollo de la presente investigación.

4.1.1 Contexto Internacional. Los fenómenos de remoción en masa se han convertido en un problema que afecta a muchos Países, elemento que ha impulsado a que en varios de ellos se realicen investigaciones relacionadas con la zonificación de su amenaza.

A nivel Internacional el aporte en el tema de las amenazas por fenómenos de remoción en masa, es muy significativo como ejemplo de ello se menciona lo siguiente: La Comisión Europea en su programa Europeo de Climatología y Riesgos Naturales (EPOCH, siglas en ingles), ha financiado proyectos como "Ocurrencia y prevención de deslizamientos en la comunidad Europea, nuevas tecnologías para la valoración de riesgo de deslizamiento en Europa y el impacto de deslizamientos en el ambiente montañoso: la identificación y mitigación de riesgos"². En el primero, se analizó la ocurrencia temporal de movimientos en masa y el papel desempeñado por los factores desencadenantes, mientras que en el segundo se elaboró un manual para el reconocimiento y caracterización de estos procesos y finalmente en el tercero, se desarrollaron técnicas de cartografía de susceptibilidad. Los tres se centraron en el adelanto de métodos para calcular y minimizar el riesgo. En este sentido, el proyecto GETS (programa TMR de la

² BONACHEA PICO, Jaime. Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. España: Universidad de Cantabria. 2006. p 47.

Comisión Europea), ha extendido una metodología para incorporar el análisis del riesgo por deslizamientos en estudios de impacto ambiental, cabe resaltar que estos proyectos son a gran escala, debido a su financiación y su ubicación geográfica.

Como antecedentes metodológicos de zonificación de amenaza en Latinoamérica, por parte de organismos internacionales se nombra, en la república Mexicana, el trabajo desarrollado por Lugo, titulado "Los procesos de remoción en masa en la Sierra Norte de Puebla, Octubre de 1999: Causas y Efectos"³. Estudio que surge a raíz de varios eventos de remoción en masa ocurridos en la sierra Mexicana. Parte del análisis geomorfológico del relieve, determinando los fenómenos en masa y su relación con algunos factores naturales y antrópicos, para ello se elaboró un mapa geomorfológico, donde se relacionan formas de relieve y altitud con aspectos geológicos, que posibilitan la definición de áreas susceptibles al desarrollo de fenómenos de remoción en masa.

Borja y Alcántara, llevan a cabo el estudio titulado "Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla Puebla México"⁴. Tesis fundamentada en el análisis de inestabilidad de las laderas y su interacción con elementos como el relieve, humedad y características de materiales del suelo, para ello se utiliza un índice de estabilidad y un Modelo Digital Elevaciones (DEM), a través del uso de una plataforma de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

La Organización de Las Naciones Unidas, para la Educación la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y otros, impulsaron en República Dominicana, la ejecución de la investigación titulada: "Desarrollo de una metodología para la identificación de amenazas y riesgos a deslizamientos en la cuenca del río San Juan"⁵. Trabajo cuya técnica de zonificación se basó en utilización de dos métodos: el determinístico que parte del análisis estadístico, el cual calcula la frecuencia espacial y temporal de deslizamientos y el indirecto, que define el grado de amenaza de un evento específico basado en análisis de los factores ambientales.

³ LUGO HUBP, José, y Otros. [En línea]. En: Revista Mexicana de ciencias geológicas. México. Vol. 22, No. 2 (2005); p. 214. En: www.google.com. (Consultado, 29 Oct. 2009). Disponible en la dirección electrónica: http://www.coremisgm.gob.mx/servicios/biblioteca/bibliotas/biblo_may-jun07.pdf

⁴ BORJA, Roberto y ALCANTARA, Irasema. [En línea]. procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla Puebla. En: Investigaciones Geográficas. México. No.53 (abr. 2004); p. 7-26. En: www.google.com. (Consultado, 29 Oct. 2009). Disponible en la dirección electrónica: http://www.docentes.unal.edu.co/gvargasc/docs/PUBLICACIONES_RIESGOS/desertificacion.pdf

⁵ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA UNESCO y OTROS [En línea]. En: Revista Mexicana de ciencias geológicas. México. Vol. 22, No. 2 (2005); p. 214. En: www.google.com. (Consultado, 29 Oct. 2009). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.itc.nl/external/unesco>
[rapca/Publicaciones%20RAPCA/Republica%20Dominicana/Estudio%20Cuenca%20Rio%20San%20Juan%20Republica%20Dominicana.PDF](http://www.itc.nl/external/unesco)

La Universidad Pedagógica Experimental Libertador y el Instituto Pedagógico de Caracas, desarrollaron el trabajo titulado: "Metodología empleada para la zonificación de la susceptibilidad a procesos de remoción en masa, en cuencas de drenaje del Estado de Vargas, Venezuela"⁶. Estudio que identifica y aplica como metodología de zonificación, los métodos estadísticos univariado y multivariado complementados con utilización de Sistemas de Información Geográfica, donde mediante cruce de capas (geología, geomorfología, suelos) se establece la zonificación de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa.

4.1.2 Contexto Nacional. La amenaza puede ser generada por diferentes fuentes; se destaca, la de origen natural producto netamente de la influencia de elementos físico sobre el medio, aquí se ubica la producida por fenómenos de remoción en masa, considerada como la principal causa de desastre en Colombia, debido a aspectos geográficos, geológicos y de relieve, que influenciados por condiciones climáticas hacen que el País, sea proclive a amenazas naturales. Precisamente haciendo alusión a ello, Omar Cardona Arboleda comenta lo siguiente: "lo abrupto de sus regiones montañosas y la acción de agentes antrópicos, biológicos y meteorológicos como la lluvia, los vientos y cambios de temperatura característicos de condiciones climáticas del trópico, han hecho que Colombia sea altamente propensa a acción de eventos severos de erosión, deslizamientos, aludes e inundaciones, debido a que la mayor parte de la población se encuentra asentada en centros urbanos localizados en zonas de amenaza"⁷.

En Colombia, varias Instituciones entre ellas: el Instituto Nacional de Geología y Minas (INGEOMINAS) y las corporaciones Autónomas Regionales (CAR), se han encargado de liderar investigaciones en cuanto al tema de la amenaza por fenómenos de remoción en masa. Así INGEOMINAS, Entidad con vasta experiencia, en el manejo de las amenazas geoambientales, ha desarrollado proyectos en algunos municipios del territorio nacional, entre ellos: "Zonificación de amenazas por deslizamientos en el casco urbano del municipio de Dolores Tolima"⁸. Trabajo orientado en identificación de amenazas aplicando métodos empíricos mediante la asignación al terreno de posibles probabilidades de ocurrencia de un deslizamiento. Su evaluación se efectúa directamente en campo

⁶ UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR, INSTITUTO PEDAGÓGICO DE CARACAS. [En línea]. Metodología empleada para la zonificación de la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa en cuencas de drenaje del estado de Vargas Venezuela. En: Revista de investigación. Caracas. No 64; 2008; p. 164. En: www.google.com. (Consultado, 29 Oct. 2009). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.google.com.co/search?hl=es&q=estudios+de+zonificacion+por+fenomenos+de+remosi+on+en+masa+en+venezuela&btnG=Buscar&meta=&aq=f&oq=>

⁷ CARDONA ARBOLEDA, Omar. Compilado por LAVELL Allan. Viviendo en riesgo comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Colombia: tercer mundo editores, 1994. p.84.

⁸ INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGIA Y MINERIA INGEOMINAS. [En línea]. Zonificación de la amenaza por deslizamientos del casco urbano del Municipio de Dolores Tolima. Bogotá, Colombia, 2003.p.5. En: [www. google.com](http://www.google.com). (consultado ,6 Mar.2009). Disponible en la dirección electrónica: http://www.ingehominas.gov.co/component/option,com_docman/task,catalog_view/gid,302/Itemid,99999999/

y a criterio de especialistas, quienes por su experiencia, definen la susceptibilidad de las laderas a generación de movimientos en masa, tomando como base algunos factores detonantes en función de ciertas variables geoambientales.

La Corporación Autónoma del Valle del Cauca (CVC) e INGEOMINAS, implementaron el estudio: “Zonificación de amenaza y riesgos por procesos de remoción en masa en las cuencas de los ríos Bolo y Fraile y las cabeceras Municipales de Pradera y Florida en el Valle del Cauca”⁹. Estudio a partir del cual se publicó, la guía metodológica: Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa. En ella se presentan metodologías de zonificación entre ellas, el método estadístico univariado, apoyado en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

En el ámbito Nacional se resalta el aporte del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el cual favorece la investigación de fenómenos de remoción en masa, a través del desarrollo del estudio: “Modelo para el pronóstico de la amenaza en tiempo real”¹⁰. Metodología aplicada y desarrollada por la Entidad, en la definición de técnicas que permiten identificar la susceptibilidad del terreno a fenómenos de remoción en masa y equiparar la amenaza a partir de análisis de variables climáticas específicamente las lluvias críticas como factor detonante de deslizamientos, su significado radica en que el modelo es capaz de establecer espacial y temporalmente de manera temprana la amenaza, permitiendo tomar decisiones rápidas y confiables en aquellas áreas con fuerte tendencia a desencadenar desastres. La Institución de cooperación técnica Alemana (GTZ), La Alcaldía y La Secretaría del medio ambiente del Municipio de Villavicencio, ejecutaron el proyecto: Manejo de los recursos naturales en la cuenca alta del río Guatiquía. Trabajo base para la elaboración de “La guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa”¹¹. Cuyos objetivos se encuentran enfocados a desarrollar metodologías de zonificación, aplicadas a cuencas hidrográficas de escalas medias. La información plasmada incluye aspectos de orientación a tomadores de decisiones para la planificación de proyectos, conocimiento de fenómenos en masa, alcances y beneficios de tecnologías aplicadas en este tipo de estudios, alternativas para el desarrollo cartográfico de parámetros del terreno y orientación al lector en la aplicación de métodos de análisis y modelamiento de variables para zonificación de la susceptibilidad y amenaza.

⁹ INGEOMINAS Y CVC. Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa guía metodológica. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2001.p. 11 – 113.

¹⁰ INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. [En línea].Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamientos en tiempo real. Simposio Latinoamericano de control de la erosión.2002. En: [www. google.com](http://www.google.com). (consultado ,19 Agost.2009). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/Modelo-pronosticoFRM.pdf>

¹¹ VARGAS CUERVO, Germán. Guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa. Villavicencio. Cooperación Colombo Alemana GTZ. Proyecto río Guatiquía, 1999.

4.1.3 Contexto Regional. A nivel regional son pocos los estudios realizados que involucren la zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa, por ello entidades del orden Departamental como el Comité Regional para la Prevención y Atención de Desastres (CREPAD) Nariño, resalta la importancia de la realización de este tipo de investigaciones. En el “Plan Departamental para la Prevención y Atención de Desastres 2007-2017”¹², define estudios realizados en algunos Municipios del Departamento de Nariño y plantea la necesidad de efectuar varios de ellos; para efecto a continuación se nombran los principales trabajos desarrollados y los que faltan por generar según la entidad: Inventario de deslizamientos departamental, el cual contiene informes sobre visitas puntuales de campo a Municipios afectados por la incidencia de fenómenos de remoción en masa. En cuanto a estudios que faltantes a nivel Departamental, se nombra la zonificación regional y sectorial por fenómenos de remoción en masa.

Como antecedente regional, se señalan monografías desarrolladas como trabajo de grado por parte de profesionales de instituciones académicas entre ellas La Universidad de Nariño, en algunos Municipios del Departamento; como ejemplo de ello se nombran las siguientes.

La monografía titulada: “Determinación de zonas de amenaza por deslizamientos en la cuenca del Guamués mediante fotointerpretación”¹³. Proyecto que consistió en el inventario de deslizamientos utilizando Figuras aéreas. La zonificación final, se efectuó delimitando áreas geomorfológicas homogéneas, producto de evaluación fotogramétrica. El análisis de variables se realizó mediante, utilización de matrices empleadas en la evaluación de impacto ambiental, finalmente se determina las áreas susceptibles a ocurrencia de fenómenos de remoción en masa. En el contexto Regional se destaca el trabajo titulado: “Estudio geográfico del Volcán Doña Juana y su área adyacente una perspectiva ambiental”¹⁴. El trabajo, Incluye información de índole físico-natural y ambiental relacionada con el área objeto de esta investigación.

4.1.4 Localización del área de Estudio. El Municipio del Tablón de Gómez, se encuentra localizado al sur del territorio Colombiano y al nororiente del Departamento de Nariño, dentro de las coordenadas UTM: 632.288 mN - 659.594 mN y 997.438 mE - 1.017.341 mE.

¹² GOBERNACIÓN DE NARIÑO. Plan Departamental para la Prevención y Atención de Desastres 2007- 2017: San Juan de Pasto Nariño. 2007. p. 51

¹³ MUÑOZ, Mayerling. Determinación de zonas de amenaza por deslizamientos en la cuenca del Guamués mediante fotointerpretación. Monografía para optar al título de Ingeniera civil. Pasto. Trabajo de grado Universidad de Nariño. 1996. p. 206.

¹⁴ NARVAEZ, Germán. Estudio geográfico del Volcán Doña Juana y su área adyacente una perspectiva ambiental. Monografía para optar al título de geógrafo. Bogotá. Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.1998. p. 118.

La División político-administrativa del Municipio del Tablón de Gómez (N), se indica en el cuadro 1.

Cuadro 1. División político administrativa del Municipio El Tablón de Gómez.

MUNICIPIO	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	CORREGIMIENTO	CABECERA
TABLÓN DE GÓMEZ	Norte	Las Mesas	Las Mesas
	Sur	Resguardo Inga de Aponte	Aponte
	Occidente	La Cueva	La Cueva
	Sur	Pompeya	Pompeya
	Occidente	Fátima	Fátima

Fuente: Este estudio

El Corregimiento de Las Mesas, se encuentra localizado sobre la cordillera Centro oriental de Colombia, al Norte del Departamento de Nariño y al nororiente de la cabecera Municipal del Tablón de Gómez. Posee una extensión de 10.195,863 hectáreas, con una altura comprendida entre los 1650 y 4150 m.s.n.m. Sus límites se encuentran dentro de las coordenadas UTM: 649.215 mN - 659.594 mN y 1.001.714 mE - 1.017.341 mE. La zona de estudio comprende la franja altitudinal desde los 1650 m.s.n.m ubicada sobre la cuenca baja del río Resina (límite sur occidental), hasta los 4150 m.s.n.m, ubicado sobre la cima del volcán Doña Juana (límite nororiental). Su centro poblado llamado Las Mesas, se encuentra situado sobre una terraza de origen volcánico fuertemente disectada hacia el costado norte por la quebrada el Estaquillo y hacia el flanco sur por el río Resina, dicho poblado se localiza en las coordenadas geográficas, 1°28'40" de Latitud Norte y -77°1'7,58" de Longitud Oeste. Los límites del área de estudio se definieron de la siguiente manera: Hacia el norte limita con la quebrada Peñas blancas desde su nacimiento sobre los 4100 m.s.n.m, hasta su confluencia con el río Chorrillo. Al sur siguiendo el límite desde los 3400 a los 3000 m.s.n.m, sobre la cuchilla el Cocodrilo divisoria de aguas entre las cuencas del río Resina y el río Aponte. Al oriente sobre la cima del volcán Doña Juana tomando la franja altitudinal de los 4150 m.s.n.m, siguiendo la cota de 3600 m.s.n.m, sobre el páramo de Doña Juana y el cerro el Machete. Al occidente sobre la cuenca del río Resina aguas abajo hasta su confluencia con el río Chorrillo sobre la cota de los 1650 m.s.n.m.

La jurisdicción del Corregimiento de Las Mesas se presenta en el cuadro 2 y el mapa 1, que definen la división político-administrativa. Información que se complementa con el mapa 2, información topográfica base del área de estudio.

Cuadro 2. División político administrativa del Corregimiento de Las Mesas.

CORREGIMIENTO	VEREDAS
LAS MESAS	El Carmelo, María Inmaculada, Valmaría, El Silencio, Providencia, Gavilla Alta, Gavilla Baja, La Florida, El Cedro, Puerto Esperanza, Puerto Nuevo, El Porvenir, San Rafael, El Plan, Los Yungas, Doña Juana , San Francisco

Fuente: Este estudio

4.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

La investigación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, plantea la necesidad de conocer, investigar y describir procesos asociados para establecer bases conceptuales que permitan entender e interpretar el comportamiento de dichos procesos. Por ello a continuación se define remoción, movimiento o fenómeno en masa como “un conjunto de procesos denudativos relacionados con la deformación del terreno y el desplazamiento o transposición más o menos rápida y localizada de diferentes volúmenes de suelo, de mantos completos de meteorización, incluyendo material de suelo, detritos, bloques y masas rocosas, cuesta abajo por incidencia de fuerzas de desplazamiento, a veces con participación mayor o menor del agua, del suelo, del hielo y otros agentes”¹⁵.

“Un movimiento en masa es un movimiento externo que tiene por agente de transporte el agua que impregna y dirige el material litológico pendiente a bajo”¹⁶.

El movimiento en masa típico, puede ser descrito y puntualizado teniendo en cuenta las características morfológicas de la masa desplazada y del terreno alrededor del movimiento. Particularidades que definen los siguientes elementos principales:

Cabeza. Parte superior del movimiento que se caracteriza por presentar una morfología irregular de escarpes y contra escarpes, con cimas planas y dispuestas en forma escalonada.

Cuerpo. Se presenta en la parte intermedia del movimiento en la masa y se caracteriza por desarrollar una morfología en forma de depresión o cuneta, en donde

¹⁵ VILLOTA, Hugo. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá: 2d. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005. p.32

¹⁶ CROZIER 1986. Citado por Escuela de geología. Boletín de Geología, vol. 22, Ne 37. Bucaramanga: Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander, 2001. p. 40

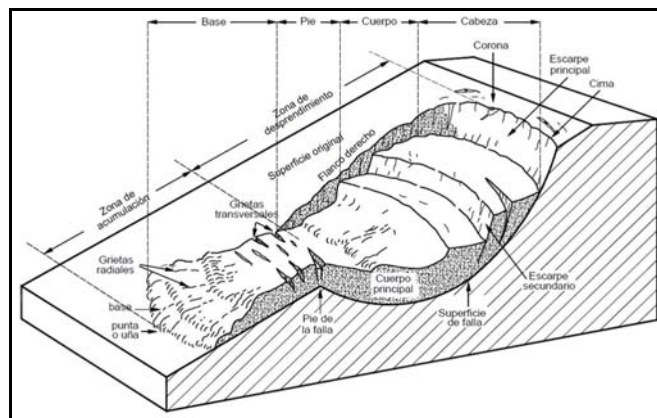
se presentan concentraciones importantes de agua, saturando el material removido en forma de charcos o pequeñas lagunas según su extensión.

Pie. Representa la parte inferior del movimiento en masa y se caracteriza por desarrollar una morfología abombada o protuberante con presencia de numerosas grietas

Frente o base. Constituye la parte más inferior del movimiento en masa y se caracteriza por presentar una morfología ondulada y lobulada en abanico por la expansión del material deslizado sobre el terreno intacto¹⁷.

En la figura 1, se presenta la morfología de un movimiento de remoción en masa típico.

Figura 1. Morfología del un movimiento en masa típico



Fuente: Suárez Díaz, 2007

Los fenómenos de remoción en masa son clasificados teniendo en cuenta sus principales características morfológicas. Así su clasificación varía según el autor, frente a ello la tipificación que se propone para la presente investigación es la descrita por VARNES en el año de 1978, quien identifica los fenómenos de remoción en masa más comunes, según el tipo de movimiento y material cuya terminología y definiciones son retomadas por SUÁREZ Días Jaime y VARGAS Cuervo Germán. Por lo tanto en el cuadro 3, se definen los tipos de fenómenos de remoción en masa más comunes.

¹⁷ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Y OTROS. [En línea]. Protocolo para remoción en masa. Bogotá, 2009. p.9. En: [www. google.com](http://www.google.com). (consultado ,06 Oct.2009). Disponible en la dirección electrónica:<http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/ProtocoloparaRemocionenMasa.pdf> p.16.

Cuadro 3. Clasificación de los tipos de fenómenos o movimientos de remoción en masa.

TIPO DE MOVIMIENTO		TIPO DE MATERIAL		
		Rocas	Suelos	
			Gruesos	Finos
Deslizamientos	Traslacional	Deslizamiento de Rocas	Detritos	Tierra
	Rotacional			
Flujos		Flujo de rocas	Detritos	Tierra
Reptación			Reptación de suelo	
Caídas		Caídas de rocas	Detritos	Tierra
Volcamiento		Volcamiento de rocas	Detritos	Tierra

Fuente. Modificado de Varnes 1978

Retomando la clasificación de los fenómenos de remoción en masa definida por Varnes, a continuación se precisa cada uno de ellos.

Los deslizamientos son considerados como “el descenso masivo y relativamente rápido de materiales a lo largo de una vertiente, su velocidad y su amplitud los convierten en fenómenos espectaculares, a veces catastróficos, susceptibles de afectar conjuntamente a decenas e incluso a centenares de millares de metros cúbicos de terreno. Como en todos los movimientos en masa, el desplazamiento de material se efectúa a lo largo de una superficie de deslizamiento que facilita la actuación de la gravedad”¹⁸.

Para categorizar un deslizamiento se debe tener en cuenta aspectos como movimiento de la masa desplazada y mecanismos de ruptura en asocio con la superficie sobre la que se desliza el material removido. En base a ello, los deslizamientos se pueden clasificar en dos subtipos: deslizamientos de tipo rotacional y traslacional, su definición y características se detallan a continuación.

En el deslizamiento rotacional, la superficie de falla es cóncava, hacia arriba y el movimiento es rotacional con respecto al eje paralelo a la superficie y transversal al deslizamiento. Posee una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento, el movimiento produce un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento.

La cabeza del movimiento bascula hacia atrás y los árboles se inclinan, de forma diferente, en la cabeza y el pie del deslizamiento. En la mayoría de los desplazamientos rotacionales se forma una superficie cóncava en forma de cuchara.

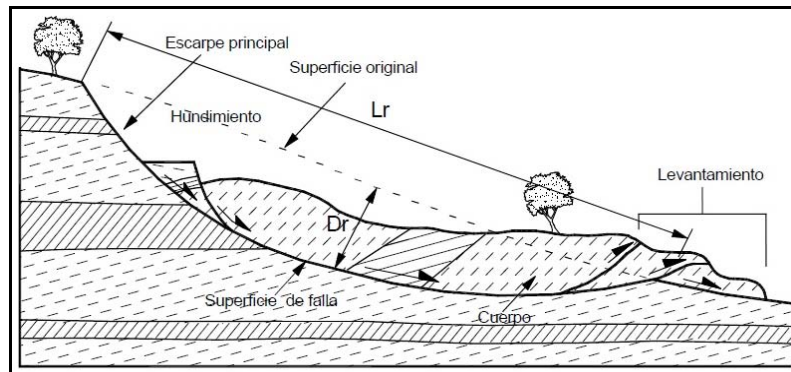
¹⁸ COQUE, Roger. Geomorfología. Madrid: Alianza, 1984. p. 117

Los casos más conocidos de deslizamientos se presentan en suelos arcillosos blandos con perfil profundo y en suelos arcillosos con perfiles meteorizados de gran espesor¹⁹.

La morfología característica de un movimiento rotacional, refleja formaciones irregulares presentando superficies de ruptura estratificadas semejantes a escalones, donde reposa el material que fue arrancado y transportado desde la parte alta del deslizamiento hacia las partes medias y bajas. Es común observar en éste tipo de fenómenos, como el material desplazado el cual con frecuencia suele tratarse de vegetación e incluso de viviendas, puede ser transportado casi intacto sobre la superficie del deslizamiento.

Los deslizamientos rotacionales se pueden producir en laderas de superficies suaves y comúnmente se encuentran asociados a todo tipo de suelos, de igual manera operan a velocidades que varían desde muy altas a medianas. En la figura 2, se representa un deslizamiento de tipo rotacional en una ladera.

Figura 2. Deslizamiento de tipo rotacional



Fuente: Suárez Díaz, 2007

De igual manera se define a los deslizamientos traslacionales como aquellos movimientos en los cuales la masa se desliza hacia afuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo.

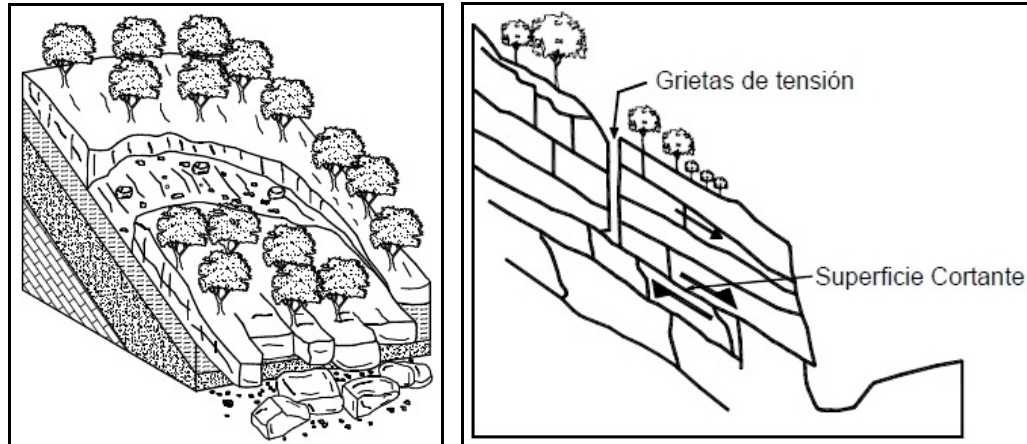
En muchos desplazamientos de traslación, la masa se deforma o se rompe y puede convertirse en flujo, especialmente en las zonas de pendiente fuerte. Los movimientos de traslación son comúnmente controlados por superficies débiles tales como fallas, juntas, fracturas, planos de estratificación, foliación, "slickensides" o por el contacto entre la roca y los suelos blandos o coluviones²⁰.

¹⁹ SUAREZ DIAZ, Jaime. [En línea]. Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Escuela de Ingeniería Civil Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga Santander Colombia, 2002. p. 14 - 15. En: www.google.com. (consultado ,11 Nov.2009). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.erosion.com/> p.5.

²⁰ Ibid., p. 17.

Al contrario del deslizamiento rotacional el traslacional, se distingue por la ausencia de varias superficies de ruptura, en consecuencia su origen hace referencia a una única área de desprendimiento muy superficial, que describe planos de despegue casi verticales. En la figura 3, se representa un deslizamiento traslacional.

Figura 3. Deslizamiento de tipo traslacional



Fuente: Suárez Díaz, 2007

Otro tipo de fenómeno de remoción en masa lo constituyen los flujos. “En un flujo ocurren movimientos ya sea de partículas o bloques generalmente pequeños, contenidos en una masa la cual se mueve sobre la superficie del terreno. Éste tipo de movimiento presenta deformaciones que hacen que la masa se comporte con características semejantes a las de líquidos viscosos”²¹

Los flujos, dependiendo de las características y propiedades físicas de la masa deslizante, pueden ser clasificados en: flujos de suelo o tierra y flujos de detritos. Se indica que para efectos de esta investigación, no se toma en cuenta a los flujos de lodo puesto que su análisis debe ser más detallado y merece un estudio particular por ello solo se nombra únicamente como información complementaria.

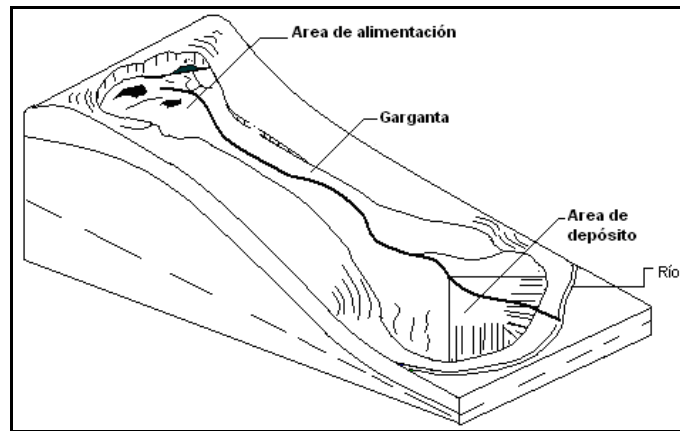
El flujo de suelo o tierra se define como, “un movimiento de materiales con más del 50% de finos y consistencia líquida. Se inician comúnmente como desplazamientos de rotación o traslación que al acumularse los suelos sueltos abajo del pie del deslizamiento, éstos fluyen sobre la ladera. Los flujos de tierra pueden ser rápidos o lentos, dependiendo de características como humedad y pendiente de la zona de ocurrencia”²².

²¹ Ibid., p. 21 - 25.

²² Ibid., p. 25.

El flujo de suelo o tierra generalmente afecta a suelos orgánicos residuales, en los cuales el material que se desplaza se encuentra húmedo pero no hasta el punto máximo de saturación. La morfología de un flujo de suelo o tierra se presenta en la figura 4.

Figura 4. Flujo de suelo o tierra



Fuente: Varnes, 1978

Dentro de la misma categoría de los flujos se particulariza el de residuos o detritos el cual se define como:

Un movimiento relativamente rápido que llega a ser extremadamente rápido compuesto de materiales gruesos con menos del 50% de finos. Por lo general un flujo de rocas termina en uno de residuos, los materiales se van triturando por el mismo proceso del flujo y se observa una diferencia importante de tamaños entre la cabeza y el pie del movimiento.

Generalmente los flujos de escombros o de detritos, contienen partículas de diferentes tamaños, árboles y material vegetal, así como diversos objetos arrastrados por el flujo. El flujo típico de detritos es una onda larga de materiales sólidos y líquidos entremezclados, que corren en forma constante, a través de un canal con algunas ondas menores superpuestas que se mueven a velocidades superiores a aquellas del flujo mismo²³.

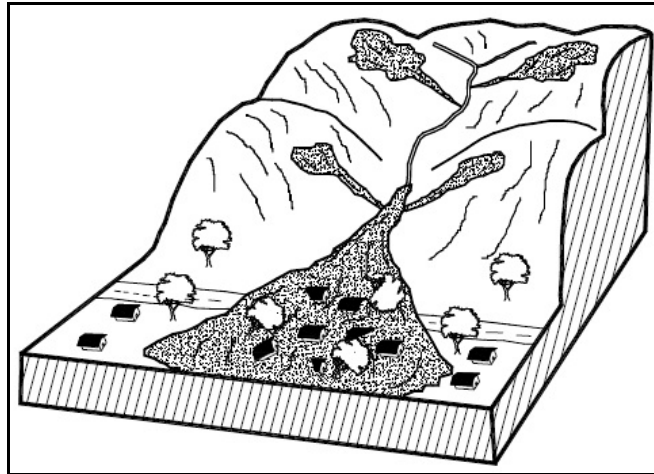
“Los flujos de detritos ocurren generalmente en zonas de rocas muy fracturadas y a lo largo de drenajes de alta pendiente y de régimen temporal”²⁴.

²³ Ibid., p. 23 - 24.

²⁴ ESCUELA DE GELOGIA. Op. cit., p. 47.

La trayectoria y velocidad que puede seguir a un flujo se encuentra influenciada por la presencia de redes de drenajes de tipo intermitente o constante ya que al originarse se encaminan a manera de fluidos desplazándose largas distancias, valle abajo hasta encontrarse con áreas planas que permiten finalmente acumular el material transportado, ocasionando consecuencias funestas para las poblaciones que se localizan en la zona de dirección del flujo. La morfología del flujo de detritos se puede apreciar en la figura 5.

Figura 5. Flujo de detritos



Fuente: Suárez Díaz, 2007

Siguiendo con la tipología de movimientos en masa, se conceptualiza los caídos, como:

El desprendimiento y caída de materiales del talud. En los caídos se desprende una masa de cualquier tamaño desde un talud de pendiente fuerte a lo largo de una superficie en la cual el desplazamiento de corte es mínimo o no se da.

Este desplazamiento se produce principalmente por caída libre, a saltos o rodando. Los caídos de suelos en escarpes semi-verticales, representan un riesgo importante para los elementos que están debajo del talud.

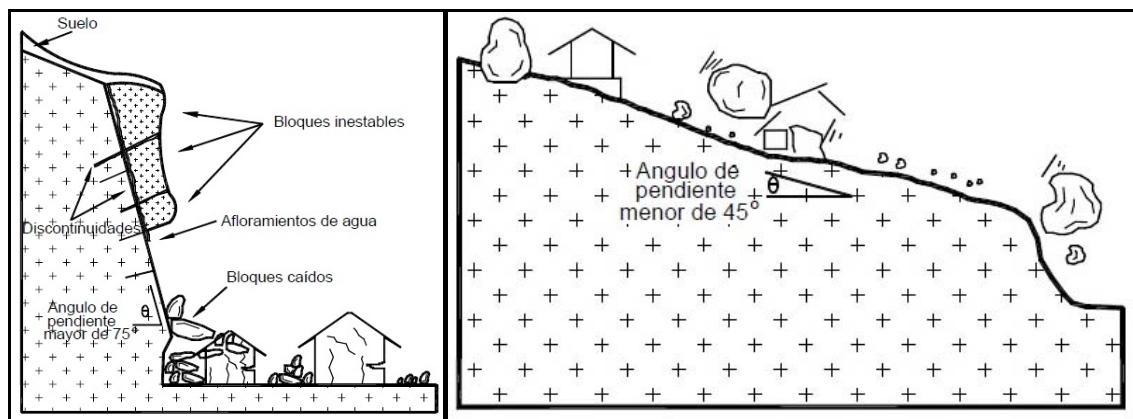
Las caídas pueden incluir desde suelo y partículas relativamente pequeñas, hasta bloques de varios metros cúbicos. Los fragmentos son de diferentes tamaños y generalmente se rompen en el proceso de caída. Las caídas de roca corresponden a bloques de roca relativamente sana. Los caídos de residuos o detritos, están compuestos por fragmentos de materiales pétreos y los caídos de tierra, corresponden a materiales compuestos de partículas pequeñas de suelo o de masas blandas. Los caídos o derrumbes de suelos, son muy comunes en suelos residuales con estructuras heredadas, generalmente van precedidos de agrietamientos en la cabeza del talud²⁵.

²⁵ Ibid., p. 8 – 9.

A diferencia de los demás tipos de fenómenos de remoción en masa, las caídas se encuentran más influenciadas por la fuerza de gravedad que por otros factores; lo que indica, que a mayor grado de inclinación de las pendientes mayor será la ocurrencia de este tipo de movimientos. Estos se pueden identificar como uno de los fenómenos de remoción en masa más rápidos, sin evidencias previas de desplazamiento, que permitan su anticipación, lo que los cataloga como uno de los movimientos más peligrosos.

En la figura 6, se muestra la morfología de una caída de rocas.

Figura 6. Caída de rocas, en diferentes ángulos de inclinación de la pendiente



Fuente: Suárez Díaz, 2007

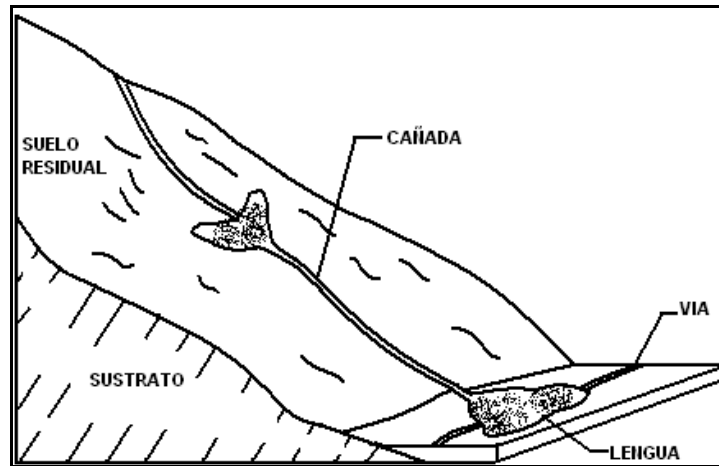
Descritos y caracterizados, los tipos de fenómenos de remoción en masa, deslizamientos (rotacional, trasnacional), flujos (de tierra, detritos) y caídas, a partir de los cuales se enfoca la investigación, es preciso definir y conceptualizar a manera de información complementaria los movimientos en masa: flujo de lodo, volcamiento y reptación.

Un flujo de lodo, “se caracteriza por alcanzar velocidades muy altas, poseer gran fuerza de destrucción a su paso y contener tres unidades morfológicas, la primera de ellas, el origen donde generalmente se identifica como un deslizamiento ya sea de tipo rotacional o traslacional. La segunda área intermedia, la cual se identifica como un canal por donde se dirige el material y finalmente una zona de acumulación donde descansa el flujo, formando un abanico de depósitos”²⁶.

La morfología del flujo de lodo se presenta en la figura 7.

²⁶ Ibid., p. 25.

Figura 7. Flujo de lodo

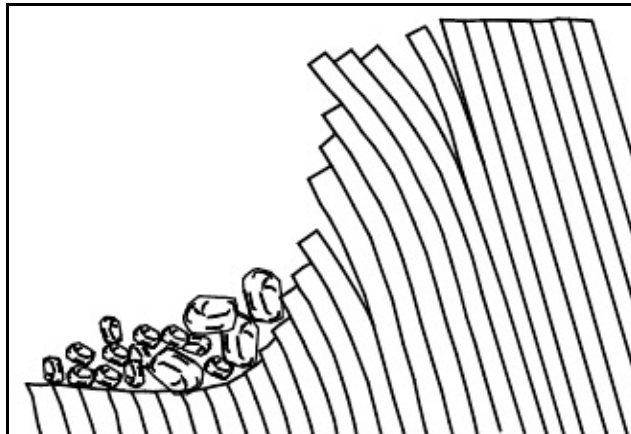


Fuente: Vargas Cuervo, 1999

Volcamiento: “movimiento producido sobre una ladera o talud, debido a colapsos de material rocoso por una heterogeneidad litológica y estructural. El movimiento se produce por acción de la gravedad y por rotación hacia delante del material rocoso”²⁷.

La morfología de los volcamientos se presenta en la figura 8.

Figura 8. Volcamiento



Fuente: Suárez Díaz, 2007

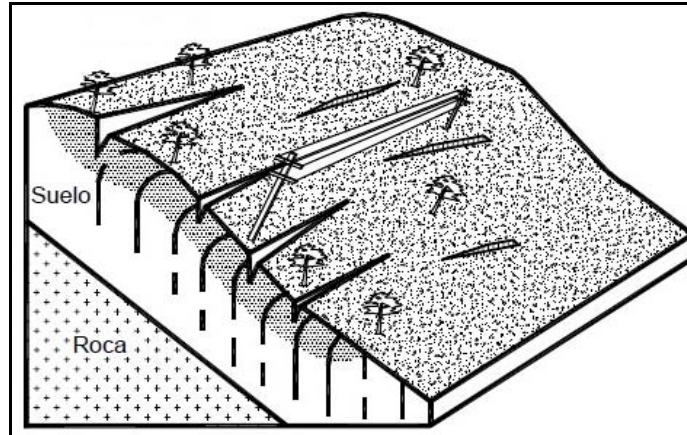
Finalmente se define la Reptación “como el movimiento de suelo sub-superficial desde muy lento ha extremadamente lento sin una superficie definida de falla, la

²⁷ VARGAS CUERVO, Op. cit., p. 64.

profundidad del movimiento puede ser desde pocos centímetros hasta varios metros²⁸.

La figura 9 hace alusión a la morfología del fenómeno de reptación.

Figura 9. Reptación



Fuente: Suárez Díaz 2007

Para lograr entender el mecanismo y proceso actual de cada tipo de fenómeno de remoción en masa, es necesario describir algunos aspectos que permitan caracterizar el movimiento en consecuencia Suárez²⁹, define elementos que permiten obtener una caracterización de cada fenómeno de remoción en masa, entre ellos nombra, el tipo de material, la humedad del material removido y estado de actividad actual de movimiento.

En función del tipo de material indica que un movimiento en masa puede estar compuesto por rocas duras y firmes como detritos y suelo con una significativa proporción de material grueso donde se cree que si mas del 20% del material en peso es mayor de 2 milímetros de diámetro debe llamarse residuos o simplemente tierra, definidos todos aquellos materiales con más del 50% de finos pero con humedad relativa baja y sin consistencia líquida.

En contraste el material de un movimiento en masa también puede ser lodo el cual se caracteriza por su composición de más de un 50% de material fino mezclado con alto contenido de agua que le da una consistencia líquida que permite su fluidez de manera rápida.

²⁸ SUAREZ DIAZ, Op. cit., p. 12.

²⁹ Ibid., p. 27 – 29.

Por otra parte se habla también de condiciones o estado de humedad del material desplazado, donde se define como seco a aquel material sin ninguna evidencia de humedad visible. Como húmedo considerado el que contiene algo de agua pero no en exceso. Así mismo se considera como mojado al material que contiene suficiente agua para comportarse en parte como líquido y posee cantidades visibles de agua y muy mojado considerado al material con agua suficiente para fluir como un líquido.

El estado de actividad es otro elemento que permite caracterizar un fenómeno de remoción en masa, ello admite clasificarlos en movimientos activos a aquellos fenómenos en masa que se están desplazando actualmente, reactivos los movimientos que nuevamente están activos después de haber estado inactivos durante cierto periodo de tiempo, suspendidos considerados aquellos que han estado activos durante los ultimo ciclos estacionales, pero que no se están moviendo en la actualidad y relicto considerado a aquel movimiento que probablemente ocurrió hace varios años.

Para estudiar los fenómenos de remoción en masa es necesario identificar los factores detonantes, que “son aquellos que provocan o disparan, un evento, como el sismo o la lluvia en el caso de los deslizamientos, la deforestación y el modelado de las laderas, suelen ser factores contribuyentes de los deslizamientos”³⁰. Su definición se indica a continuación.

La alta tasa sísmica se constituye en un factor detonante de fenómenos de remoción en masa, debido a que varias regiones se encuentran sujetas a la presencia de fallas y volcanes activos, lo cual incide en la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, originados como consecuencia de movimientos superficiales, que debilitan el material litológico ocasionando el desplazamiento de grandes volúmenes de suelo y rocas. La precipitación también se cataloga como factor detonante de fenómenos de remoción en masa, sobre todo en zonas tropicales, con presencia de lluvias fuertes y prolongadas, indicando que los movimientos de terreno ocurren durante o con posterioridad a una lluvia previa.

De la misma manera la topografía, se constituye en el motor de los fenómenos de remoción en masa ya que son más notorios en áreas escarpadas de pendientes fuertes. Indicando que las zonas gradiente alta son muy propensas a sufrir movimientos en masa, más aun cuando con ella coincide la presencia de fuertes precipitaciones posibilitando que ocurra el desplazamiento de material de suelo.

³⁰ DUQUE, ESCOBAR, Gonzalo. [En línea]. Amenazas naturales en los Andes de Colombia. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2007.p. 2. En: www.google.com. (Consultado, 6 Oct. 2009). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.digital.unal.edu.co/dspace/bitstream/10245/327/1/amn-and-colombia.pdf>

Otro factor es el material de los suelos, se indica que en suelos muy débiles el material es deteriorado debido a procesos de saturación, disolución mecánica de rocas y humectación donde la lluvia al llenar los poros de los suelos ocasiona debilitamiento, por impregnación de partículas, que al aumentar su peso ocasionan que el material se fracture y desplace.

Es de mencionar como en suelos con alto contenido de materia orgánica, como los suelos de origen volcánico, característicos de varias regiones de los Andes Colombianos, son altamente propensos a sufrir procesos de remoción en masa, por su baja cohesión y alta retención de agua.

Otro factor contribuyente en la generación de fenómenos de remoción en masa lo constituye la actividad antrópica; la presión que el hombre ejerce sobre los recursos naturales y la puesta en marcha de sistemas productivos como la agricultura, la ganadería extensiva y el emplazamiento de grandes obras de infraestructura; hacen que el terreno se vuelva vulnerable a la aparición de fenómenos de remoción en masa, debido a que el material litológico pierde su resistencia natural accionado por el desgaste, peso, vibraciones y otros efectos derivados de la actividad antrópica en superficie.

Es común notar como la gran mayoría de movimientos en masa ocurren a lo largo de las zonas de infraestructura específicamente en las vías de comunicación terrestre, donde el corte efectuado sobre el talud hace que el material se desestabilice y fracture ocasionando el desprendimiento de terreno.

La alta pauta de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, sumado a la presencia de factores detonantes hace que las poblaciones se encuentren sujetas a la amenaza, elevando la incertidumbre para interactuar a diario con este tipo de fenómenos. Por ello para comprender el grado de afectación que un fenómeno de remoción en masa puede ocasionar sobre un espacio geográfico determinado, es conveniente evaluar la susceptibilidad o amenaza relativa del mismo.

La susceptibilidad entendida como: “el grado de predisposición que tiene un sitio a que en él se genere un evento dado, debido a la evolución propia de la amenaza y a sus condiciones intrínsecas, a la presencia de al menos un fenómeno detonante y de factores contribuyentes”³¹.

³¹ DUQUE, ESCOBAR, Op. cit., p. 2.

Frente a lo anterior la susceptibilidad o amenaza relativa “hace alusión a aspectos en donde esta, se evalúa de manera cualitativa o semi-cuantitativa, sin que con ello se obtengan valores numéricos absolutos de probabilidad de ocurrencia de un fenómeno, proceso que se orienta a la evaluación subjetiva según la cual se identifican zonas con mayor o menor posibilidad de que en ellas se generen fenómenos de remoción en masa”³².

En términos generales la susceptibilidad se expresa como la facilidad con que un fenómeno pueda ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica que tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste para que puedan ocurrir deslizamientos.

El mapa de susceptibilidad clasifica la estabilidad relativa de un área, en categorías que van de estable a inestable. El mapa de susceptibilidad muestra donde hay o no, condiciones para que puedan ocurrir deslizamientos³³.

A diferencia de la susceptibilidad se define la amenaza por fenómenos de remoción en masa como “el cálculo de probabilidad que en un periodo dado ocurra un movimiento en masa específico, con una magnitud igualmente específica capaz de causar daño”³⁴.

Lo anterior implicaría, establecer la distribución espacial de un fenómeno de remoción en masa, dicha distribución permite zonificar las áreas de mayor incidencia del mismo. Por lo tanto la zonificación dentro de este proceso es “la división de la superficie terrestre en zonas de acuerdo al grado real o potencial de peligro a deslizamientos de tierra o de otros movimientos de masas en las laderas”³⁵.

Con el fin de establecer la categorización de la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, para el área de estudio, se toma la determinación definida por Sarkar y Kanungo. Adopta con el fin de caracterizar las zonas de susceptibilidad o amenaza relativa a los fenómenos de remoción en masa, independientemente del método de evaluación aplicado, la definición de cada una de ellas se presenta a continuación.

³² Ibid., p. 3.

³³ SUAREZ DIAZ, Op. cit., p. 533.

³⁴ RODRIGUEZ, Edgar E. y CEPEDA, Héctor. Aporte del INGEOMINAS en los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo geológico en Colombia: Sociedad colombiana de geotecnia, VII. C.C.1998.p. 3 – 4.

³⁵ VARNES, David. J. [En línea]. Landslide Hazard Zonation: a Review of principles and practice. Francia. 1984. p.10. En: www.google.com. (Consultado, 17 Mar. 2009). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.google.com.co/search?hl=es&ei=cr7LSeKrD5TtIQfile3XCQ&sa=X&oi=spell&resnum=1&ct=result&cd=1&q=landslide+hazard+zonation%3Aa+review+of+principles+and+practice&spell=1>

Susceptibilidad Muy alta. Laderas con zonas de fallas, masas de suelos altamente meteorizadas y saturadas, discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe una alta posibilidad de que ocurran.

Susceptibilidad alta. Laderas que tienen zonas de falla, meteorización alta a moderada y discontinuidades desfavorables donde han ocurrido deslizamientos o existe la posibilidad de que ocurran.

Susceptibilidad moderada. Laderas con lagunas zonas de falla, erosión intensa o materiales parcialmente saturados, donde han ocurrido, pero no existe completa seguridad de que no ocurran.

Susceptibilidad baja. Laderas que tienen algunas fisuras, materiales parcialmente erosionados no saturados, con discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.

Muy baja. Laderas no meteorizadas con discontinuidades desfavorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos³⁶.

En todo proceso de zonificación de amenazas la cartografía digital se considera como una herramienta indispensable en la solución de problemas incluyendo el análisis de las amenazas naturales, frente a ello se establece que “la cartografía se constituye en un método conveniente para el estudio del medio ambiente, resultando particularmente aplicable al análisis de las problemáticas que se generan en el mismo con miras al ordenamiento y planificación del territorio.

Supone la integración, yuxtaposición y superposición de distintos aspectos del espacio representados en mapas analíticos, temáticos y derivados para lograr un mapa síntesis aplicado según objetivos y criterios específicos”³⁷.

Dentro del análisis cartográfico, “los Sistemas de Información Geográfica SIG, se consideran de uso y aplicación en cualquier campo que requiera el desarrollo de actividades relacionadas con métodos espaciales algunos de los campos más importantes en los cuales hoy se emplea la tecnología de los SIG, se encuentra el manejo de información en aspectos ambientales y de manejo de riesgos naturales³⁸”

³⁶ Sarkar y Kanungo. Citado por: Sures Díaz Jaime. Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Escuela de Ingeniería Civil Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga Santander Colombia, 2002. p. 535.

³⁷ UBOLDI, Julio. La teledetección y los SIG aplicados a la prevención de riesgos naturales en el suroeste Bonaerense. Buenos Aires Argentina: Departamento de geografía y turismo, Universidad Nacional del Sur. p. 1 – 2.

³⁸ ODÓÑEZ, Celestino y MARTINEZ, Roberto. Sistemas de Información Geográfica, aplicaciones prácticas con Idrisi3.2 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales. México: Alfaomega. 2003 p.3.

4.3 MARCO LEGAL

En Colombia sobre todo en la última década, el gobierno nacional se ha interesado en establecer e implementar políticas que impliquen el estudio de amenazas naturales. Frente a ello la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres menciona lo siguiente: “a raíz de las consecuencia de los desastres ocurridos específicamente a partir de la erupción del volcán nevado del Ruiz en 1985, el estado Colombiano busco desarrollar instrumentos y acciones para prevenir y mitigar los riesgos existentes. Fue entonces como se adoptaron estrategias de estado entre las que se destaca la creación de una legislación que permite que el País esté más preparado para afrontar los desastres”³⁹.

En torno a ello se han generado varias legislaciones de estado que exponen la normatividad para Colombia que rige en torno al tema de la zonificación de las amenazas y riesgos cuyo contenido se define a continuación.

Constitución política de Colombia 1991. Establece mecanismos para promover el desarrollo y bienestar de las comunidades, por ello identifica derechos como el gozar de un ambiente sano , aprovechamiento de recursos naturales, prevenir y controlar factores de deterioro ambiental, indicando que la planificación debe ser integral e incluya aspectos de desarrollo sostenible ya que el deterioro ambiental se encuentra directamente relacionado con la generación de amenazas. El estado Colombiano al incluir dentro de sus derechos la protección al ambiente enfatiza en prever la conservación de espacios seguros minimizando al máximo acciones de deterioro que finalmente terminan convirtiéndose en amenazas para la población.

Ley 46 de 1988. Por la cual se crea y organiza el sistema para la prevención y atención de desastres. Contempla como objetivos de las Instituciones públicas y privadas el cumplimiento de funciones, responsabilidades, esfuerzos y manejo oportuno tanto de recursos humanos, técnicos, administrativos y económicos para la prevención de desastres, en las fases de prevención manejo rehabilitación y reconstrucción. Establece como uno de sus principios, velar por el cumplimiento administrativo por parte de los entes territoriales al incluir aspectos como el manejo oportuno de recursos técnicos y humanos, para crear conciencia de la inclusión y ejecución de estrategias que permitan desarrollar medidas tendientes a la prevención de las amenazas, facilita contar con mecanismo administrativos que permiten actuar en todas las fases de prevención así como en el monitoreo y seguimiento de las amenazas naturales.

³⁹ MINISTERIO DEL INTERIOR, DIRECCIÓN GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES DE COLOMBIA. Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. 2ed. Santafé de Bogotá: Olitocompulta, 2001. p. 23.

Decreto 919 de 1989. Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Define las responsabilidades y funciones de los organismos y entidades públicas y privadas, en las fases de prevención, manejo rehabilitación, reconstrucción y desarrollo que dan lugar a situaciones de desastres, como consecuencia del desconocimiento de las amenazas por ello todo organismo y entidad deberá justificarse como ente activo en la participación en planes programas y proyectos que permitan la definición de las amenazas.

Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el ministerio del medio ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).

La ley 99 de 1993, establece como fundamentos de la política ambiental, la prevención de desastres como materia de interés colectivo, por ello las medidas para evitar o mitigar sus efectos son de obligatorio cumplimiento. Reglamenta la prevención de desastres como componente de utilidad colectiva, que implica tomar medidas para su prevención, indicando la zonificación de amenazas como etapa fundamental en todos los procesos de gestión del riesgo como mecanismo de planificación por parte de las entidades territoriales.

Ley 388 de 1997. Por la cual se modifica la ley 9ª. De 1989, y la ley 3ª. De 1991 y se dictan otras disposiciones. Establece que el ordenamiento territorial debe estar inmerso en todo proceso de planificación, como mecanismo para promover por parte de las entidades territoriales el desarrollo y ordenamiento físico de los Municipios y áreas Metropolitanas. La ley en algunos de sus capítulos instituye la realización de zonificaciones de amenazas, como base para el ordenamiento territorial. Así mismo identifica como determinantes de mayor Jerarquía dentro del ordenamiento del territorio, las políticas directrices y regulaciones sobre prevención de amenazas y riesgos naturales. Señala la importancia de identificar localizar y establecer áreas de amenaza como estrategia en el manejo de zonas expuestas. Instituye que, el Plan de Ordenamiento Territorial deberá especificar la determinación y ubicación en planos de las zonas que representen alto riesgo para la localización de asentamientos humanos por amenazas naturales.

Decreto 93 de 1998. Por el Cual se adopta el Plan Nacional para la Atención y Prevención de Desastres. Fundamenta los determinantes del plan nacional, así como su competencia, para dirigir y orientar acciones de estado en concordancia con la sociedad civil, con el fin de prevenir y mitigar las situaciones de desastre y riesgo así como atender a comunidades vulnerables.

El Plan Nacional, otorga a las entidades territoriales la facultad de actuar de manera autónoma, en caso de calamidad dentro de su área de jurisdicción, dotando de instrumentos administrativos que admiten desarrollar actividades tendientes a la recuperación de áreas afectadas.

5. METODOLOGIA

La investigación titulada “Zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño”, se enmarca dentro de la línea de investigación “Planificación Regional” y las sub-líneas “prevención de desastres y caracterización biofísica del espacio geográfico”, estipuladas dentro del programa de Geografía aplicada, de la Universidad de Nariño.

Para el desarrollo del proyecto fue necesaria la definición de cinco fases metodológicas cuya ejecución permitió el cumplimiento de los objetivos planteados, la descripción de cada una de ellas se establece a continuación.

5.1 Fase uno. Caracterización físico natural del corregimiento de Las Mesas.

En esta fase se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Identificación, recopilación, depuración, análisis de información secundaria y conocimiento del fenómeno amenazante. Para ello se realizó revisión bibliográfica sobre fenómenos de remoción en masa, priorizando la visita a Instituciones gubernamentales como el Instituto Colombiano de Geología y Minas (INGEOMINAS), Instituto Nacional de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), Comité Regional de Prevención y Atención de Desastres Nariño (CREPAD), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Universidad de Nariño, Planeación Municipal El Tablón de Gómez. De la visita institucional se adquirió, información teórica y técnica como cartografía base, sensores remotos, datos climatológicos, trabajos escritos.
- Elaboración del mapa base digital a escala 1:25.000 y establecimiento del Sistema de Información Geográfica (SIG). Para llevar a cabo esta actividad se adquirió, las planchas topográficas a escala 1:25000. Nos. 411-III-A-B-C en formato análogo que corresponden al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), elaboradas en el año 1994. Las cuales se escanearon, para ser ordenadas, georeferenciadas y digitalizadas. Para ello se recurrió al uso de los Sistema de Información Geográfica SIG, mediante el empleo del Software ArcGIS 9.3, donde se procedió a su correspondiente georeferenciación y digitalización espacial, representando información principalmente la relacionada con: curvas de nivel cada 50 metros, red de drenaje, carreteras y centros poblados.
- Análisis de Variables físico naturales. Se considero pertinente la evaluación de las siguientes variables: geología, geomorfología, topografía, pendiente del terreno y precipitación (mensual, anual y máxima en 24 horas).

Análisis Geológico. Se desarrollaron las siguientes actividades.

- Exploración y caracterización de información sobre unidades geológicas presentes en el área de estudio. Procedimiento enfocado en la lectura de la plancha geológica 411 La Cruz, elaborada por INGEOMINAS en el año 2002, a escala 1:100.000 y exploraciones directamente en campo.
- Elaboración del mapa de unidades geológicas a escala 1:25.000. De la información extractada de la plancha geológica 411 La Cruz, se digitalizaron las siguientes unidades geológicas: Complejo Quebrada Grande (K1cqg), Lavas y Piroclastos (Nqlp), Flujos de Lodo y Flujos Piroclásticos (Qflp). Su digitalización se efectuó mediante la utilización del Sistema de Información Geográfico (SIG), software ArcGIS 9.3, que permitió la caracterización geológica del área de estudio.

Definición de la Topografía y Pendiente del terreno. Se desarrollaron las siguientes actividades.

- Generación del Modelo Digital de elevaciones (DEM), del área de estudio. Para su elaboración, se empleo la información topográfica correspondiente a las curvas de nivel cada 50 metros, donde mediante análisis espacial en el Sistema de Información Geográfico (SIG), software ArcGIS 9.3, se obtuvo una nueva capa de información, con los rasgos altitudinales mas sobresalientes del relieve, Modelo Digital de elevaciones DEM, (mapa 5).
- Construcción del perfil topográfico del área estudio. Su elaboración se obtuvo mediante análisis espacial de alturas, desplazamientos efectuados digitalmente en el SIG, sobre el Modelo Digital de Elevaciones, cuyo procedimiento permitió obtener un perfil topográfico, corte longitudinal occidente – oriente (figura 12).
- Construcción del mapa de unidades de pendiente del terreno. Mediante análisis espacial del Modelo Digital de Elevaciones DEM, utilizando el Sistema de Información Geográfico (SIG), se derivó el mapa de pendientes (mapa 4), el cual se calculó como la máxima tasa de cambio de la elevación del terreno por unidad de distancia, resultando una nueva capa de información raster en la que cada celda tiene asociado un valor de pendiente, dicho valor fue reclasificado y categorizado en cinco niveles según su gradiente o ángulo de inclinación para ello se tomó la clasificación de la pendiente establecida por Suárez Díaz, (cuadro 4).

Finalmente se efectuó el análisis y caracterización espacial de cada unidad de pendiente identificada en el área de estudio.

Cuadro 4. Clasificación de tipos de pendiente del terreno

CLASIFICACIÓN	PENDIENTE EN PORCENTAJES (%)
Muy Baja	0 - 15
Baja	15 - 30
Mediana	30 - 50
Alta	50 - 100
Muy Alta	> 100

Fuente: Suárez Díaz, 2002

Análisis Geomorfológico. Se desarrollaron las siguientes actividades.

- Análisis digital de Figuras aéreas y Modelo Digital de elevaciones del Terreno DEM. La evaluación y definición de la geomorfología local partió de la interpretación de fotografías aéreas a escala 1:43.00, identificadas en el cuadro 5 y del proceso de análisis tridimensional del Modelo Digital de Elevaciones del área de estudio. Información con la cual se procedió a identificar, contrastar, delimitar y describir las unidades geomorfológicas correspondientes a los siguientes geosistema: Glaciar heredo, Volcánico y Denudacional.
- Comprobación de resultados en campo y elaboración del mapa de unidades geomorfológicas. Se procedió a verificar, actualizar y contrastar información geomorfológica en campo, a fin de determinar las características de los diferentes ambientes morfogenéticos. La caracterización de cada unidad identificada se apoyo mediante análisis fotográfico de archivos visuales tomados en campo. La definición espacial de cada unidad geomorfológica identificada, fue consolidado mediante edición cartográfica en el Sistema de Información Geográfico (SIG). Donde se definió las unidades geomorfología con su correspondiente leyenda (mapa 6).

Cuadro 5. Catalogo de fotografías aéreas del área de estudio

Numero de vuelo	Numero de la foto	Fecha de vuelo	Altura en m.s.n.m.
C - 2568	093	01/14/1995	9400
C - 2568	094	01/14/1995	9400
C - 2569	136	02/09/1995	9400
C - 2569	137	02/09/1995	9400
C - 2569	138	02/09/1995	9400

Fuente: IGAC, 1995

Análisis de la Precipitación. Se desarrollaron las siguientes actividades.

- Identificación de estaciones meteorológicas. Las estaciones se identificaron a partir de información suministrada por el Instituto Nacional de Hidrológica, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), definiéndose para el área, tres estaciones climatológicas principales; identificadas en el cuadro 6.

Cuadro 6. Catalogo de estaciones climatológicas y pluviométricas consideradas en el análisis de la precipitación

INFORMACIÓN	ESTACIONES		
	APONTE	SAN BERNARDO	LA CRUZ
CÓDIGO	52040050	52045030	5203009
TIPO	Pluviométrica	Climatológica Ordinaria	Pluviométrica
MUNICIPIO	El Tablón	San Bernardo	La Cruz
CORRIENTE	Juanambú	Juanambú	Mayo
LATITUD	1° 23	1° 32	0136
LONGITUD	77° 01	77° 01	7658
ALTURA	1800	2305	2248
PERIODO	1992 – 2010	1992 – 2010	1992 -2006

Fuente: IDEAM, 2010

Estaciones a partir de las cuales se realizó el análisis de la precipitación total, anual, mensual y máxima en 24 horas periodo evaluado entre los años 1992 a 2010. Procedimiento orientado a la evaluación estadística de datos numéricos, permitiendo graficar, interpretar y comparar el comportamiento de la precipitación para las estaciones San Bernardo, Aponte y La Cruz durante la serie temporal establecida.

5.2 Fase dos. Identificación de la cobertura y uso del suelo en el corregimiento de Las Mesas. El levantamiento de la cobertura y uso del suelo, se desarrolló mediante la adopción de la metodología Corine Land Cover, desarrollada en Europa y adaptada para Colombia en el año 2008.

Metodología que se orienta en la consolidación de un inventario de ocupación de diferentes coberturas del suelo, de una forma técnica. Para el desarrollo de esta fase implementaron las siguientes actividades.

- Definición de escala base de interpretación y unidad mínima de mapeo. Basándose en la metodología Corine Land Cover, se determinó la escala de trabajo para el área de estudio en 1:25.000, por lo tanto se definió la unidad mínima de mapeo para las coberturas en 5 hectáreas, con el propósito de obtener la mayor cantidad de información posible.

- Definición de la cobertura y uso del suelo. Procedimiento que se llevo a cabo mediante análisis estereoscópico y digital de fotografías aéreas e imágenes de satélite, para ello se utilizaron aerofotografías correspondientes al año 1995, vuelos C2568 Nos. 088-093 y vuelo C2569 Nos. 134-139, escala 1:43.000 y una imagen satelital Landsat ETM 7, del año 2002, previamente georeferenciada. El análisis satelital se efectuó mediante composición de bandas del espectro visible y combinación de falsos colores RGB bandas 1 a 7, todo el procedimiento de cotejo digital y combinación de bandas se llevo a cabo mediante el uso del SIG, donde se digitalizaron directamente sobre la pantalla las unidades de polígonos correspondientes a las coberturas y uso según la clasificación Corine Land Cover, descrita en el cuadro 7

Cuadro 7. Leyenda nacional de coberturas de la tierra, nomenclatura Corine Land Cover

TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	TERRITORIOS AGRÍCOLAS	BOSQUES Y ÁREAS SEMI - NATURALES	SUPERFICIES DE AGUA
Zonas urbanizadas (Tejido urbano discontinuo)	Cultivos permanentes (caña, plátano, banano y café)	Bosques (bosque natural denso alto de tierra firme, vegetación de páramo y bosque ripario)	Lagunas naturales
	Pastos (Pastos arbolados)	Zonas arenosas y afloramientos rocosos naturales	
	Áreas agrícolas heterogéneas (mosaico de pastos y cultivos)		

Fuente: Modificado de instructivo para el levantamiento y actualización de coberturas de la tierra, Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2008

- Comprobación de las coberturas en campo. Mediante exploraciones en el terreno se verifico y actualizo las unidades o coberturas cartografiadas, para ello se inspecciono y compare mediante toma de puntos GPS e imágenes fotográficas, las unidades a las cuales les debía realizar cambios por imprecisiones generadas como consecuencia de la evolución de las mismas en el tiempo.
- Ajuste de la interpretación de coberturas identificadas. Con los datos obtenidos en campo, se realizo un ajuste de capas correspondientes a las coberturas, a partir de las cuales se obtuvo la interpretación final actualizada sin errores de detalle respecto a las coberturas y usos del suelo para el área de estudio.

- Presentación del mapa de coberturas finales. Actividad que comprendió la definición cartográfica del uso y cobertura del suelo, la cual se identifica en el mapa 7. Cuya leyenda de coberturas y uso se estableció, discriminando por gamas de colores según la correspondencia de cada una de las unidades clasificadas, definidas según la nomenclatura Corine Land Cover.
- Descripción de cada unidad de uso y cobertura identificada. Información que se obtuvo del mapa de uso y cobertura y de reconocimiento en campo mediante inspección del archivo fotográfico, finalmente se consiguió la tipificación y caracterización detallada de la cobertura y usos del suelo en el corregimiento de Las Mesas.

5.3 Fase tres. Identificación de los tipos de fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de Las Mesas. Proceso que se efectuó, bajo el desarrollo de las siguientes actividades.

- Recopilación de información sobre sucesos históricos relacionados con la ocurrencia de movimientos en masa en el área de estudio. Para ello se indago principalmente con la comunidad Meseña, sobre la presencia de algunos fenómenos en masa, así se obtuvieron datos respecto a las posibles causas y lugares específicos afectados. Para ello fue conveniente efectuar entrevistas con la comunidad local.
- Identificación e inventario preliminar de fenómenos de remoción en masa. El inventario preliminar de fenómenos de remoción en masa se realizó mediante interpretación de ortofotos correspondientes año 1995, vuelos C2568 Nos. 088-093 y vuelo C2569 Nos. 134-139, escala 1:43.000. Digitalmente mediante el uso del SIG, se logró delimitar cada fenómeno en masa para su edición e incorporación (mapa 8).
- Comprobación, actualización y clasificación de los fenómenos de remoción en masa. Mediante chequeo directo en campo, se procedió al reconocimiento y monitoreo de los fenómenos de remoción en masa establecidos. Aspecto que permitió determinar su clasificación en tres categorías:

Deslizamientos (rotacional y traslacional), flujos (suelo y detritos) y caídas de roca. Así mismo se contrastó, complementó, actualizó e incorporó aquellos fenómenos en masa, que no fueron identificados en el proceso de fotointerpretación, para ello fue necesario cartografiar cada uno de los nuevos fenómenos en masa reconocidos, mediante mapeo directo en el terreno a través de la utilización del mapa topográfico y georeferenciación con sistema GPS, donde se localizaron los fenómenos en masa mediante definición de las coordenadas geográficas de cada fenómeno inventariado.

En cada fenómeno en masa cartografiado se establecieron puntos GPS, en la zona cabeza centro y base del movimiento de remoción en masa, tratando en lo posible de bordearlo en todo su perímetro, siendo necesario llevar una ficha de campo en la cual se consigno información relevante respecto a los fenómenos en masa observados, para ello se diseño el formato de captura de información sobre fenómenos de remoción en masa, identificado en el anexo A.

- Inventario y consolidación del mapa de fenómenos de remoción en masa. Del proceso de comprobación y actualización en campo se derivo el inventario total de fenómenos de remoción en masa, el cual incluye movimientos antiguos y actuales que se encuentran activos e inactivos, partiendo de la premisa que indica que “el conocer un evento pasado facilita determinar su comportamiento hacia un futuro”. Finalmente se definió el inventario, consolidado en el mapa final de distribución y localización espacial de fenómenos de remoción en masa en el área de estudio (mapas 9 y 10).
- Descripción, caracterización y análisis de fenómenos de remoción en masa inventariados. Como resultado del proceso de análisis del mapa de distribución de fenómenos de remoción en masa y exploraciones directas en campo, se consolido la caracterización individual y tipificación de cada fenómeno de remoción en masa localizado. Cada fenómeno en masa fue descritos haciendo énfasis en aspecto de localización geográfica, actividad, tipo de material desplazado, causas probables que condicionaron el movimiento, posibles daños causados al entorno geográfico, población vulnerable, actividad del movimiento, humedad y tipo de material entre otros aspectos importantes.

5.4 Fase cuatro. Determinación de los principales factores detonantes o condicionantes que intervienen en la generación de fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de Las Mesas. Se considero conveniente analizar los siguientes factores detonantes: topográficos (evaluación de la pendiente), meteorológicos (evaluación de la precipitación) y actividades antrópicas.

A continuación se describe el proceso de análisis para cada factor.

Factor pendiente del terreno. Su estudio fue el resultado de la evaluación realizada previamente al mapa de pendientes, definido en la fase uno, (caracterización físico natural). Las actividades a seguir fueron las siguientes.

- Selección y ubicación de los Fenómenos de remoción en masa, cuya ocurrencia refleja de alguna manera su relación directa con la inclinación de la pendiente.

Establecimiento del número de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa por categoría de pendiente evaluada.

El mapa de pendientes fue contrastado con la capa de fenómenos de remoción en masa, permitiendo definir estadísticamente la densidad de eventos en masa por categoría de la pendiente mediante la construcción de gráficos que muestran el número de eventos y área removida por tipo de pendiente.

Factor Precipitación. La finalidad de la evaluación de las lluvias fue establecer su relación general con algunos de los fenómenos en masa identificados en el área de estudio. Para ello se llevaron a cabo las siguientes actividades.

- Selección, datación y ubicación de fenómenos de remoción en masa que posiblemente pudieron ser detonados por lluvias. Mediante el establecimiento de registros verbales, se definieron los movimientos en masa que posiblemente ocurrieron durante la presencia de lluvias copiosas, para ello fue necesario recurrir a información entregada verbalmente por la comunidad Meseña ya que las entidades locales encargadas de cumplir esta función no cuentan con archivos de información espaciotemporal sobre la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa para el área de estudio. Por lo anterior, el análisis que se presenta es muy general ya que se debió relacionar hechos locales con información y sucesos regionales, información que definió los periodos de tiempo en los cuales los efectos de la precipitación en la región andina tuvieron influencia de ondas climáticas frías como el fenómeno de la Niña en Colombia, causante de la ocurrencia de la mayor parte de movimientos en masa en las regiones de Colombia, para ello se alisaron estudios del orden Regional.
- Análisis de la información pluviométrica. La evaluación de la precipitación partió de la recopilación de datos multitemporales a nivel mensual, anual y máximo en 24 horas, de las estaciones climatológicas San Bernardo, La Cruz y Aponte, de cuyo análisis se estableció de manera general la relación de periodos lluviosos fuertes ocurridos durante la serie evaluada y su posible relación con la presencia de fenómenos de remoción en masa. Para ello se tuvo en cuenta periodos de muy húmedos ocurridos en Colombia como consecuencia de la influencia de anomalías climáticas como el fenómeno de La Niña.

Factor Antrópico. Se definieron las principales actividades que por acción del hombre produjeron la mayor tasa de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, entre ellas se analizaron la deforestación evidenciada en la presencia de coberturas del suelo y la construcción de obras de infraestructura terciaria (carreteras) en el área de estudio. Definiéndose la relación entre el número de eventos e influencia respecto a la actividad antrópica emplazada. Para ello fue conveniente recurrir a relatos verbales de la comunidad donde se indago mediante entrevista directa cual era la tasa de ocurrencia y el comportamiento de los sectores críticos afectados actualmente por fenómenos de remoción en masa antes y después del emplazamiento de la actividad antrópica.

Así mismo se elaboro gráficos que indican la tasa de ocurrencia de movimientos en masa versus algunas coberturas analizadas y el área removida en cada cobertura.

De la misma manera se planteo un análisis comparativo del número de fenómenos en masa ocurridos a lo largo de las principales carreteras del área de estudio, así se determino el promedio de movimientos en masa por kilómetro de carretera.

5.5 Fase cinco. Caracterización y mapificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en el Corregimiento de Las Mesas. El desarrollo de la presente metodología de zonificación de la amenaza se genero como adopción modificada del método para la zonificación de la amenaza por fenómenos en masa, implementada por el Instituto Colombiano de Geología y Minas INGEOMINAS y la Corporación Autónoma del Valle del Cauca (CVC), quienes aplicaron en varios estudios para el análisis de variables en la zonificación de la amenaza relativa, el método estadístico univariado.

La zonificación de la susceptibilidad o amenaza relativa utilizando el método estadístico univariado, se basa en identificar y determinar cuantitativamente el grado de influencia que cada variable geoambiental o factor intrínseco, tiene en la generación de los fenómenos de remoción en masa cartografiados. El peso o grado de influencia que cada factor interno del terreno ejerce sobre la generación de fenómenos de remoción en masa, se determina calculando la sumatoria de las áreas de cada tipo de movimiento en masa que se encuentra dentro de las áreas que abarca cada unidad cartográfica de parámetro⁴⁰.

Siguiendo con el método empleado, la amenaza para el área de estudio fue definida en términos de susceptibilidad o amenaza relativa, donde los factores detonantes (precipitación, pendiente del terreno y actividad antrópica) se tuvieron en cuenta solo como elementos para establecer a criterio profesional y subjetivo la posible creación de escenarios de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, en caso de que cierto factor detonante llegara a suceder. Por lo anterior se establece que el resultado de la presente zonificación de amenaza por fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, se oriento en determinar mediante evaluación cualitativa o semi-cuantitativa la amenaza relativa o susceptibilidad, sin llegar a obtener valores numéricos absolutos de probabilidad de ocurrencia de un movimiento en masa. Ello orientado a la evaluación subjetiva a través de la cual se definió áreas con mayor o menor posibilidad de que en ellas se genere cualquiera de los tres tipos de fenómenos de remoción en masa incluidos en la presente investigación. Por lo tanto el mapa de amenaza propuesto, se fundamenta en la valoración subjetiva de la amenaza relativa y no hace alusión a evaluaciones probabilísticas puramente cuantitativas de estabilidad de las laderas.

⁴⁰ INGEOMINAS y CVC, Op. cit., p. 36 - 37.

Así las zonas que se establecen en el mapa de amenaza total del terreno a los fenómenos de remoción en masa no indican una condición absoluta de estabilidad o inestabilidad, sino una condición relativa del terreno respecto al nivel de susceptibilidad según el cual ciertas zonas del área de estudio se encuentran afectadas por algún tipo de fenómeno de remoción en masa.

Para el desarrollo de esta fase se llevaron a cabo las siguientes actividades.

- Definición de valores totales de superficie en hectáreas, respecto a la unidad cartográfica y el área afectada por cada tipo de movimiento en masa dentro de cada unidad cartográfica.

Los valores de superficie para cada movimiento en masa como para cada unidad cartográfica, se obtuvieron contrastando la distribución de fenómenos de remoción en masa con cada una de las variables geoambientales. El proceso se efectuó mediante sobre posición geométrica de capas o coberturas espaciales en el Sistema de Información Geográfico (SIG), donde mediante análisis de unión geométrica, los polígonos de las coberturas base mapas índice de las variables geoambientales, fueron cortados con los polígonos superpuestos pertenecientes a la capa de distribución espacial de fenómenos de remoción en masa. Procedimiento que permitió obtener la superficie total por unidad cartográfica de parámetro y la superficie total acumulada de movimientos en masa medida en hectáreas, información que se anexo en cuatro matrices de susceptibilidad correspondientes a cada variable geoambiental analizada (cuadros 8, 9,10 y 11).

- Análisis estadístico de variables geoambientales. Los cálculos de peso de la amenaza relativa, se calcularon para las variables: Geología, Geomorfología, Pendiente del terreno, Cobertura y uso del suelo. El valor del peso deducido en porcentajes, fue el resultado de la aplicación de la ecuación matemática 1, que permitió establecer de manera cuantitativa la susceptibilidad de cada variable respecto a la generación de fenómenos de remoción en masa, dicha información para cada variable geoambiental y cada tipo de movimiento fue consignada en las matrices de amenaza relativa.

Ecuación 1.

$$P\% = S_{1n} * 100 / S$$

Donde

P = Peso de la unidad cartográfica de parámetro respecto al tipo de movimiento en masa analizado.

Sn1= Superficie acumulada de movimientos en masa de cualquier tipo, medido en hectáreas, por cada unidad cartográfica evaluada.

S = Superficie total acumulada de la unidad cartográfica de parámetro en hectáreas.

- Definición de la amenaza relativa de variables geoambientales con respecto a cada uno de los tipos de movimientos en masa. Determinados los valores peso de cada variable geoambiental, estos fueron ordenados estadísticamente en términos de amenaza relativa, siguiendo las categorías de amenaza que se identifican en el cuadro 12. La definición de los intervalos de clase se efectuó a través de cálculos estadísticos de clasificación numérica, utilizando para ello herramientas de reclasificación estadística de datos continuos en el Sistema de Información Geográfico (SIG), para ello se considero la media y la desviación estándar de los datos por medio de la construcción de histogramas de clasificación que indican la distribución de frecuencias respecto a los valores analizados. Los datos, fueron ajustados en cinco categorías de amenaza relativa permitiendo especificar niveles desde nula a muy alta.

En el SIG, los mapas de amenaza relativa de variables geoambientales se generaron mediante creación de ítems de amenaza en la tabla de tributos relacionada con cada cobertura temática evaluada, a estos ítems se les asignaron los grados de amenaza relativa de cada unidad cartográfica a los fenómenos de remoción en masa de acuerdo con el cuadro 12, finalmente se obtuvo el mapa de amenaza relativa de las variables geoambientales (Geología, Geomorfología, Pendientes Cobertura y uso del suelo) a fenómenos de remoción en masa y se colorearon los polígonos de cada unidad cartográfica de parámetro según el nivel de amenaza correspondiente.

- Definición de la amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa. Procedimiento que se llevo a cabo mediante operaciones de adición geométrica en el Sistema de Información Geográfica, unión de cuatro capas de polígonos (amenaza relativa de variables geoambientales) y almacenaje en una capa resultado (amenaza relativa total del terreno a cada tipo de fenómeno de remoción en masa), cobertura resultante la cual preserva atributos pertenecientes a las cuatro coberturas cruzadas. Así se efectuó de manera individual la unión de capas de amenaza relativa de variables geoambientales respecto a cada tipo de fenómeno de remoción en masa (deslizamientos, flujos, caídas de roca) y la adición de valores cuantitativos de amenaza en la tabla de atributos resultante, obteniéndose la amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa.

La amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa, fue el resultado del proceso de sobre posición de polígonos; con ellos se determina las relaciones de inclusión que permiten establecer, para cada parámetro la correlación que existe entre los valores asignados y la superficie por unidad de remoción. Finalmente se obtiene la amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tres tipos de fenómenos de remoción en masa al sumar digitalmente las cuatro coberturas de amenaza relativa, la tabla de atributos de la cobertura resultante contiene los ítems con los valores de amenaza de cada una de las coberturas temáticas cruzadas.

Así se procedió a la creación de un nuevo ítem o campo en la tabla de atributos de amenaza relativa, en la cual se almacena el grado de amenaza relativa total del área a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa, de acuerdo con las categorías de amenaza establecidas en los cuadros 13,14 y 15. El proceso de modelamiento de capas espaciales se resume en la siguiente expresión.

$$\text{Art1} = \text{AG1} + \text{AGM1} + \text{AP1} + \text{AC1}$$

$$\text{Art2} = \text{AG2} + \text{AGM2} + \text{AP2} + \text{AC2}$$

$$\text{Art3} = \text{AG3} + \text{AGM3} + \text{AP1} + \text{AC3}$$

Dónde:

Art1 = Amenaza relativa total del terreno a deslizamientos

Art2 = Amenaza relativa total del terreno a flujos.

Art3 = Amenaza relativa total del terreno a caídas de roca.

AG1= Amenaza de unidades Geológicas a deslizamientos

AGM1= Amenaza de unidades Geomorfológicas a deslizamientos

AP1= Amenaza de unidades de Pendiente a deslizamientos

AC1= Amenaza de unidades de Cobertura y uso a deslizamientos

AG2= Amenaza de unidades Geológicas a flujos

AGM2= Amenaza de unidades Geomorfológicas flujos

AP2= Amenaza de unidades de Pendiente a flujos

AC2= Amenaza de unidades de Cobertura y uso a flujos

AG3= Amenaza de unidades Geológicas a caídas de roca

AGM3= Amenaza de unidades Geomorfológicas caídas de roca

AP3= Amenaza de unidades de Pendiente a caídas de roca

AC3= Amenaza de unidades de Cobertura y uso a caídas de roca

- Amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa. Valorada y establecida la amenaza relativa total del terreno a cada tipo de fenómeno de remoción en masa, se definió la amenaza relativa total a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa.

El procedimiento consistió en un nuevo cruce o suma espacial en el Sistema de información Geográfica, de capas de amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tres tipos de fenómeno de remoción en masa cuyo proceso se resume en la siguiente expresión.

$$AT = Art1 + Art2 + Art3 + \dots + Artn$$

Dónde:

AT: Amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa.

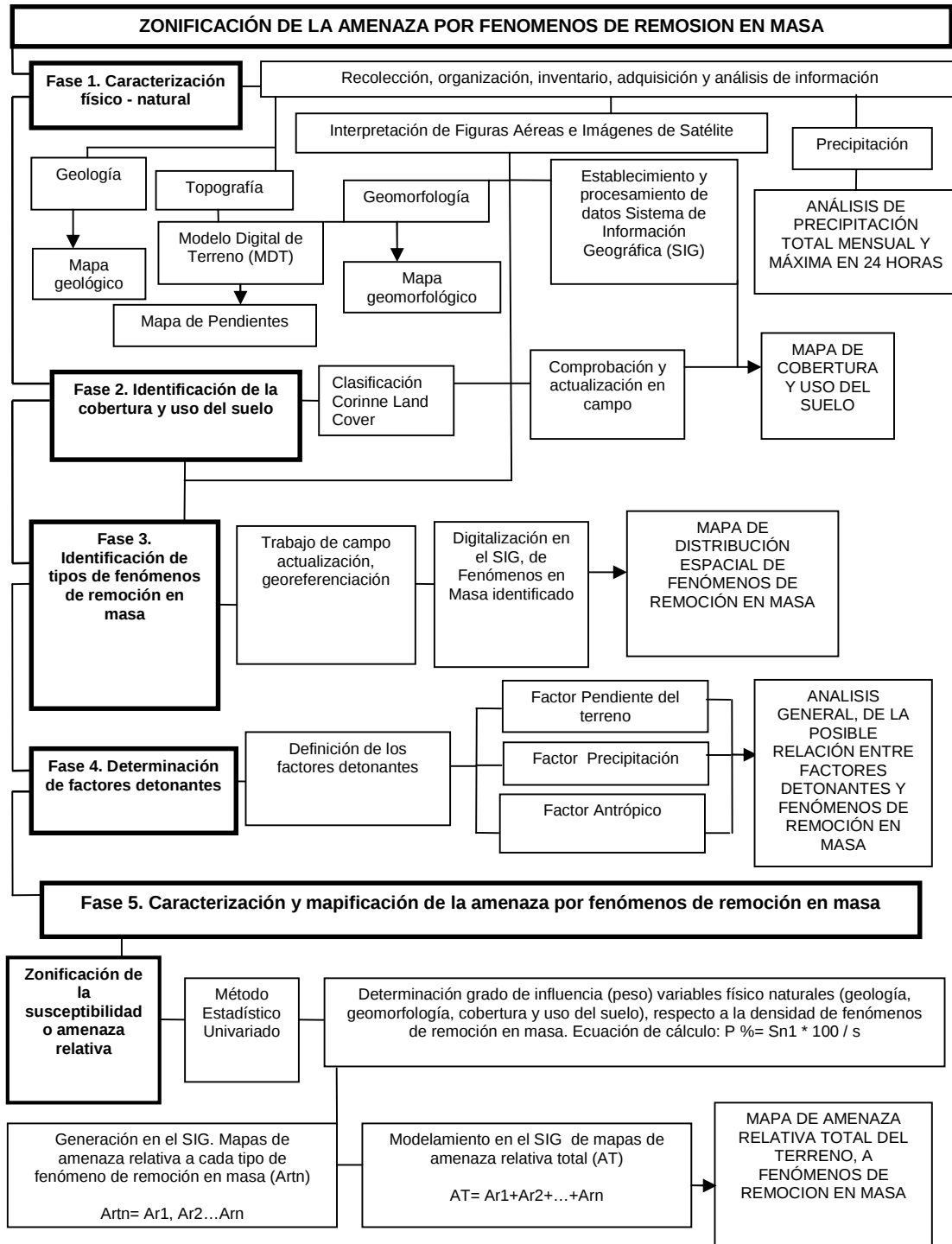
Art1: Amenaza relativa total del terreno a deslizamientos.

Art2: Amenaza relativa total del terreno a flujos.

Art3: Amenaza relativa total del terreno a caídas de roca.

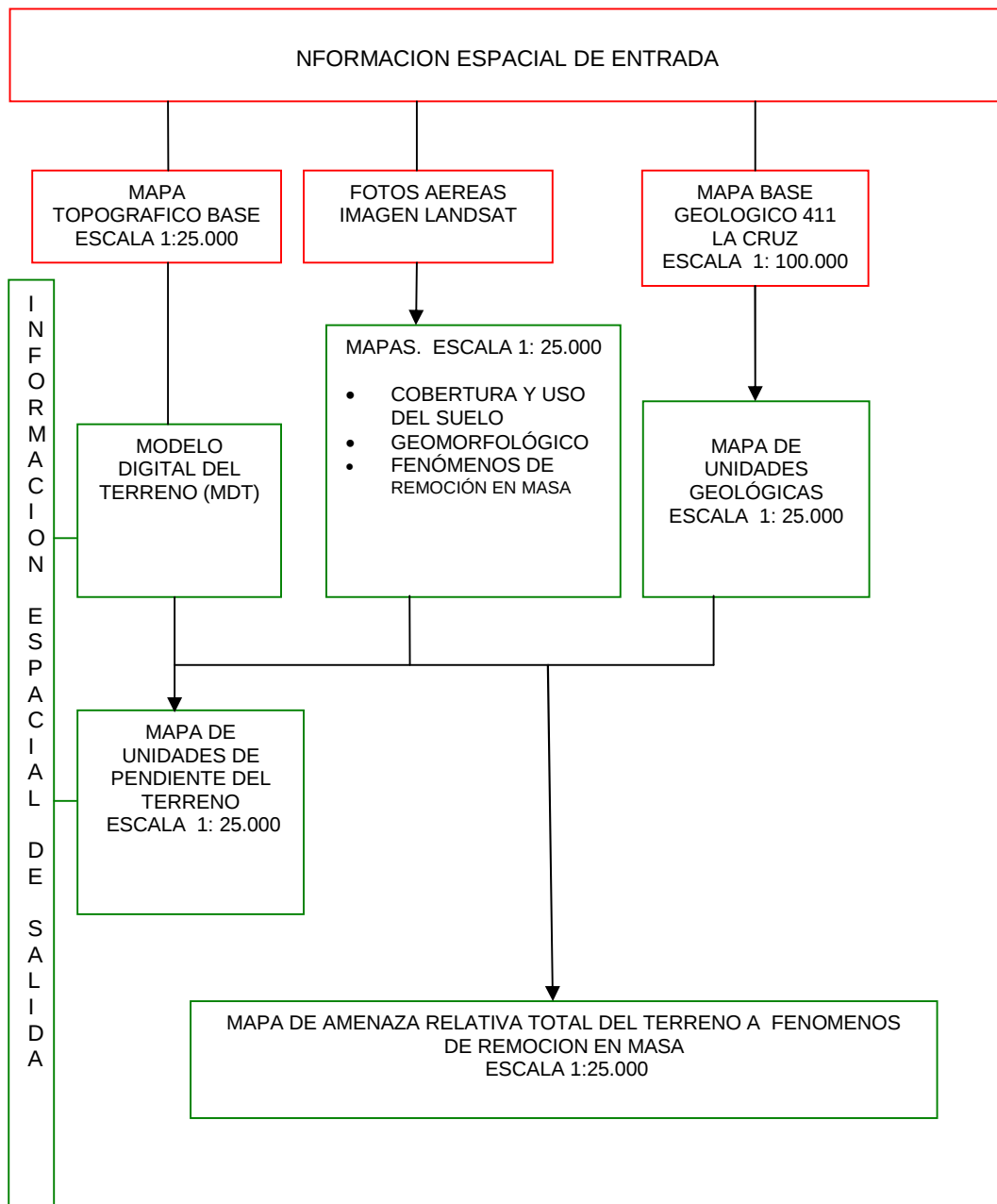
De la suma digital de mapas de amenaza relativa a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa, se derivó el mapa de amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa, el cual igualmente fue reclasificado, mediante la asignación de rangos o categorías de amenaza a la tabla de atributos resultante de la cobertura final, recodificando los valores de amenaza relativa a todos los tipos de fenómeno de remoción en masa siguiendo los intervalos o categorías de amenaza que para el caso concreto se identifican en el cuadro 16. El resultado de la zonificación de la amenaza relativa total a todos los fenómenos de remoción en masa, se establece en el mapa de amenaza relativa total a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa el cual indica las áreas susceptibles a la generación de fenómenos de remoción en masa, discriminadas en niveles y gamas de colores desde nula hasta muy alta.

Figura 10. Esquema del proceso metodológico



Fuente: Este estudio

Figura 11. Esquema de información espacial



Fuente: Este estudio

6. CARACTERIZACIÓN FÍSICO NATURAL DEL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLON, (N)

6.1 GEOLOGÍA

La evaluación Geológica para el área de estudio, se fundamenta en la revisión del mapa Geológico 411 La cruz, publicado por el Instituto Colombiano de Geología y Minas INGEOMINAS, a partir de él, se identificaron tres formaciones o unidades Geológicas para el área de estudio las cuales son: Complejo Quebrada Grande (K1cqg), Lavas y Piroclastos (Nqlp), Flujos de Lodo y Flujos Piroclásticos (Qflp) (mapa 3), resultado de múltiples procesos geológicos endógenos ocurridos durante la era cenozoica y mesozoica, en los periodos cuaternario, neógeno y cretácico, cuya descripción y análisis se plante a continuación.

6.1.1 Complejo Quebrada Grande. Unidad ubicada al occidente del área de estudio, cubre una extensión territorial de 465 hectáreas, específicamente emplazada en la parte de la cuenca baja del río Resina y la quebrada Estanquillo, distribuida de norte a sur desde las veredas Gavilla alta, El Cedro, San Rafael, extendiéndose hasta Los Yungas, El Porvenir y Puerto nuevo. Su conformación indica la existencia de “Conglomerados matriz soportados, con cantos sub-redondeados de basaltos, diabasas, limolitas, chert, cuarzo y plagioclasas, en matriz litoarenosa de color gris a verde, con incipiente metamorfismo dinámico”⁴¹.

INGEOMINAS⁴², indica la presencia de capas muy gruesas y macizas de arenitas y metarenitas finogranulares de color gris y verde, limolitas verdes y niveles de basaltos o diabasas, por lo regular muy meteorizados que dan origen a suelos arcillosos amarillos. En el Complejo Quebrada Grande, la litología es muy variada indicando la existencia de rocas como, metarenitas, grauvaca, rocas ígneas extrusivas y chert. Así mismo se confirma la edad cretácica de la unidad, cuyo origen tuvo lugar en un ambiente marino de aguas profundas, pobre en oxígeno, con influencia de corrientes turbidíticas. La aparición de intercalaciones volcánicas confirma la presencia simultánea de episodios de vulcanismo submarino, que generaron flujos de lava básicos y acumulaciones piroclásticas.

Es de indicar como la formación se encuentra atravesada de sur a norte por la falla Buesáco, así mismo es evidente la disección causada por la red de drenajes donde el proceso de corte orientado de sur a norte, ha ocasionado que en algunos

⁴¹ NUÑEZ TELLO, Alberto. Cartografía geológica de las zonas andina sur y Garzón – Quetame (Colombia). 2003. Bogota: INGEOMINAS. p. 106.

⁴² Ibid., p. 106 – 109.

sectores como en el cañón de río Resina el proceso de tallado y socavamiento indica la presencia de la unidad.

En la figura 12, se observa la formación Geológica, Complejo Quebrada Grande, como resultado del proceso de disección y socavamiento lateral ocasionado por el río Resina. Es evidente la presencia de secuencias volcanosedimentarias con predominio de rocas sedimentarias e ígneas básicas alternando con capas de limolitas y arenitas de edad mesozoica.

Figura 12. Formación Geológica Complejo Quebrada Grande K1cqg, cuenca baja del río Resina



Fuente: Este estudio

6.1.2 Lavas y Piroclástos (Nqlp). Localmente predominan flujos de lava. Esta unidad es la más extensa de las tres formaciones, se encuentra distribuida por toda la zona de estudio de norte a sur y de oriente a occidente, cubre un área de 6777 hectáreas, siendo notoria en las veredas Gavilla alta, Gavilla baja, El Cedro, El Silencio, Providencia sobre la cuenca alta y media del río Resina, en las veredas el Carmelo y La Florida sobre la quebrada Estanquillo, al igual que en las veredas María Inmaculada, Valmaría sobre las quebradas Guayabal y Humadal, así como en las estribaciones del área circundante al Complejo Volcánico Doña Juana.

Lavas y piroclástos es la denominación que agrupa a una gran cantidad de depósitos volcánicos y volcanosedimentarios, tanto flujos de lava como lahares y depósitos piroclásticos de flujo y caída. Depósitos que se originaron en volcanes extintos y actuales de la cadena volcánica presente en el suroccidente del país, en donde se destacan el volcán Doña Juana.

Gran parte de la unidad está conformada por depósitos piroclásticos de flujo y caída que generalmente se presentan en avanzado estado de meteorización, que generan suelos arcillosos de color pardo, gris y blanco de diversas tonalidades; algunos de los depósitos piroclásticos tienen posiblemente composición riolítica y desarrollan material coalinitico. Interestratificados con estos depósitos piroclásticos o bajo ellos, se presentan derrames lávicos de espesor considerable que en algunas ocasiones pueden ser seguidos por varios kilómetros y en otras oportunidades son afloramientos aislados a manera de ventanas bajo la cubierta piroclástica, también se incluyen depósitos de flujos de escombros o lahares.

Las acumulaciones de piroclastos constan de cenizas y tobas, con abundantes fragmentos de pómez angulares a redondeados, de tamaño variable entre ceniza y bomba de color gris claro y blanco; igualmente, se encuentran líticos oxidados, principalmente de dacitas porfíricas finas, dentro de las cenizas se encuentran interlaminações de flujos hiperconcentrados, dispuestos en láminas planas paralelas, interdigitadas entre sí. También se observa niveles de flujos piroclásticos compuestos por bloques y cantos distribuidos caóticamente, mezclados por dacitas, riolitas y pumitas; estos son matriz soportados en un material volcánico tamaño la pilli.

Las lavas son de composición fundamentalmente andesítica, de color gris con diferentes tonalidades, textura afanítica a porfírica. En los fenocristales predomina la plagioclasa (andesina a labradorita) y tienen como accesorios hornablenda y piroxeno (augita y pigeonita), ocasionalmente biotita. La matriz es afanítica a vítrea; constituida por microlitos de plagioclasa, ocasiones pilotaxítica o vidrio volcánico.

Los depósitos de lahar son abundantes y están conformados por bloques y cantos heterométricos clasto y matriz soportados; la composición de los bloques es variable y en algunas veces se encuentran depósitos monolitológicos.

El espesor de los materiales que conforman la unidad puede superar los 1.000 metros. Así mismo se indica que el origen de la cobertera volcanosedimentaria, es el resultado de la extrusión de material volcánica a través del complejo de volcanes dentro de los cuales sobresale Doña Juana. La edad de la formación se interpreta por la actividad volcánica en la zona, la cual se estima inicio en el Mioceno, extendiéndose hasta la actualidad, de igual forma se señala que los depósitos más antiguos datan del Neógeno y Cuaternario⁴³.

Por reconocimiento y recorridos en campo, realizados para efectos del presente estudio, se evidencia hacia el sector oriental del corregimiento, la presencia de capas de lavas de color gris oscuro muy meteorizado y fracturado dispuestas paralelamente y cubiertas por partículas de piroclastos principalmente de tipo caída como cenizas volcánica fina. La cubierta piroclástica encontrada en la unidad por encontrarse en una área de páramo y subpáramo se encuentran expuestos a gran humedad ambiental lo cual ha hecho que el material contenga

⁴³ Ibid., p. 152 - 155

alto contenido de acides, se nota la aparición de suelos con alta presencia de oxidación química que muestra capas de arcillas de color amarillo, rojizo y pardo. Este proceso es muy notable en las veredas Gavilla alta, Gavilla baja, Providencia y El Silencio, de igual forma es evidente la presencia de ceniza y arena volcánica poco consolidada que modelan y suavizan el relieve, el paisaje que cubre esta unidad se encuentra disectado por gran cantidad de drenajes de tipo dendrítico que transportan el material de los suelos residuales desde la parte alta hacia el cañón del río Resina y otras microcuencas secundarias.

Así mismo se indica que en los flancos del costados nororiental del volcán Doña Juana se evidencia presencia de lavas expuestas de tipo andesítico, las cuales forman domos volcánicos y pendientes altas a medias con topografías escarpadas, esto se puede mirar esencialmente en la zona de páramo, en el sector conocido como el Machete de Doña Juana.

En la figura 13, es posible apreciar derrames lávicos tipo andesítico, de espesor considerable bajo cubierta piroclástica, encontrados en la quebrada el Guayabal. Mientras que en la figura 14, se evidencia una acumulación de piroclastos en avanzado estado de meteorización dando origen a la formación de suelos arcillosos de diversas tonalidades, depósitos que cubren la gran mayoría de la unidad litoestratigráfica especialmente hacia el sector oriental del área de estudio.

Figura 13. Lavas de composición fundamentalmente andesítica, de color gris con diferentes tonalidades, quebrada El Humadal



Figura 14. Cubierta de piroclastos en avanzado estado de meteorización, que generan suelos arcillosos de diversas tonalidades, vereda Gavilla alta



Fuente: Este estudio

6.1.3 Flujos de Lodo y Flujos Piroclásticos Qflp. La Unidad cubre un área efectiva, de 2.959 hectáreas, de las cuales 2.888 se encuentran distribuidas sobre las

veredas La Florida, San Francisco, El Carmelo, El Silencio María Inmaculada, Valmaría, Las Mesas (Centro poblado), El Plan y San Rafael y una pequeña extensión de la parte alta de la vereda Doña Juana formando parte de la meseta que limita con la vereda San Francisco. De igual manera se observa un flujo delimitado por la unidad de Lavas y Piroclastos (Nqlp) que se separa del flujo principal cubriendo un área de menor extensión de por lo menos 71 hectáreas del total de la unidad el cual se localiza en la vereda Los Yungas.

Los flujos de Lodo y flujos Piroclásticos, se encuentran delimitados por una amplia red de drenajes: al norte por la quebrada Peñas Blancas y río Chorrillo, al sur por la quebrada el Guayabal, quebrada Humadal y el río Resina. Estos flujos se encuentran atravesados de oriente a occidente por las quebradas, Estanquillo, Manzanillo o Carmelo y La Florida entre otros afluentes menores, que cortan la unidad formando cañones profundos de hasta 200 metros.

Se establece que los flujos de lodo y flujos piroclásticos de mayor magnitud están relacionados con el volcán Doña Juana. El más extenso de estos depósitos desarrolla una morfología plana, ligeramente inclinada hacia el Sur-Oeste, exactamente en el área donde se encuentra el Corregimiento de Las Mesas. Estos flujos se encuentran conformados por acumulaciones muy potentes de más de 100 metros de espesor, de intercalaciones de flujos de lodo, flujos hiperconcentrados, flujos de escombros, flujos piroclásticos y caídas de ceniza; todo el conjunto tiene color gris dominante y por lo regular están poco consolidados. Dan lugar a una morfología plana con taludes muy verticales en los bordes; son fácilmente erosionables y de ellos se extrae material para la construcción, principalmente arena y triturado, este último realizado a mano por los moradores de la región.

Entre los flujos piroclásticos Murcia y Cepeda (1991), identificaron depósitos de avalanchas ardientes, flujos de pumita y ceniza de composición dacítica. Se trata de depósitos de origen volcánico y volcanosedimentario, constituidos por fragmentos de una gran variedad de tamaños, desde bloques superiores a 25 cm, sub-redondeados, a angulares de origen ígneo (ignimbritas, pórfidos, dacíticos y lavas andesíticas – dacíticas), algunos metamórficos (esquistos y filitas verdes, cuarcitas y anfibolitas con granates pequeños, eclogitas) y piroxenitas, hasta materiales tamaño la pilli y ceniza fina. Se observa abundantes niveles de acumulaciones de pómez blanca y gris con gradación normal e inversa. Los bloques son matriz soportados, con abundante matriz areno lodosa de color gris oscuro. Esta secuencia está relacionada con actividad volcánica explosiva del complejo volcánico Doña Juana, especialmente en el sector del Corregimiento Las Mesas. Indica entonces que esta unidad abarca depósitos muy posiblemente del Pleistoceno y recientemente⁴⁴.

No obstante Narváez⁴⁵, muestra la presencia de una formación geológica conocida como Las Mesas, afirma que se encuentra constituida por flujos volcanoclásticos

⁴⁴ Ibid., p. 157 – 158.

⁴⁵ NARVÁEZ, Op. cit., p. 43.

de tipo pumíticos, relacionados con fuertes erupciones del volcán Doña Juana. Su génesis obedece a altísima emisión de partículas cuerpos sólidos y gaseosos al aire. Todos estos materiales por su volumen y por acción de la gravedad retornan a tierra y se comportan como flujos, aunque la intervención del agua es casi nula excepto por la existencia de tormentas en el momento de la explosión y aquella que se encuentra en la red de drenaje. El flujo volcanoclástico es controlable por la topografía y se desplaza por el basamento metamórfico, es decir que debió existir un paleo modelado que controla la dirección de este flujo.

Por la información teórica y recorridos de campo, se diría que los flujos de Lodo y Piroclastos, se depositaron especialmente en las áreas de morfología plana como terrazas de terrazas y fondo de los valles. De igual forma se determinó que sobre dicha cubierta predomina la formación de horizontes de suelos orgánicos jóvenes con presencia de depósitos bien delimitados de capas de clastos (suelo orgánico, arena de color gris y amarillo, la pilli y ceniza volcánica), este material se encontró disperso por toda el área pero su presencia se hace más notable en la vereda El Plan y el centro poblado Las Mesas. Observándose una matriz de flujos piroclásticos cubiertos por la presencia de paleosuelos ricos en materia orgánica y minerales como arena, cuyas propiedades son aprovechadas por los pobladores locales para desarrollo de actividades agrícolas y explotación minera artesanal principalmente extracción de arena gris utilizada como materia prima para la construcción por los pobladores locales.

En la figura 15, se evidencia un horizonte formado por suelos orgánicos muy recientes de color oscuro, sobre manto inter estratificado de depósitos de caída, color amarillo muy meteorizados (arena y arcilla). Así mismo en la figura 16, se aprecia la presencia de flujos piroclásticos tipo la pilli, en una mina artesanal de explotación de arena, utilizada como materia prima en el sector de la construcción.

A demás de las unidades geológicas anteriormente descritas, según la plancha 411 La Cruz de INGEOMINAS, el área de estudio se encuentra intervenida por dos sistemas de fallas bien definidas, las cuales son: La falla Buesáco y El Tablón, de igual forma se denota la presencia de varias fallas inferidas a partir de las dos principales.

Según Núñez⁴⁶, El sistema de fallas Buesáco, El Tablón entre otras, corresponde al llamado nudo de los Pastos donde tradicionalmente se juntan las tres grandes cordilleras colombianas: occidental, central y oriental; aquí confluyen grandes sistemas de fallas, que hacia el norte sirven para definir geológicamente los límites entre estas cordilleras. Las estructuras geológicas cartografiadas evidencian la actividad tectónica que ha dado la expresión actual del sistema montañoso de los Andes, especialmente la porción que corresponde a la diferenciación entre Los

⁴⁶ NUÑEZ, Op. cit., p. 167.

Andes Ecuatorianos y Los Andes de Colombia. Estos procesos tectónicos se han interpretado como originados por diferentes mecanismos geodinámicos, como por ejemplo la migración del sistema de cabalgamiento subandino que comenzó en el Mesozoico y continuo progresivamente durante el Cenozoico, aun en el Cuaternario. Los eventos tectónicos que fracturaron, plegaron y desplazaron las unidades litológicas y algunos depósitos cuaternarios expuestos en el suroccidente de Colombia; se manifiestan en dos direcciones preferenciales de fallamiento. En el área de estudio, la falla Buesáco sirve de contacto entre las unidades geológicas Complejo quebrada grande (K1cqg), Flujos de lodo y flujos piroclásticos (Qflp), este sistema con rumbo norte confluye con la falla El Tablón, a quien sustituye.

El sistema de fallas sigue su curso casi alineada con el río Chorrillo localizada en el costado nororiental del área de estudio. De la misma forma se identifican una serie de lineamientos estructurales identificados como fallas inferidas que atraviesan la zona, y se ubican en el extremo sur siempre con dirección hacia el oriente en sentido de la cordillera centro oriental, aun cuando son evidentes no se caracterizan, debido a que se representan como primer estado de interpretación estructural.

Figura 15. Formación de suelo orgánico sobre cubierta de piroclastos, vereda el Carmelo



Fuente: Este estudio

Figura 16. Intercalaciones de flujos piroclásticos y caídas de ceniza; conjunto de color gris dominante, vereda El Plan

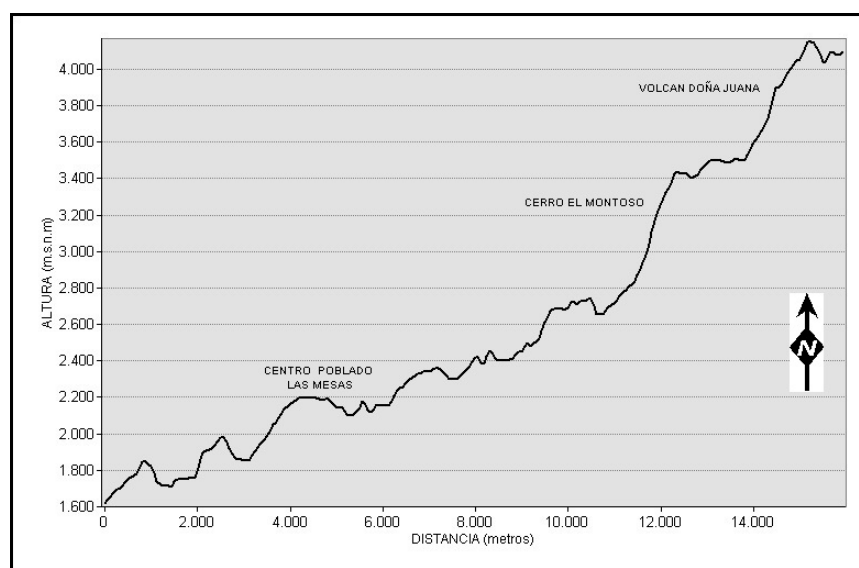


6.2 TOPOGRAFÍA Y PENDIENTE DEL TERRENO

6.2.1 Topografía. En el área de estudio, es posible encontrar alturas desde los 1600 a 4200 m.s.n.m, configurando relieves planos a escarpados con pendientes que varían entre 5 y 100%, asociadas con características geomorfológicas propias de relieves volcánicos y estructuras tectónicas locales.

El perfil topográfico del área de estudio (figura 17) y El Modelo Digital de elevaciones del Terreno DEM (mapa 5), evidencian la existencia de alturas menores al occidente del corregimiento entre 1600 m.s.n.m. Cuyo relieve pauta la figura de formas variadas entre las que se destacan pequeños cerros residuales, cuchillas y depresiones, que en su gran mayoría surgieron como consecuencia del corte transversal ocasionado por la red de drenaje sobre el basamento geológico, procesos climáticos erosivos y por presencia de algunas estructuras tectónicas locales, entre ellas la falla Buesáco y El Tablón. Sucesivamente se observa hacia los 2200 m.s.n.m, una superficie que indica la existencia de áreas planas, lugar donde se localiza el centro poblado Las Mesas, cuyo relieve obedece a una formación geomorfológica de terrazas fuertemente disectadas de origen volcánico. Dichas alturas se incrementan hacia el oriente hasta su encuentro con la cordillera centro oriental, donde es evidente la presencia de estructuras propias del relieve montañoso y volcánico, surgido como consecuencia de la orogenia Andina, en cuyo dominio se establece altitudinalmente el cerro el Montoso a 3400 m.s.n.m, finalizando en el Volcán Doña Juana cuya cumbre alcanza los 4150 m.s.n.m.

Figura 17. Perfil Topográfico del Corregimiento de Las Mesas, corte longitudinal de occidente a oriente



Fuente: Este estudio

6.2.2 Pendiente del terreno. El análisis morfométrico del área de estudio, define la pendiente, como el cálculo de la gradiente de la inclinación del terreno respecto a su plano horizontal y en la zonificación de la amenaza, es importante determinar su relación como generadora de fenómenos de remoción en masa, puesto que se considera directamente proporcional a la ocurrencia de dichos movimientos.

Teniendo en cuenta que en el corregimiento Las Mesas la topografía es compleja se ha elaborado el mapa de pendientes cuya realización partió de análisis espacial del Modelo de Digital de Elevaciones DEM, obteniéndose la categorización de las unidades de pendiente del terreno para el área de estudio (mapa 4), el cual muestra las áreas con mayor o menor grado de inclinación.

Respecto a la clasificación presentada (cuadro 6), se especificaron y caracterizaron para el área de estudio cinco clases de pendiente que se discriminaron según su ángulo de inclinación en porcentajes así: muy alta, alta, mediana, baja y muy baja, cuya descripción se establece a continuación.

- Pendiente muy alta. Se considera como la segunda en extensión en el área de estudio con 2.003 hectáreas, presenta inclinación igual o mayor a 100%, con orientación noreste y sureste, se encuentra, a lo largo de todo el corregimiento, principalmente hacia el occidente veredas Los Yungas, Doña Juana y al oriente, vereda el Silencio, espacialmente configura la rivera de los ríos Resina, Chorrillo y las quebradas Estanquillo, Peñas Blancas, La Florida y Humadal, donde el corte provocado por la red hídrica, ha ocasionado se dibuje una topografía de laderas fuertemente escarpadas, que sirve de límite entre taludes que bordean las unidades geomorfológicas entre ellas las terrazas volcánicas. Así mismo es notable la presencia de dicha categoría de pendiente en alturas por encima de la cota de 3000 m.s.n.m, área que bordea el edificio volcánico Doña Juana y la zona del ecosistema de páramo denominada el Machete.

Las zonas de pendiente muy alta, se encuentran constituidas por suelos de origen volcánico producto de flujo y caída, suelos muy deleznales poco consolidados geológicamente pertenecientes a la formación denominada Lavas y Piroclastos y Complejo Quebrada Grande, limitando hacia el occidente con las fallas Buesáco y Tablón. Aun cuando su topografía no ofrece mayores bondades, se ha dado paso en ella a la instauración de actividades humanas entre estas la agricultura de ladera y la construcción de carreteras, entre ellas la vía a occidente, que comunica al corregimiento de Las Mesas con el Municipio de San José de Albán, aspecto que ha acrecentado el desarrollo de fenómenos de remoción en masa, eventualmente como consecuencia del emplazamiento de cultivos y del corte y desestabilización de los taludes para la construcción de carreteras.

- Pendiente alta. De extensión e inclinación mayor que la primera con 3.407 hectáreas, se configura en el área de transición a zonas de pendiente muy alta,

presenta inclinación mayor o igual a 50 y menos del 100%, con orientación noroeste, su localización se concentra hacia el sur y oriente del corregimiento, veredas Providencia, Puerto Esperanza, Gavilla alta, Gavilla baja y El Silencio, altitudinalmente se ubica entre 2300 a 2900 m.s.n.m. Forma parte del área geomorfológica perteneciente a la unidad de laderas moderadamente escarpadas zonas de relieve montañoso, geológicamente se encuentra en la formación perteneciente a Lavas y Piroclastos. A pesar de las condiciones morfométricas de alta pendiente, actualmente se desarrollan en ella, procesos de colonización espacial, identificándose la instauración de actividades agropecuarias y la construcción de carreteras entre ellas la vía que comunica al Centro poblado Las Mesas con las veredas La Gavilla, Providencia y El Silencio, vías que presentan grandes condiciones de inestabilidad puesto que se encuentran construidas sobre rocas metamórficas y sedimentarias principalmente esquistos y arcillolitas que por sus características de plasticidad son proclives al desarrollo intensivo de fenómenos de remoción en masa.

- Pendiente mediana. Comprende ángulos de inclinación mayores a 30 y menores a 50%, con orientación noreste, con una extensión de 1.314 hectáreas, se encuentra cubriendo el área sur del corregimiento, veredas Puerto nuevo, Porvenir, Gavilla baja y El Cedro, su distribución se concreta en menor proporción territorial en la zona oriental, veredas Valmaría y El Silencio, dentro de esta categoría se pueden encontrar pequeños valles intramontanos los cuales son aprovechados por los agricultores para el establecimiento de parcelas de cultivo.
- Pendiente baja. Hacia el extremo norte del área de estudio predomina la pendiente baja, con un extensión territorial 1.936 hectáreas, cuyo ángulo de inclinación comprende 15 a 30%, con orientación oeste y sur, su localización se concreta al norte en las veredas La Florida, El Carmelo y María Inmaculada, se encuentra altitudinalmente en alturas menores a 2300 m.s.n.m.

Se exceptúan algunas zonas ubicadas en el flanco oriental del volcán Doña Juana donde se encuentran áreas menores de pendientes bajas en alturas superiores a la mencionada.

Este tipo de pendiente presenta zonas de relieve dominados por la presencia de flujos de piroclastos, lo que indica un modelado de relieve suavizado, su geología revela presencia de formaciones como las unidades de Flujos de Lodo y Flujos Piroclásticos al igual que Lavas y Piroclastos, lo cual ha favorecido el establecimiento de actividades agropecuarias principalmente ganadería extensiva.

- Pendiente muy baja. Quizás uno de los rasgos predominantes para el área de estudio lo configuran la pendiente entre 0 y 5%, cubriendo un extensión de 1.540 hectáreas, de orientación plana ubicada en la zona centro occidental del

corregimiento, conformada por el centro poblado Las Mesas y Las Veredas San Rafael y El Plan, así mismo hacia el norte veredas, La Florida, El Carmelo y San Francisco, también se destaca la presencia de dicha pendiente hacia el oriente específicamente en los límites entre las veredas Valmaría y El Silencio, se encuentra altitudinalmente en rangos inferiores a los 2.300 m.s.n.m.

Geológicamente pertenece a la formación Flujos de Lodo y Flujos Piroclásticos se indica que por sus características de relieve este tipo de pendiente ha dado paso al establecimiento de áreas con infraestructura de viviendas que aun cuando su denominación obedece a zonas rurales, estas indican un marcado patrón de asentamiento y concentración poblacional.

6.3 GEOMORFOLOGÍA

Según investigaciones sobre el paisaje andino Nariñense, realizadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi⁴⁷, quien establece que hacia el periodo terciario superior (Plioceno), se inicio la actividad volcánica moderna y simultáneamente la orogenia andina, que se prolonga hasta tiempos recientes.

El proceso de modelado de las geoformas causado por los ríos y glaciares y las continuas emanaciones de productos volcánicos, han determinado la configuración actual del paisaje Nariñense. Durante la mayor parte de cuaternario el clima, se caracterizó por una serie de procesos fríos, acompañados de glaciaciones, en las altas montañas al igual que por procesos periglaciares.

Algunos depósitos espesos conformados por capas detríticas, aluviales y lacustres, corresponden a procesos de acumulación de sedimentos durante estos periodos, interrumpidos en forma temporal y localmente, por erupciones volcánicas. Esta época se caracterizó por una serie de ajustes y cambios en el modelado de las geoformas, a partir de relieves heredados; debido a cambios producidos o generados, como producto de reajustes tectónicos y cambios climáticos. Se establece que en el Departamento de Nariño, se presentan geoformas muy complejas y variadas, debido a la presencia de diferentes litologías y depósitos superficiales de distintos ambientes morfogenéticos.

Las rocas están formando estructuras geológicas, las cuales han sido el resultado de los procesos orogénicos y volcánicos, asociados ha actividad tectónica, como respuesta a la acción de la dinámica interna de la tierra y que ha sido la responsable de la generación de fracturas, plegamientos y levantamientos sobre la corteza terrestre.

⁴⁷ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Nariño. 2004. Bogota. p. 34 - 43.

Por lo tanto, se prevé que el área de estudio se encuentra bajo la influencia de factores internos como la tectónica local reflejado en el plegamiento de rocas ígneas y sedimentarias, sumado al vulcanismo reciente y a otros factores externos como el clima, elementos de gran relevancia en el momento de propiciar condiciones geomorfológicas en la región. Las erupciones volcánicas del Doña Juana pasadas y actuales, propiciaron la transformación del paisaje reflejado en la formación de geoforma característica de un sistema en constante cambio, reflejado en el levantamiento de estructuras montañosas, sujetas a la acción de procesos de acumulación de material volcánico ígneo efusivo, que define relieves complejos, destacándose la formación de flujos de lava cubierta en algunas zonas por densos mantos de piroclastos.

Al igual que la tectónica y el vulcanismo, el clima ha propiciado la aparición en los grandes ejes montañosos de glaciares, los cuales con el pasar de los tiempos influenciados por sucesivos periodos de enfriamiento y calentamiento del planeta propiciaron la desaparición de sistemas glaciarios, reflejándose una nueva morfología en los paisajes montañosos, sobre todo en áreas del ecosistema de páramo, donde el clima facilito la remoción de materiales propiciando un relieve típico heredado producto de la desintegración de las rocas dando como resultado el modelado glaciar actual, esto indica la estrecha relación entre la orogenia andina y el clima como condicionantes en el tallado del relieve y como activas fuerzas de cambio en el planeta.

Por la teoría presenta, se concluye que en el área de estudio fue posible la identificación de unidades geomorfológicas relacionadas con los geosistemas: Glaciar heredo, Volcánico y Denudacional, cuya representación espacial se establece en el mapa 6, la descripción de cada ambiente y unidades relacionada se presenta a continuación.

6.3.1 Geosistema Glaciar Heredado. Según el Instituto de Hidrológica Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, se establece la presencia de un sistema morfogenético glaciar heredado, que se define “como el espacio ocupado por la mayor extensión del hielo durante la última glaciación y anterior a 10.000 años con un máximo hacia los 35.000 años B.P. y se encuentra en altitudes entre los 3.800 ± 100 metros hasta los 3.000 ± 200 metros. Allí el relieve fue suavizado por el paso de los glaciares y las pendientes son inferiores a las de los espacios inmediatos”⁴⁸.

Para el área de estudio las unidades geomorfológicas pertenecientes al geosistema Glaciar heredado son las siguientes:

⁴⁸ Instituto de Hidrológica Meteorología y Estudios ambientales IDEAM. Unidades geomorfológicas del territorio Colombiano. Santafé de Bogotá. P. 8.

- Unidad de Morrenas Valles y Circos glaciares. Se identificaron varios tipos de unidades, relacionadas con el sistema Glaciar heredado, que se encuentra conformando geoforma que en conjunto configuran una topografía glaciar evolutiva, en general el origen de estas unidades se debió a procesos relacionados con el retroceso de los glaciares que por cambios climáticos perdieron su capa de hielo durante la última glaciación, dejando como evidencia geoforma característica de relieve afectado por la acción de sistemas de transferencia y movilización de materiales desde las partes altas hacia las zonas medias y bajas, como consecuencia se produjo el acelerado proceso de desgaste del relieve, que por medio de agentes como el hielo y el agua que arrastraron y depositaron el material erodado, terminaron por generar paisajes controlados por superficies de depósito formando montículos alargados como en el caso de las morrenas, o relieves en forma de U, en el caso de los valles o como formas semicirculares y cóncavas ubicadas en la cabecera de los valles conocidas como circos glaciares.

En Colombia las geoforma heredadas, son común encontrarlas en las zonas bioclimáticas de páramo y para el área de estudio fueron identificadas y localizadas en la zona, del extremo oriental del volcán Doña Juana, páramo conocida como Machete de Doña Juana, por encima de la cota de 3.000 m.s.n.m. En jurisdicción de la vereda El Silencio y en cercanías a la laguna del mismo nombre, esta zona se considero como paisaje glaciar heredado puesto que su topografía indica un relieve dominado por superficies escarpadas y de alta pendiente, que terminan configurando geoformas puntiagudas, cimas empinadas y dentadas, formando cerros de aspecto piramidal casi geométricos, como es el caso del cerro denominado El Machete de Doña Juana, el cual se constituye en una clara evidencia de modelado glaciar.

Se indica que en el área la acción sobre el relieve actual se debió a que el lugar estuvo ocupado por mantos de nieve que con el tiempo y debido a cambios de temperatura el casquete de hielo en zonas altitudinales entre los 3000 a 4500 m.s.n.m, fue perdiéndose paulatinamente hasta el punto de llegar a su extinción total, solamente ocupando espacios que actualmente se encuentran por encima de la cota de 4500 m.s.n.m.

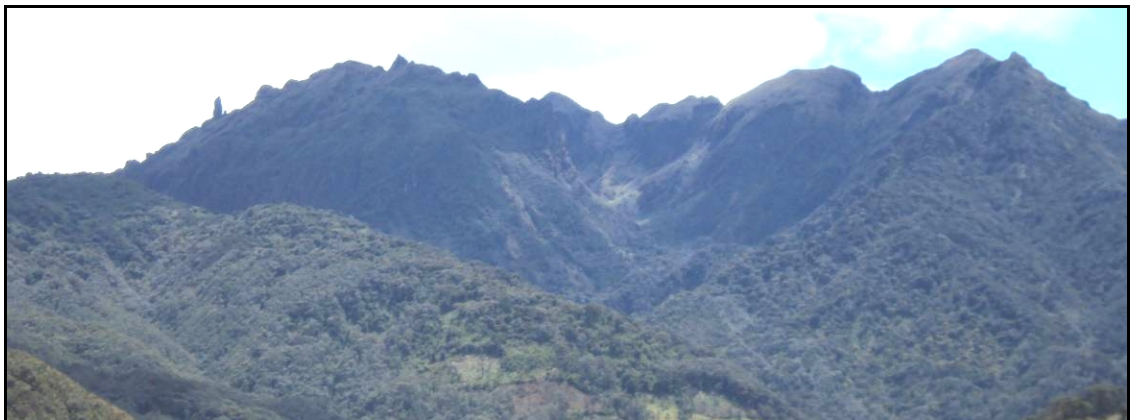
Por las evidencias encontradas se establece que esta zona se encontraba ocupada por cuerpos de agua los cuales debido a procesos de colmatación ocasionados por el arrastre de partículas de suelos desde las laderas altas de la superficie glaciar terminaron por rellenar dichos espacios, dejando como vestigio pequeños cuerpos lagunares que se encuentran dispersos alrededor del área de estudio como prueba de ellos se encuentra la laguna del Silencio la cual se emplaza en una depresión al final de un valle glaciar, bordeada por la presencia de un pequeño cuerpo morrénico, que sirve de base a dicha laguna.

Por otro lado la evidencia demuestra que el proceso de colmatación continúa ya que el retroceso del cuerpo lagunar sigue aumentado con el pasar de los días.

Es de indicar que en la zona por encontrarse en el área de influencia del complejo volcánico Doña Juana Cascabel, la geología característica sobre la cual se emplazan dichas geoformas corresponde a depósitos de flujos de lava y caída de piroclastos cuya génesis obedece a procesos eruptivos pasados y actuales como consecuencia de explosiones efusivas originadas por el volcán Doña Juana, sistema que conjugado con factores climáticos, se constituyen en los principal elementos modeladores del relieve en el área de estudio.

En la figura 18, es posible evidenciar el paisaje característico de un sistema glaciar heredado, se muestra la configuración de geoformas puntiagudas, cimas empinadas y dentadas, formando cerros de aspecto piramidal casi geométricos, valles y circos glaciares. Es posible apreciar como la unidad se encuentra cubierta por vegetación de páramo y bosque alto andino.

Figura 18. Paisaje glaciar heredado, páramo El Machete de Doña Juana



Fuente: Este estudio

6.3.2 Geosistema Volcánico. Se caracterizan las unidades cuyo origen es el resultado de acumulación de material proveniente de erupciones volcánicas, sistemas volcánicos, sometidos a procesos de modelado entre ellos el causado por la disección de la red hídrica local.

En cuanto al geosistema volcánico se establece que en el Departamento de Nariño, las mayores elevaciones se presentan en la cordillera central, en alrededores de los volcanes Doña Juana, Ánimas y Petacas. Así mismo se indica la existencia de dos unidades de relieve principales: el montañoso y el volcánico.

El relieve montañoso en Nariño se identifica como el referente a la mayor parte del área; esta desarrollado sobre rocas metamórficas e ígneas intrusivas y volcánicas, correspondientes a las unidades del Proterozoico, Paleozoico, Triásico y Jurásico. Esta expuesto a procesos erosivos, con pendientes moderadas a altas, suavizadas algunas veces por depósitos volcánicos de flujo y caída. El relieve volcánico también alude a morfología deposicional, resultado de la acumulación de material piroclástico, principalmente por flujo alrededor del volcán Doña Juana⁴⁹.

Para el área de estudio la mayor característica geomorfológica la constituye el volcán Doña Juana, que a través de sus sucesivos procesos eruptivos ha condicionado la definición de geoforma producto de acumulación de material volcánico, la magnitud de sus potentes erupciones ha propiciado la aparición de relieves de modelado suave, conllevando a la ocupación del espacio geográfico, reflejado en la consolidación y desarrollo de centros poblados como en el caso del corregimiento de Las Mesas, el cual se emplaza en una terraza de origen volcánico. Esto significa que el relieve volcánico, sobre todo en la zona del Departamento de Nariño y en general en toda el área andina Colombiana se constituye en un patrón de asentamiento debido a sus características topográficas, podológicas y climáticas.

Para la zona del Corregimiento de Las Mesas las unidades geomorfológicas identificadas pertenecientes al geosistema volcánico son: Edificio volcánico actual, Domos, Cráter volcánico, Flujos de lava y piroclastos sin diferenciar, Flujo de lodo o lahar y Terrazas fuertemente disectadas.

Unidades características agrupadas como resultado de un mismo origen, el volcánico, cuyo proceso evolutivo indica acumulación de material, formando paisajes geomorfológicos definidos por el volcanismo, configurando varios tipos de geoforma, que aun cuando se producen algunos cambios en el modelado y disección, conservan elementos de su origen inicial, en este caso el volcánico ya que el basamento principal sobre el cual se emplazan, se encuentra relacionado con de rocas extrusivas, lavas y piroclastos.

- Unidad de terrazas fuertemente disectadas. Este tipo de geoforma se encuentran distribuida sobre el centro poblado Las Mesas y hacia el nororiente en las veredas El Carmelo, La Florida, San Francisco, María Inmaculada, Valmaría y El Silencio, con una extensión de 1.173 hectáreas.

Las terrazas identificadas se caracterizan por presentar relieve plano a ligeramente ondulado con pendientes muy bajas a bajas entre 0 y 30%, se ubican altitudinalmente entre 2200 a 2600 m.s.n.m. Su génesis, obedece a procesos volcánicos producto de la acumulación de material piroclástico no consolidado, como tobas y ceniza volcánica, donde por causas de metamorfismo y

⁴⁹ NUÑEZ, Op. cit., p. 10 -11.

meteorización del material se han formado relieves semiplanos, de suelos superficiales y moderadamente profundos, de textura franco gruesa y franco fina, con presencia de escurrimiento superficial difuso y concentrado. Así mismo su origen se puede anotar también como denudacional debido al proceso de disección causada por la presencia de la red de drenaje inducido por el volcanismo del complejo volcánico Doña Juna.

Las terrazas fuertemente disectadas se componen a la vez de pequeñas terrazas semi-escalonadas separadas por taludes muy escarpados que configuran pendientes mayores a 100%, debido a procesos de modelado y socavamiento lateral, efectuado por los afluentes hídricos que las circundan, entre ellos Los ríos Chorrillo, Resina y las quebradas, Guayabal, Humadal, Florida y Estanquillo, donde los procesos de disección son muy marcados sobre todo en las zonas donde predominan sustrato volcánico poco consolidado.

En la zona donde se ubica el centro poblado Las Mesas, el socavamiento lateral de la terraza compuesta por sustrato de flujos piroclásticos ha contribuido al modelado de la geoforma, indicando superficies cortadas lateralmente por presencia de la red de drenaje principalmente hacia los costados norte y sur limitando por la principales fuentes de disección hídrica entre ellas la quebrada Estaquillo y los ríos Chorrillo y Resina, que configuran taludes muy inclinados con pendientes fuertes y modelado de cortes profundos dando paso a la formación de cañones abruptos que en algunos sectores superan los 100 metros de profundidad, lo cual incrementa el régimen torrencial de las fuentes hídricas, posibilitando la inestabilidad de las vertientes consecuente con ello se amplía el desarrollo de amenazas entre ellas las generadas por fenómenos remoción en masa, debido a la presencia de material inestable poco consolidado en zonas de alta inclinación.

Conviene recordar que por la posición o ubicación de estas geoformas de relieves planos a ligeramente ondulados, se encuentran muy intervenidas desprovistas de cobertura natural puesto que es en esta franja donde se ubica la mayor parte de la población Meseña, lo que ha dado lugar a la construcción de obras de infraestructura, establecimiento de áreas de cultivo y pastoreo extensivo entre otras actividades, instaurando a la geoforma como indicadora de un marcado padrón de asentamiento poblacional. En la figura 19, se identifica la unidad de terrazas fuertemente disectadas, de relieve plano, evidenciándose el corte longitudinal efectuado hacia la zona norte por la quebrada el Estanquillo y hacia el sur un marcado patrón de disección ocasionado por el río Resina, es evidente que esta geoforma se encuentra muy intervenida ya que como se puede apreciar ahí se localiza el centro poblado Las Mesas y algunas de sus principales veredas donde se concentra la mayor parte de la población. La intervención de este espacio se evidencia en la aparición de actividades agrícolas y la presencia de vías de comunicación como la que se aprecia en el talud de una de la geoforma, se trata

de la carretera que comunica al centro poblado Las Mesas con la vereda Gavilla alta.

Figura 19. Unidad de terrazas fuertemente disectadas, centro poblado Las Mesas



Fuente: Este estudio

- Unidad de flujos piroclásticos. La unidad se encuentra distribuida en el centro poblado las mesas y las veredas San Rafael, La Florida, El Carmelo María Inmaculada y Valmaría, con un extensión de 1.496 hectáreas. De relieve con pendientes muy bajas a bajas entre 0 y 5%, se encuentra en alturas entre los 2400 a 2800 m.s.n.m.

En cuanto a la descripción de los flujos piroclásticos se observa la homogeneidad de los mismos, sobre todo en las veredas, San Francisco, El Plan y el Centro poblado Las Mesas, se distinguen capas de piroclastos claramente diferenciados, observándose acumulaciones muy potentes de material que en algunos sectores alcanzan hasta 6 metros de espesor. Se destaca que algunos casos estos flujos se encuentran intactos y en otros han dado origen a la formación de paleosuelos.

Se establece que la acumulación de piroclastos principalmente obedece a ceniza y arena volcánica que fueron acumulados debió a procesos de transporte físico ocasionado por la fuerza intempestiva de erupciones muy explosivas, que junto con la presencia de gases volcánicos (dióxido de azufre y vapor de agua), formaron bancos de nubes ardientes que se transportaron a gran velocidad por las laderas del volcán depositando el material sobre cañones y valles del área de estudio.

Por esta razón la principal acumulación de material piroclástico se encuentra a distancias que superan los 20 kilómetros de respecto al cráter central del volcán Doña Juana, lo que indica la magnitud y poder de transporte de estos flujos. En la figura 20, se establece una acumulación de piroclastos que por su espesor indica

que se trato de un flujo seco con miles de partículas en suspensión, los fragmentos de minerales encontrados exhiben tamaño milimétrico a centimétrico, los cuales fueron depositados en una capa uniforme y densa. Sobre el flujo actualmente se ha formado una delgada capa de suelo orgánico que en el mejor de los casos no supera los 20 cm de espesor.

Figura 20. Deposito de flujos piroclásticos, vereda El Plan



Fuente este estudio.

- Unidad de Flujos de lava y piroclastos sin diferenciar. En el área de estudio se observan flujos de lava de composición andesítica, de color gris con diferentes tonalidades (claro y oscuro), de textura afanítica a porforítica que tienen como accesorios hornablenda y piroxeno, la matriz es vítrea, constituida por plagioclasa, compuesta por vidrio volcánico. Sobresalen en algunos lugares derrames lávicos como afloramientos aislados ya que se encuentran muy enterrados debido al flujo piroclástico que los cubre.

Los flujos de lava en su gran mayoría sobre todo los observados en la zona norte de corregimiento, se encuentran sepultados y en algunos casos se observan afloramientos en superficie sobre todo en las áreas de algunas quebradas que los disectan, más recientemente se observa sobre ellos, material piroclástico referidos a depósitos estratificados de la pilli, cenizas volcánicas y bombas, indicando que obedecen a actividad eruptiva reciente asociada con el volcán Doña Juana, siendo identificables en las veredas La Florida, María Inmaculada, EL Silencio, grandes depósitos de piroclastos y Lavas que cubren un extensión de 3.484 hectáreas.

Se establece que “hacia el flanco oriental del volcán Doña Juana se identifica la presencia de lavas cordadas bien conservadas al igual que un flujo de lava

blocosa asociada a pequeños colapsos de domo hacia el norte y oriente del volcán”⁵⁰.

Por las características estos tipos de roca, se concluye que en la caso de las lavas cordadas el relieve presente en el área, demuestra la formación de pequeñas laminas delgadas lo que indica que el material en el momento de la erupción, se tornaba poco fluido el cual al enfriarse rápidamente otorgo a la morfología del lugar, un aspecto semi-corrugado, así mismo se podría decir que para el flujo de lavas blocosas, por presentar poco fluidez y mayor espesor al parecer en su desplazamiento desde el cráter se solidificaron y rompieron formando bloques individuales, otorgando a la superficie un aspecto muy irregular. posteriormente los flujos de lava en algunos sectores, fueron recubiertos por mantos piroclásticos, estratificados en capas de ceniza volcánica, trasportadas grandes distancias gracias a la acción de las corrientes de viento, procedentes de lluvias piroclástos resultantes de erupciones explosivos del volcán Doña Juana, que cubrieron sectores aledaños al edificio volcánico, debido a la gran abundancia de material piroclástico en suspensión, esto se observa en las veredas La Florida, El Carmelo, San Francisco, María Inmaculada, Valmaría y El Silencio, donde los suelos son aprovechados para el establecimiento de actividades agropecuarias, lo contrario ocurre en los sectores de la vereda El Silencio, la más cercana al edificio volcánica, donde los flujos de lava se encuentran más expuestos dando al área una morfología abrupta y poco atractiva para el establecimiento agropecuario. En la figura 21, se evidencia una secuencia de capas de piroclástos.

Figura 21. Depósitos de caída de piroclástos (ceniza volcánica), vereda Valmaría



Fuente: Este estudio

⁵⁰ MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y OTROS, Op. cit., p. 31.

- Unidad de Domos. Se diría que para el área de estudio esta unidad está asociada con erupciones recientes del volcán Doña Juana, cuando el magma altamente viscoso ascendió, por el conducto central del volcán, que por su poca fluidez se solidificó al llegar a la superficie, formando una geoforma cónica actualmente identificada como domo volcánico, que obstruyen y taponan el cráter principal.

Se describe la unidad de domos del volcán Doña Juana, como un complejo de cúpulas de composición dacítica, que se observan en la parte alta del volcán Doña Juana, los cuales presentan desplomes y cráteres de aproximadamente 500 metros, con baja densidad de drenaje. De igual forma se describe la presencia de un domo occidental que se identifica como el mejor preservado, con una pequeña depresión en su parte alta y presencia de bloques de lava, donde se plantea que su formación pudo tener origen en las últimas erupciones, incluso en la ocurrida hace 100 años donde se presentó extrusión de domos⁵¹.

Por otro lado Narváez, “evidencia que en el sector norte de la parte alta del volcán Doña Juana se encuentran domos pertenecientes al viejo edificio volcánico antes de la llamada fase Post-Caldera”⁵².

La presencia de los domos indica que el volcán se encuentra sometido a alta presión interna generada por la acumulación de gases dentro de la cámara magmática, que de llegar a ocurrir una erupción la presión interna obligaría a que el material sea expulsado a la superficie de manera violenta, extruyendo los tres domos principales. En la figura 22, se muestra el complejo de domos, donde es evidente la presencia de tres cúpulas principales, pertenecientes al actual edificio volcánico.

Figura 22. Complejo de domos, volcán Doña Juana



Fuente: Este Estudio

⁵¹ Ibid., p. 29.

⁵² NARVAEZ, Op. cit., p. 63.

- Unidad, flujo de lodo o Lahar. Para el área de estudio se destaca la formación de un flujo de lodo el cual se localiza hacia el sur oeste, en las veredas Valmaría y El Silencio, se abre camino a una altura de 3300 msnm, bajando por las laderas del extremo sur oriental del volcán Doña Juana, para finalmente depositar parte de su contenido en forma de abanico que se extiende sobre aéreas de pendiente baja ubicadas en la vereda Valmaría.

El flujo de lodo presente cubre un área de 335 hectáreas y una distancia de 6 kilómetros, donde el proceso de depósito finalmente termina por colmar un pequeño valle, dando al lugar una morfología de relieve casi plano, con pendientes muy bajas a bajas entre 0 y 30%.

El Flujo de Lodo o Lahar, se puede identificar como una unidad de gran extensión, formada al pie del volcán Doña Juana, flujo que emergió violentamente desde sectores empinados aledaños al edificio volcánico, como consecuencia de la última erupción volcánica la cual ocurrió según Ramírez (1975) entre 1897 y 1899, con un evento mayor el 13 de noviembre de 1899.

En la figura 23, se enseña el flujo de Lodo o Lahar, consecuencia de la última erupción del volcán Doña Juana (1897). En la imagen se evidencia como la superficie inicial que fue cubierta por el flujo se encuentra enterrada, las rocas fueron apiladas y sepultadas, formando una superficie muy compacta de textura fuerte y dura, las características del flujo indican una mezcla de suelos rocas cenizas volcánicas y agua que se extendió por toda la superficie formando una costra muy consistente semejante a la que suele presentar el cemento, lo que indica el poder de destrucción del flujo de lodo.

El flujo de lodo se extendió sobre relieves bajos, en un patrón caótico, gracias al alto contenido de agua, que posiblemente se debió al desbordamiento de la red de drenajes y la presencia de lluvias en el momento de la erupción, conjugado con alto contenido de material volcánico principalmente piroclásticos, que fueron posiblemente los desencadenantes del flujo.

De igual forma se concluye que el flujo que no alcanzó a ser depositado en la zona plana, continuó su curso hasta su encuentro con el cañón del río Resina, causando represamiento por taponamiento del cauce aguas abajo.

La morfología del flujo encontrado, lo describe como una formación alargada y lobulada de superficie rugosa e irregular que termina en un frente abrupto, hacia el flanco sur limitando con el escarpe al final del área plana. Así mismo se comprobó que el flujo en su contenido interno presenta una combinación de partículas de suelo, rocas, ceniza volcánica y material vegetal, su superficie es pedregosa y arenosa, lo cual otorga al lugar una fisonomía de poca vegetación.

La mayoría del área afectada por el flujo se encuentra únicamente poblada por arbustos, árboles de fuste mediano y algunas especies de líquenes que crecen

sobre las rocas, indicando que el proceso de formación de suelo orgánico es lento, lo cual hace que el sector revista características de relativa aridez.

Figura 23. Flujo de lodo o lahar, localizado en el sitio conocido como La Lava, vereda Valmaría



Fuente: Este estudio

- Unidad, Edificio volcánico actual. El volcán Doña Juana al igual que otros volcanes ha pasado por diferentes fases desarrollo del ciclo normal geológico de sucesivas etapas desde su juventud, madurez y vejez, dejando ver su evolución reflejada en su actual estructura, una geoforma cónica resultado del proceso cronológico natural, que se refleja en la acumulación de capas dispuestas en forma de estratos, producida por la alternancia irregular de lava y mantos de piroclastos de notable espesor, lo que indica erupciones muy explosivas. Como en la mayoría de los volcanes originados en la cordillera de los Andes, en el Doña Juana, la lava correspondiente al edificio volcánico actual, se considera de composición andesítica, así mismo se establece que la capa piroclástica que la recubre en algunos sectores alude a presencia de cenizas, la pilli y tobas, dando origen al actual edificio volcánico, una gran estructura cónica con flacos de pendiente muy alta mayor a 100%, cuya base inicia aproximadamente a 3550 m.s.n.m, para finalizar en la cima a 4150 m.s.n.m.

En la figura 24, Se observa el volcán Doña Juana (edificio volcánico actual), en él, es evidente la presencia de capas a manera de gruesos estratos de lava cubiertos por material más fino ceniza, bombas y escoria, que conjugados han creado una geoforma cónica casi simétrica.

- Unidad cráter volcánico. Según Narváez⁵³, en los distintos procesos de activación del volcán Doña Juana desde hace 4500 años y recientemente hacia los años 1897, 1906 y 1936 fechas de las erupciones más recientes, grandes evento explosivos de gran magnitud terminaron formar el actual cráter subreciente (relictual). Se indica como la formación de un complejo de domos de lava terminaron por extruir desde el interior del cráter formando el actual cono central.

Cubriendo el área principal del cráter se observa la presencia de lavas andesíticas poco fluidas que por su textura y composición exhiben aspecto granular, estableciendo superficies irregulares de consistencia compacta muy rugosa y blocosa. En la figura 25, se indica la zona del cráter actual del volcán Doña Juana, donde es posible apreciar como el extremo suroccidental del borde calderico se encuentra colapsado, des configurando por completo la simetría del cráter, lugar por donde quizás en una futura explosión podrían desbordarse facialmente materiales remanentes de la erupción entre ellos lava y flujos piroclásticos.

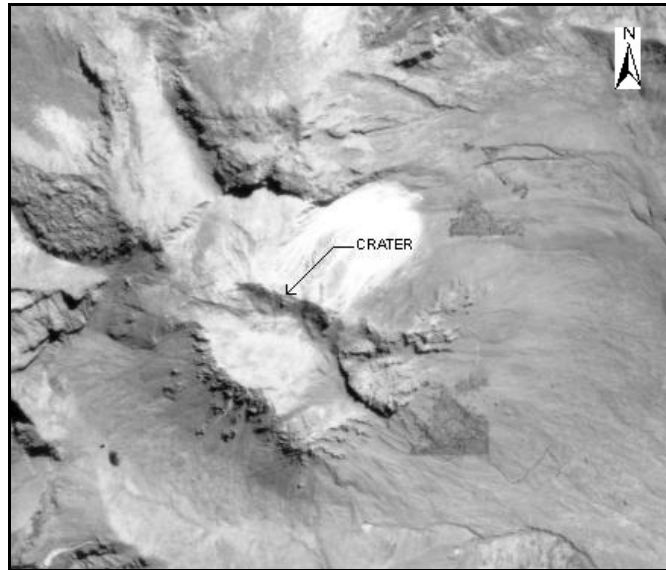
Figura 24. Panorámica estrato volcán Doña Juana



Fuente: Este estudio

⁵³ NARVAEZ. Op. Cit., p. 47.

Figura 25. Vista aérea del cráter, volcán Doña Juana



Fuente: Fotografía aérea, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1995

6.3.3 Geosistema Denudacional. El relieve modelado por procesos denudacionales “incluye aquellas elevaciones del terreno que hacen parte de cordilleras, sierras y serranías cuya altura y morfología actuales no dependen de plegamiento de las rocas de la corteza, ni tampoco del volcanismo sino exclusivamente de los procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia, escorrentía, los glaciares y el agua del suelo, con fuerte incidencia de la gravedad”⁵⁴.

Bajo estas condiciones en el área de estudio se han definido las unidades pertenecientes al geosistema denudacional correspondientes a escarpes, cerros residuales, cuchillas y laderas moderadamente a fuertemente escarpadas, las cuales se describen a continuación.

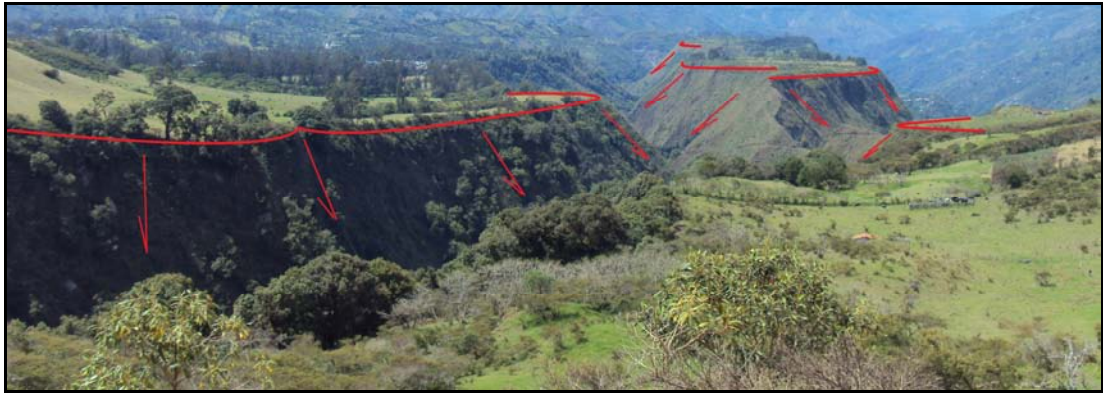
- Unidad de Escarpes. En la zona de estudio, este tipo de geoforma se encuentra delimitando el área correspondiente a terrazas fuertemente disectadas, sobre todo en la zona de las vertientes de los ríos Chorrillo, Resina y las quebradas La Florida y Estanquillo. Configura bordes casi lineales que en su gran mayoría se encuentran afectados por procesos de remoción en masa.

La morfología evidencia la presencia de taludes verticales con ángulos de 90 grados que configuran bordes escarpados muy afilados ubicados de manera casi lineal. En la figura 26, se exterioriza la línea del escarpe, que bordea la unidad de

⁵⁴ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, Op. cit., p. 89.

terrazas fuertemente disectadas y la unidad de laderas fuertemente escarpadas, donde se ha identificado la zona del escarpe, con una línea de color rojo.

Figura 26. Unidad de escarpes localizada hacia el norte del área de estudio, observada desde la vereda San Francisco



Fuente: Este estudio.

- Unidad de Cerros residuales. Para el área de estudio se destaca una unidad de cerros residuales la cual se ubica en la vereda Los Yungas, el origen de esta geoforma obedece a procesos de denudación de cuchillas, cuyo conformación geológica indica la presencia litológica de rocas entre ellas, metarenitas, grauvaca, rocas ígneas extrusivas y chert, indicando mayor resistencia a la acción de agentes denudacionales, lo contrario ocurrió con los flujos piroclásticos ubicados en su alrededor que por su baja cohesión terminaron por desaparecer gradualmente debido a la acción de agentes ambientales, que definieron la geoforma actual, que se encuentra diseminada en forma de pequeños cerros de corta longitud.

La unidad de cerros residuales, se encuentra surcada por el río Resina y la quebrada Guadual que aceleraran el proceso de desgaste mediante socavamiento y disección del suelo reduciendo la unidad inicial formando un relieve de lomas con cimas planas, esta evolución producto de el ambiente denudacional se observa en el área del corregimiento conocida como Loma gorda.

Actualmente la unidad de cerros residuales, se encuentra muy intervenida ya que sobre ella se ha establecido unidades de cultivo y la ejecución de la carretera que comunica al Corregimiento Las Mesas con el Municipio de San José de Albán. En la figura 27, se establece la unidad de cerros residuales, en ella se observa, como la intervención en la construcción de la carretera termino por desestabilizar el talud, siendo inminente la ocurrencia de movimientos en masa, que muy posiblemente toman más fuerza con la llegada de las lluvias.

Figura 27. Unidad geomorfológica de cerros residuales, vereda Los Yungas



Fuente: Este estudio

- Unidad de Cuchillas. La unidad se caracteriza por presentar pendientes altas mayores a 50%, se encuentra en alturas entre 1800 a 3000 m.s.n.m, correspondiente a la zona nororiental del corregimiento, sobre los flancos del volcán Doña Juana y los extremos del río Resina y la quebrada Guadual, se definen cuchillas alargadas con dirección noroccidente, controladas por la tectónicas local con la presencia de sistemas de drenaje dendrítico, constituidas por rocas pertenecientes a las formaciones Complejo quebrada grande y Flujos de Lava y Piroclastos. En la Figura 28, se identifica una unidad de cuchillas, en ella se observa la intervención antrópica de la unidad, mediante el establecimiento de zonas de cultivo y viviendas, colonizando espacios de alta pendiente lo cual aumenta notoriamente la vulnerabilidad de la población frente a eventos de remoción en masa, de hecho en la imagen se observa la presencia de micro deslizamientos.

Figura 28. Unidad geomorfológica de cuchillas, vereda Doña Juana



Fuente: Este estudio

- Unidad de Laderas moderadamente a fuertemente escarpadas. Se identificaron dos unidades de laderas, la primera moderadamente escarpada cuya denominación obedece a aspectos relacionados con la pendiente o inclinación del relieve, la cual se puede encontrar cubriendo la zona sur del corregimiento, veredas El Silencio, Providencia, El Cedro, Puerto Nuevo, Porvenir, Gavilla alta y Gavilla baja.

La unidad se caracteriza por el dominio de pendientes medias a altas entre 30 y 50%, comprende alturas entre 2000 a 3400 m.s.n.m. Presenta paleosuelos, con material de origen volcánico principalmente flujos de lava cubiertos por mantos piroclásticos de espesor variable, los cuales siguen la forma de la topografía preexistente otorgando al relieve cierta redondez. Es evidente la presencia de mantos de piroclastos indicando el desarrollo de suelos bien drenados muy profundos de capas gruesas de cenizas volcánicas, lo cual se refleja en la aparición de procesos morfodinámicos como escurrimiento difuso y concentrado, donde el flujo del agua superficial está acelerando la pérdida de suelos por erosión pluvial, dando lugar al desarrollo de procesos erosivos inicialmente presencia de surcos y cárcavas que finalmente terminan en la generación de fenómenos de remoción en masa. Esta unidad se caracteriza por presentar drenaje dendrítico muy denso que indica la presencia de material homogéneo, sin control estructural evidenciándose áreas geológicas uniformes, de materiales impermeables con textura fina, examinándose suelos arcillosos altamente meteorizados.

En la figura 29, se identifica la unidad de laderas moderadamente escarpadas, en ellas se evidencia la presencia de varios deslizamientos, así como la pérdida de cobertura natural la cual ha sido sustituida por la presencia de pastos y cultivos, cobertura que ha sido aminorada hasta el punto que solo se observan pequeños parches de vegetación nativa.

La segunda categoría correspondiente a la unidad de laderas fuertemente escarpadas se localiza, hacia el noroccidente del corregimiento veredas los Yungas, Doña Juana, San Francisco, La Florida y el flanco izquierdo río Chorrillo, su morfología obedece a laderas que configuran pendientes complejas muy altas mayores a 100%, superando más de 45 grados de inclinación, comprenden alturas entre 1600 a 2600 m.s.n.m. El que la zona sea escarpada obedece a procesos orogénicos, tectónico locales del sistema de fallas, Buesáco y el Tablón que se orientan buzando de de sur a norte. La unidad se constituye geológicamente por lavas y piroclastos, las acumulaciones de piroclastos que en su gran mayoría se encuentran a lo largo de la unidad, constan de cenizas y tobas con abundantes fragmentos de pómez de coloración gris claro a blanco, de igual manera se observan cantos de rocas distribuidas caóticamente, que por la composición y grado de meteorización del material geológico observado, se indica que la unidad posee suelos superficiales a moderadamente profundos bien drenados, compuestos por arena volcánica tamaño la pilli distribuidos en grandes volúmenes, lo cual facilita la filtración del agua, impidiendo la saturación del material.

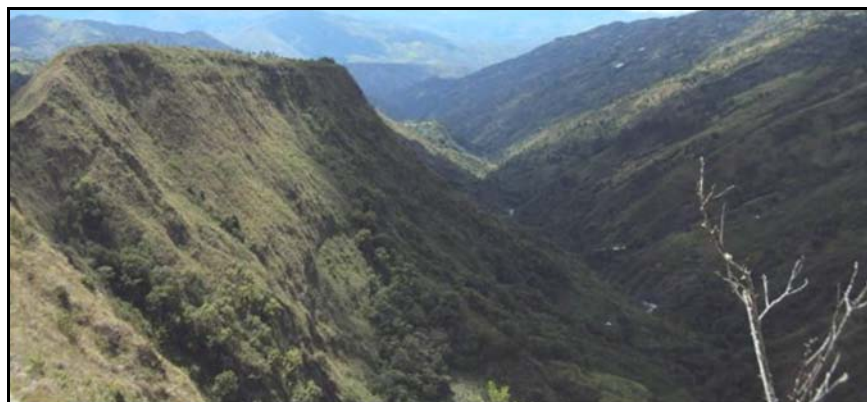
En la figura 30, es posible evidenciar la unidad Laderas fuertemente escarpadas, en ellas se observa como el río Chorrillo a marcada el proceso de disección, en las áreas de mayor pendiente los escarpes son muy pronunciados, no obstante se observa que la intervención antrópica comienza a colonizar zonas de alta pendiente, sobre todo en sectores por debajo de la cota de los 2000 m.s.n.m, esto debido al microclima local que ofrece la unidad geomorfológica el cual se considera apto para la instauración de plantaciones de clima medio, especialmente cultivos de café.

Figura 29. Unidad de laderas moderadamente escarpadas, vereda Gavilla alta



Fuente: Este estudio

Figura 30. Unidad geomorfológica de laderas fuertemente escarpadas, flanco izquierdo del río Chorrillo, vereda Doña Juana



Fuente: este estudio

6.4 PRECIPITACIÓN

La precipitación en Colombia, se encuentra influenciada por factores como la latitud, altitud, el relieve, cercanía a las masas oceánicas y la vegetación, que determinan la distribución espacial de las lluvias en cada una de las regiones del país. “Así el valor anual de la precipitación en sus regiones es diferente con un promedio de 3.000 mm aproximadamente para el país. El 88% del área total del país registra lluvias superiores a 2.000 mm al año⁵⁵”

Las características pluviométricas del área de estudio, se establecieron a partir del análisis e interpretación de valores totales de precipitación a nivel mensual, anual y máximos mensuales en 24 horas, periodo comprendido desde el año 1992 a 2010, correspondiente a las estaciones San Bernardo, Aponte y La Cruz, descritas en el cuadro 6, administradas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Para el área de estudio se determinó que la precipitación se encuentra influenciada por el relieve (la precipitación varía con la altitud). Por una parte se evidencia la influencia de las masas de aire cálido y con escasa humedad ascienden convectivamente desde la vertiente hidrográfica del río Junambú que cumplen la función de transportar aire desde zonas de baja presión provenientes de altitudes menores a 1600 m.s.n.m. Hasta zonas de alta presión por encima de los 3000 m.s.n.m. Estas masas de aire se enfrían y depositan la poca humedad en las laderas de la vertiente de sotavento.

A medida que el frente de nubes se desplaza más hacia el sur traspasando la barrera montañosa de la cordillera centro oriental hasta la ladera de sotavento, protegida del viento dominante, generalmente más seca y de mayor amplitud térmica que el flanco de barlovento, flanco seco, las lluvias se vuelven débiles y ligeras.

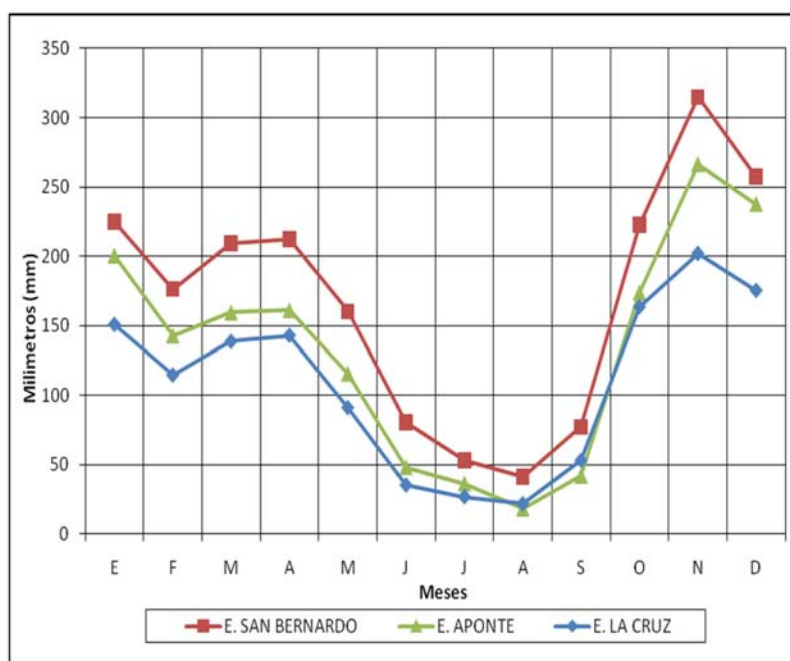
Así entonces para el área de estudio se observa como el relieve influye en la distribución espacial de las precipitaciones, como la aparición de cinturones nubosos hacia el flanco de barlovento que asciende por el lado nororiental del área de estudio alcanzan a atravesar la barrera montañosa del volcán Doña Juana depositando el remanente de humedad en el lado de sotavento donde se ubica el área de estudio como consecuencia se observa la presencia de lluvias.

⁵⁵ MARIN. Citado por: MAYORGA MARQUEZ, Ruth. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar al título de Magister en meteorología. Bogotá. Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia. 2003. p. 15.

Entonces la tendencia seria que mientras que en al occidente del área de estudio las precipitaciones son más ligeras al oriente las lluvias son más fuertes y prolongadas.

6.4.1 Precipitación total mensual. En el gráfico 1, se determina el comportamiento de la precipitación total mensual, durante los doce meses del año, en las tres estaciones de referencia (San Bernardo, La Cruz y Aponte).

Gráfico 1. Valores totales mensuales de Precipitación (mm), estaciones San Bernardo, Aponte y La Cruz



Fuente: Datos IDEAM, 2010. Este estudio

Se evidencia que el régimen pluviométrico que prevalece en la zona de estudio es el bimodal, definido por dos periodos lluviosos y dos secos al año. El primer periodo de precipitaciones ocurre entre marzo a mayo con un promedio de 200 milímetros, para el mes más lluvioso y el segundo el cual se considera de mayor intensidad sucede entre los meses de octubre a diciembre, sobrepasando los 300 milímetros de lluvia. En tanto que los dos periodos secos ocurridos dos veces al año, indican un primer movimiento de escasa pluviosidad en los meses de enero y febrero, en comparación con un periodo seco de mayor intensidad sucedido entre los meses de junio a septiembre, donde la precipitación promedio no supera los 40 milímetros de lluvia en las tres estaciones analizadas.

La presencia del régimen climático bimodal en la zona de estudio, evidencia la figura de un sistema meteorológico a escala sinóptica, responsable de la alternancia de periodos lluviosos y secos, se trata de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), sistema meteorológico que se desplaza de sur a norte entre los meses de marzo y agosto y de norte a sur entre septiembre y febrero, condicionando la presencia sucesiva de periodos climáticos secos y húmedos, adicionalmente se encuentra influenciado por factores locales originados por el relieve que condiciona la circulación de las masas de aire desde los valles hacia las montañas favoreciendo con ello el desarrollo de las precipitaciones orográficas.

El análisis grafico infiere para la estación San Bernardo, como el promedio de mensual de precipitación entre los meses de enero y febrero se encuentra entre 224 y 176 milímetros, aumentando a finales del mes de marzo, debido al inicio de la primera temporada lluviosa que tiende a acentuarse en el mes de abril donde alcanza su promedio máximo alrededor de 212 milímetros. Dicho periodo de pluviosidad tiende a disminuir a finales del mes de mayo y sucesivamente entre los meses de junio a septiembre, presentado el mayor déficit de lluvia en el mes de agosto con un promedio de 41 milímetros.

A mediados del mes de septiembre es evidente un cambio en el régimen de las precipitaciones presentándose un periodo de transición entre el final del verano e inicio de la segunda temporada de lluvias en el mes de octubre que sucesivamente se acentúa durante los meses de noviembre y diciembre alcanzando un nivel de lluvias de 314 y 255 milímetros, respectivamente para los dos últimos meses del año considerados como los promedios más altos para la serie evaluada.

Para la estación La cruz el comportamiento es muy similar al presentado en la estación San Bernardo, aun cuando el análisis de grafico indica un promedio mensual de precipitaciones más bajo. Para la primera temporada de lluvias entre los meses de marzo a mayo se evidencia un promedio de precipitación de 124 milímetros, el cual tiende a disminuir hacia inicios del mes de junio y sucesivamente entre los meses de julio, agosto y septiembre con un promedio de lluvias para el mes más seco agosto, de 21 milímetros.

En tanto que termina el periodo seco se observa el incremento inmediato de la precipitación que comienza a ser evidente en el mes de octubre a diciembre donde el promedio mensual de lluvias para el mes de noviembre considerado como el más húmedo, alcanza los 202 milímetros.

En contraste para la estación Aponte, aun cuando el comportamiento climático es similar por la presencia de periodos secos y húmedos, esta difiere notoriamente en cuando al promedio o régimen de lluvias frente al observado para la estación San Bernardo, ello a pesar que ambas estaciones se localizan en la corriente del río Juanambú.

Para la estación de Aponte, se evidencia un régimen pluviométrico de niveles bajos donde el mes más copioso (noviembre) alcanza los 266 milímetros, evidenciando un déficit de 48 milímetros de lluvia para el mismo mes en relación con la estación San Bernardo, así mismo el mes de menor lluvia representado en agosto, define un promedio de 18 milímetros, evidenciando un déficit de 23 milímetros, en comparación con la mencionada estación en divergencia.

Del análisis comparativo entre las tres estaciones se concluye que los regímenes pluviométricos varían de acuerdo a su ubicación geográfica e influencia de a cada vertiente hidrográfica tomando en cuenta su incidencia de en el desplazamiento de corrientes de aire cálido y húmedo.

Por lo anterior se diría que hacia la zona norte del departamento a un cuando el régimen pluviométrico es el mismo para las tres estaciones evaluadas, el análisis comparativo demuestra un contrastare entre ellas, empezando por las estaciones San Bernardo y La Cruz donde se evidencia que el aporte de lluvias durante los doce meses del año es mayor en el área nororiental del complejo volcánico Doña Juana, donde se localiza la estación San Bernardo, con un promedio de 169 milímetros, en tanto para la estación La Cruz ubicada hacia el noroccidente, este promedio únicamente alcanza los 109 milímetros, ello podría explicarse ya que la estación La Cruz, se ve influencia por corrientes de aire cálido y seco provenientes del valle del Patía que ascienden por la vertiente del río Mayo, evidenciándose un desequilibrio calórico exteriorizado donde gran parte de la humedad que ingresa es suplantada rápidamente por corrientes cálidas, estableciéndose un descompensación de aire húmedo reflejado en la disminución de las lluvias. En tanto que la estación San Bernardo se encuentra más en influencia por masas de aire húmedo provenientes de la cordillera centro oriental generadoras de lluvias orográficas más copiosas.

En contraste con lo anterior al comparar la precipitación de las estaciones San Bernardo y Aponte se mostraría que la cantidad de lluvia que se señala como relativamente más baja para la estación Aponte se explica puesto que su ubicación geográfica permite que se encuentre en influencia directa con la presencia de masas de aire cálidas y secas provenientes del fondo del valle del Patía masas que se desplazan debido al calor mediante covección local por el cañón de río Juanambú, gracias a la densidad de la presión en esta formación geográfica. El movimiento convectivo en el sector hace que el vapor de agua o aire húmedo de las masas de aire caliente presentes en el fondo del valle y cañón del río Juanambú ocasionen evaporación de la humedad disponible por acción de la radiación solar y la velocidad del viento, ocasionando la pérdida de humedad con consecuente disminución de la precipitación.

Mientras para la estación San Bernardo sucede lo contrario aun cuando recibe aportes de masas de aire caliente provenientes de las corrientes de los cañones de los ríos Juanambú y Chorrillo, la mayor influencia que condiciona la presencia

de lluvias se deriva de su cercanía a la cordillera centro oriental en donde se encuentra el volcán Doña Juana, por lo tanto se podría decir que esta zona se encuentra expuesta a las masas de aire que por subsidencia bajan cargadas de humedad flanco húmedo de barlovento, a través de las laderas del relieve montañoso condicionando la circulación atmosférica en este sector. Como consecuencia se evidencia un régimen pluviométrico más copioso durante los dos periodos húmedos del año.

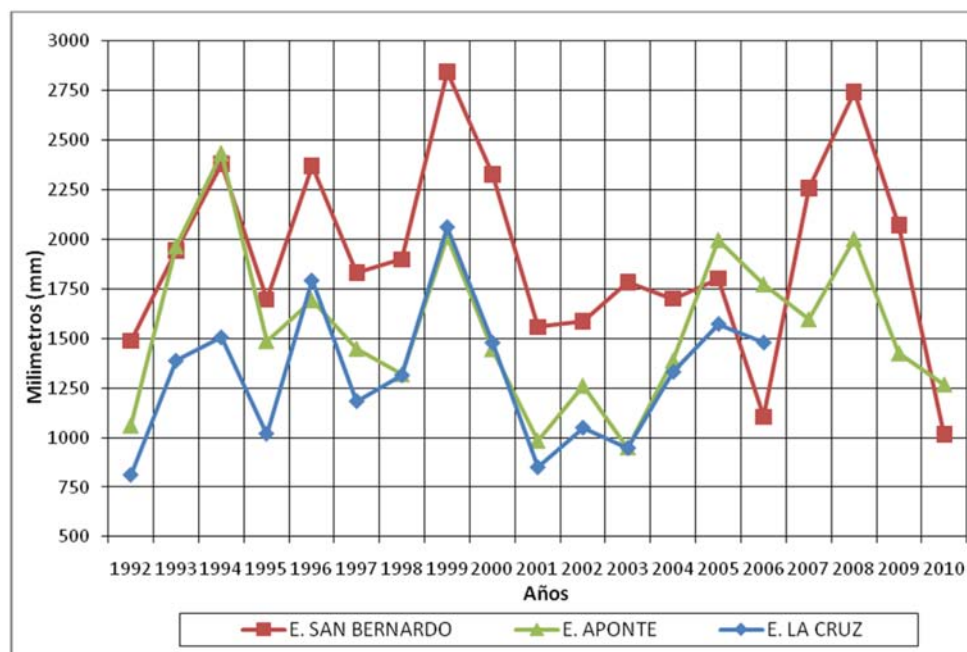
6.4.2 Precipitación total anual. Respecto al comportamiento de la precipitación en el área de estudio en el grafico 2, se observa su distribución interanual des el año 1992 a 2010, tanto para las estaciones San Bernardo, Aponte y La Cruz, en esta última se indica el análisis mensual solo se realizo entre el periodo comprendido entre 1992 a 2006, información suficiente ya que su evaluación solo se considero necesaria en función de observar la tendencia y comportamiento de las lluvias hacia el norte del Departamento de Nariño.

El grafico de distribución interanual de la precipitación, define un comportamiento irregular de la misma, determinado por alteraciones de lluvia a nivel local influenciada por la incidencia de eventos climáticos anómalos globales cíclicos de gran escala como los fenómenos cálidos y fríos del pacifico conocidos como El Niño y La Niña.

En consecuencia para el área de estudio, se observa una disminución en el nivel de lluvias y fuertes oleadas de calor durante la ocurrencia del fenómeno del Niño, que ocasiono disminución de la humedad del aire como efecto del calentamiento de las aguas del océano Pacifico. En contraste se observa periodos de exceso de precipitaciones durante la presencia del fenómeno frío de La Niña, que ocasiona aumento en los niveles de humedad de las masas de aire como consecuencia de la disminución de la temperatura superficial del océano Pacifico, que repercute en aumento de la lluvia a nivel local en la zona de la cordillera centro oriental y a nivel general en casi toda Colombia principalmente en las zona de la regiones Caribe y Andina.

El análisis gráfico para las tres estaciones analizadas (San Bernardo, Aponte y La Cruz) indica una disminución en los niveles de precipitación durante los años 1992, 1995, 1997 y 1998, a demás de un marcado periodo seco considerado como el más fuerte de toda la serie analizada que redujo la cantidad total de lluvia alrededor de 1000 milímetros, en comparación con periodos anteriores, ocurrido en entre los años 2001, 2002,2003, 2006 y 2009.

Gráfico 2. Distribución interanual de la Precipitación (mm), estaciones San Bernardo, Aponte y La Cruz



Fuente: Datos IDEAM, 2010. Este estudio

Por lo anterior y en relación con el fenómeno del Niño, es evidente que ocasionó una disminución prolongada de la precipitación en el área de estudio en las tres estaciones de referencia. Al respecto del déficit de lluvias como consecuencia del fenómeno cálido del Niño, en los periodos de tiempo mencionados, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), destaca para Colombia, “el evento del Niño 1997-1998, considerado el más intenso de los últimos 150 años que inicio en marzo de 1997 y finalizó en el mes de junio de 1998”⁵⁶.

Así mismo establece sobre el último periodo seco que:

El Niño empezó a manifestarse desde mayo de 2009, por un calentamiento de las aguas del Océano Pacífico Tropical, acompañado de un debilitamiento de los vientos de la atmósfera baja. Para mediados de junio de 2009 las condiciones meteorológicas y oceanográficas manifestaron el inicio de la etapa temprana de formación del fenómeno, al presentarse un calentamiento de medio grado centígrado,

⁵⁶ INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. [En línea]. Los fenómenos calientes del Pacífico (el Niño) y fríos del Pacífico (la Niña) y su incidencia en la estabilidad de laderas en Colombia. III simposio panamericano de deslizamientos. Cartagena Colombia, agosto de 2001. p.1. En: [www. google.com](http://www.google.com). (consultado 06 Oct.2009). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/El%20Ni%C3%B1o%20y%20la%20Ni%C3%B1a%20y%20la%20estabilidad%20de%20Laderas%20en%20Colombia.PDF>

que es el umbral mínimo. El mes de octubre en condiciones normales, de acuerdo con la climatología este mes corresponde a uno de los meses más lluviosos del año. Sin embargo, por la presencia del fenómeno de El Niño, las lluvias que se presentaron, estuvieron por debajo de los promedios normales para el mes⁵⁷.

En contraste con la temporada seca, para la zona de estudio fue posible observar excesos en los niveles de lluvia para las dos estaciones de referencia, como consecuencia del fenómeno húmedo del Pacífico (Niña), destacándose históricamente periodos de precipitaciones muy copiosas en los años 1993, 1996, 1998 y 1999, en el último periodo la temporada húmeda se prolongo hasta mediados de año 2000. Posteriormente en el año 2007 y 2008 se identifica un marcado episodio de lluvias con algunas excepciones y alternancias de cortos periodos secos debidos principalmente al paso de ondas intraestacionales. Ya para el año 2010 con la llegada de la temporada de lluvias se inicia a mediados del año una nueva etapa del fenómeno de La Niña, que se extendió hasta mediados del año 2011. Al respecto del inicio e intensidad del fenómeno de La Niña en Colombia en el año 2010, el Instituto de Hidrológica, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), establece que:

De acuerdo a los análisis, ante un evento típico de La Niña, los efectos climáticos empiezan a sentirse desde mediados de año con un incremento de las lluvias en las regiones Caribe y Andina y sus mayores impactos se esperan en la segunda temporada lluviosa de 2010 y primera temporada de lluvias de 2011, manifestándose en un aumento significativo de los niveles de los ríos y con ellos la probabilidad de inundaciones lentas, crecientes súbitas en las zonas de alta pendiente y aumento en la probabilidad de deslizamientos de tierra⁵⁸

6.4.3 Precipitación máxima en 24 horas. De acuerdo al gráfico 3, el cual evalúa el comportamiento de la precipitación máxima en 24 horas para las estaciones San Bernardo y Aponte, se concluye que el mayor valor de precipitación en un día se presenta en la estación Aponte donde la lluvia diurna se encuentra en el rango de 55 milímetros por día, ocurrida en el mes de febrero concluyéndose que las mayores precipitaciones para esta estación no necesariamente coinciden con el periodo más marcado de lluvias, en tanto que la menor precipitación ocurrida en 24 horas para la misma estación es de 8 milímetros, precisamente en el mes de agosto coincidente con la temporada más marcada de verano. En comparación con la estación San Bernardo, se concluye que la mayor precipitación diurna se encuentra en 53 milímetros, que coincidencialmente ocurre en pleno auge de la

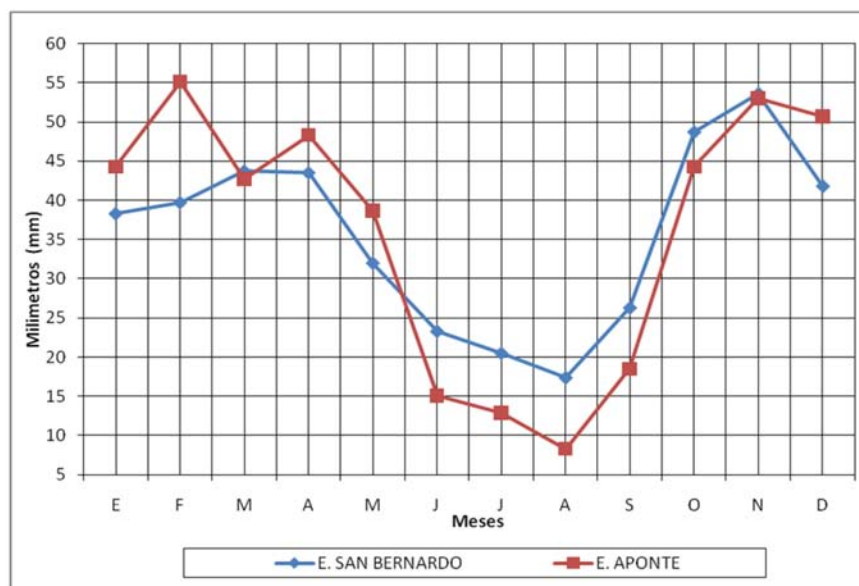
⁵⁷ INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM, boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de el Niño, Op. cit., p.1.

⁵⁸ INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM, boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de La Niña, Op. cit., p.1.

temporada lluviosa, precisamente en el mes de noviembre. En tanto que la menor lluvia registrada en 24 horas no supera el valor de 17 milímetros.

En base al comportamiento de la precipitación en 24 horas tanto para la estación Aponte como para la estación San Bernardo, es evidente que la mayor lluvia diurna fue registrada en la estación Aponte. Ello no implica que dicha estación sea la de mayor régimen de lluvias para la serie climática evaluada y así quedo demostrado en el análisis mensual, donde se indica que la estación San Bernardo recibe mayor aporte de precipitación, sin importar que en ella se haya registrado la menor precipitación máxima en 24 horas. Esto indica que para la estación San Bernardo aun cuando las lluvias no son máximas en 24 horas, se puede inferir que durante todo el año ella, posee mayor número de días con lluvia a diferencia de la estación Aponte.

Gráfico 3. Valores máximos mensuales de Precipitación (mm) en 24 horas, Estaciones San Bernardo y Aponte



Fuente: Datos IDEAM, 2010. Este estudio

7. DEFINICIÓN DE LA COBERTURA Y USO DEL SUELO EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLÓN, (N)

La cobertura referida a la que se encuentra distribuida en un espacio geográfico, surgida a partir de ambientes naturales o como consecuencia de la intervención antrópica la cual da lugar a la formación de ambientes artificiales, en ambos sentidos su distribución ocupa una porción determinada del espacio geográfico, que es aprovechable en términos de satisfacción de necesidades humanas, lo que se conoce como uso del suelo.

En algunos casos el uso inadecuado del suelo se ve reflejado en la aparición de serios problemas ambientales, que desencadenan en la generación de amenazas, entre ellas las referidas al surgimiento de fenómenos de remoción en masa relacionados con la degradación del suelo como consecuencia de los cambios de cobertura y vocación inapropiada del uso de la tierra. Por lo tanto el conocer la cobertura y usos del suelo se define como el mecanismo más eficiente para establecer el ordenamiento de una región.

La definición y el análisis de las coberturas y usos del suelo en el área de estudio, se definieron en base a la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, clasificación a partir de la cual, se elaboró el Mapa de uso y cobertura del suelo para el Corregimiento Las Mesas (mapa 7).

Según el Sistema Nacional de Parques Naturales de Colombia La Metodología Corine Land Cover “es un procedimiento para levantamiento e inventario homogéneo de la ocupación del suelo con características técnicas específicas y que tiene como objetivo fundamental la captura de datos de tipo numérico y geográfico para la creación de una base de datos, sobre la cobertura y uso del territorio”⁵⁹.

Adoptada dicha metodología para este estudio, se aclara que las formas de uso de la tierra que se definen, caracterizan y describen en el presente trabajo se relacionan directamente con las coberturas identificadas, definiéndose cuatro grupos que se asocian con el uso y coberturas generales estas son:

Territorios artificializados, territorios agrícolas, bosques y áreas semi - naturales y superficies de agua, cada uno de ellos agrupa varias unidades de cobertura que constituyen cada categoría.

⁵⁹ MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Instructivo para el levantamiento y actualización de coberturas de la tierra en las áreas de parques nacionales. Bogotá. 2008. p. 6.

7.1 TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS

El territorio artificializado comprende la superficie ocupada por ciudades, poblaciones y áreas periféricas que están siendo incorporadas al proceso de urbanización o de cambio de uso del suelo, para ser destinadas a fines comerciales y de servicios esencialmente forman parte las siguientes unidades de cobertura.

7.1.1 Tejido urbano discontinuo. Identificado como el espacio conformado por infraestructura construida que cubre artificialmente la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua debido a que el resto del área se encuentra cubierto por vegetación.

En el área de estudio, se destaca la superficie ocupada por infraestructura, servicios públicos y equipamientos básicos esencialmente viviendas unifamiliares, vías adoquinadas menores a 50 metros de diámetro, acueducto alcantarillado, energía eléctrica, áreas deportivas y educativas, relacionadas con actividades de transporte terciario local, habitar y oferta de bienes y servicios primarios (comercio, saneamiento básico, salud y educación).

La superficie de la unidad representa una extensión de 13,14 hectáreas, definidas de acuerdo con la densidad de viviendas y el establecimiento de servicios públicos básicos, esta zona se encuentra concentrada en el centro poblado Las Mesas, cuya definición del entorno cartográfico se estableció según el límite perimetral urbano y vial entre el centro poblado Las Mesas y las veredas San Rafael y El Plan.

El Corregimiento de Las Mesas se considera como eminentemente rural, puesto que no se identificaron mas unidades relacionadas con territorio artificializados, aun cuando se aclara la existencia de áreas urbanizadas dispersas cercanas a dicho entorno que en el futuro seguramente formaran parte del área urbana, se trata de las veredas El Plan y San Rafael que aun por constituirse en la periferia, su escasa densidad de infraestructura y servicios públicos y la baja concentración poblacional no permiten que estos espacios se consideren como parte del área urbana.

En la figura 31, se ilustra la zona urbana, pertenecientes al centro poblado Las Mesas, donde se identifica, el tejido urbano discontinuo ya que el patrón de asentamiento y la infraestructura existente muestran una área urbana dispersa, cubierta en algunos sectores por presencia de vegetación arbórea.

Figura 31. Panorámica del centro poblado Las Mesas



Fuente: Este estudio

7.2 TERRITORIOS AGRÍCOLAS

El territorio agrícola Definido como el espacio geográfico ocupado que se ha destinado para la producción de alimentos y materias primas. Dentro de este grupo se establece la unidad de cobertura cultivos permanentes.

7.2.1 Cultivos permanentes. Cobertura referida a aquellos cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año, obteniéndose varias cosechas sin necesidad de volver a plantar. Para el área de estudio esta unidad se encuentra localizada hacia el extremo occidental del corregimiento, cubriendo una extensión de 572 hectáreas, las cuales se distribuyen en las veredas Los Yungas, Doña Juana extendiéndose hasta la zona de las veredas San Rafael, Porvenir y Puerto Nuevo específicamente rodeando el área correspondiente al sector de la cuenca baja de los ríos Chorrillo, Resina y quebrada El Guadual.

La unidad de cultivos permanentes se encuentra altitudinalmente entre 1600 a 2000 m.s.n.m. Se caracteriza por presentar pendientes medias a altas entre 30 y 50%, definiéndose laderas muy escarpadas, creando un ambiente propicio para el establecimiento de actividades de agricultura de ladera. Este sector aporta un gran porcentaje a la producción local, puesto que se establecen gran variedad de cultivos como caña panelera (*Saccharum officinarum*), Café (*Coffea sp*), Plátano, (*Musa paradisiaca*) y banano (*Musa sapientum*), los cuales abastecen el mercado local y en menor porción algunos mercados regionales.

En la figura 32, es posible apreciar la unidad de cultivos permanente, donde se puede observar una plantación de café en asocio con cultivos de caña panelera y plátano, ocupando la zona de laderas fuertemente escarpadas.

Figura 32. Cobertura de cultivos permanentes, vereda Los Yungas



Fuente: Este estudio

7.2.2 Pastos arbolados. Cobertura correspondiente a pastos que comprenden las tierras cubiertas con hierba densa, dominada principalmente por gramíneas, tierras que esencialmente son dedicadas a pastoreo permanente por un periodo de dos o más años.

Hacia el área nororiental del área de estudio se destaca las superficies ocupadas por cobertura de pastos arbolados, donde se estructuran potreros con presencia de árboles, distribuidos en forma dispersa dedicados principalmente a pastoreo extensivo de ganado lechero, la unidad cubre una extensión de 1.941 hectáreas, las cuales se distribuyen entre las veredas San Francisco, La Florida, El Carmelo y en menor proporción hacia la zona oriental de las veredas María Inmaculada y Valmaría. La cobertura de pastos arbolados, se encuentra altitudinalmente entre 2250 y 3000 m.s.n.m. Se caracteriza por poseer pendientes bajas a muy bajas entre 0 y menos del 30%, definiendo zonas planas geomorfológicamente pertenecientes a formaciones de terrazas y flujos piroclásticos. Se indica como la principal pastura tradicional la constituye el pasto Kikuyo (*Penisetum clandestinum*), aunque en el momento se ha dado paso a la siembra de forrajes y pastos de corte entre ellos Malalfalfa y botón de oro, los cuales no se constituyen de gran relevancia puesto que su extensión es dispersa en forma de parcelas que no superan la hectárea de cultivo. Mezclados entre las pasturas se encuentran especies de árboles nativos entre ellos motilón, Mayo y Laurel de cera, que quedan como vestigio de lo que antes muy seguramente fue una cobertura de árboles homogénea que se ha fragmentado para dar paso al establecimiento de zonas de pastoreo, de igual forma se observan vegetación foránea entre ellas árboles de Eucalipto, Acacia, Pino y Ciprés que en la mayoría de casos son

empleados como sombrío para el ganado y en otros se han dejado como setos vivos en el linderamiento de las parcelas.

En la figura 33, se relaciona la unidad perteneciente a la cobertura de pastos arbolados, esta unidad de clima frío se encuentra destinada actualmente a la ganadería extensiva.

Figura 33. Cobertura de pastos arbolados, veredas El Carmelo y La Florida



Fuente: Este estudio

7.2.3 Mosaico de pastos y cultivos. Dentro del territorio ocupado, sobresalen las áreas agrícolas heterogéneas, cuyo patrón de cobertura se refiere a aquellas unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hacen difícil su separación en coberturas individuales. En la zona de estudio, fue posible evidenciar dicha unidad ocupando una extensión de 4.230 hectáreas e incluye el suelo ocupado por la presencia de cultivos cuya producción es anual de tipo transitorio, la unidad se localiza al sur del corregimiento, en jurisdicción del centro poblado Las Mesas y las veredas El Plan, San Rafael, Porvenir, Puerto nuevo, El Cedro, Gavilla alta, Puerto Esperanza, Gavilla baja, Providencia, Valmaría, María Inmaculada y El Silencio.

La unidad de mosaico de pastos y cultivos, se caracteriza por encontrarse altitudinalmente entre los 2200 a 2400 m.s.n.m. Con una topografía dominada por relieve de pendientes medias a altas entre 30 y 50%, geomorfológicamente perteneciente a laderas moderadamente escarpadas, estas tierras son ocupadas por cultivos de subsistencia dedicados a agricultura migratoria anual de tipo transitorio, principalmente producción de hortalizas (acelga, repollo), tubérculos (papa, ullucos), cereales (maíz) y leguminosas (arveja, fríjol), así como a prácticas

agropecuarias, predominando la presencia de potreros dedicados al pastoreo extensivo de ganado lechero.

En la unidad Mosaico de Pastos y Cultivos, el suelo se encuentra muy deteriorado, como consecuencia de los conflictos de uso, escasa profundidad de los mismos y la pendiente del terreno, acompañado de la fuerte deforestación, mediante la utilización de técnicas inapropiadas de cultivo como el desmonte y quemado de la cobertura vegetal, sin ninguna práctica de conservación, lo que ha provocado el desarrollo de procesos erosivos por acción de lluvias torrenciales, que transportan el material desde las partes altas erosionando aun mas los suelos.

En la figura 34, se indica la cobertura mosaico de pastos y cultivos, en la imagen se aprecia un cultivo de arveja en asocio con maíz el cual se encuentra rodeado de áreas de pastos para el ganado. Es de indicar que también se observa una zona de rastrojo en descanso que estuvo ocupada por algún tipo de cultivo y que seguramente serán nuevamente cultivada.

Figura 34. Cobertura de pastos y cultivos sobre unidad de terrazas, vereda Valmaría



Fuente: Este estudio

7.2 BOSQUES Y ÁREAS SEMI – NATURALES

La unidad de bosques y áreas semi-naturales, es definida mediante la identificación de varios tipos de coberturas vegetales, en las cuales el factor o elemento predominante que las caracteriza lo constituye la vegetación de tipo boscoso arbustivo o herbáceo, con o sin ningún tipo de intervención. Así mismo en esta unidad se incluye las coberturas representativas de territorios constituidos por suelos desnudos, afloramientos rocosos y arenosos, cuyo origen surge como resultado de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos.

Para el área de estudio la cobertura predominante dentro de la mencionada unidad es el bosque, comprendido como el área natural o semi-natural donde predominan elementos arbóreos, siendo posible identificar coberturas de bosque natural denso alto de tierra firme, áreas con vegetación de páramo y bosque ripario las cuales se describen a continuación.

7.3.1 Bosque natural denso alto de tierra firme. Esta unidad, se encuentra constituido por una comunidad vegetal dominada típicamente por elementos arbóreos, que no ha sido intervenida o su intervención ha sido escasa por lo cual no se ha alterado su conformación original.

El bosque natural denso alto de tierra firme es la cobertura más extensa y representativa de todas las identificadas, con una superficie de 3.057 hectáreas, localizado hacia el oriente del corregimiento, comprendiendo el área del volcán Doña Juana y el páramo el Machete de Doña Juana, distribuida territorialmente entre las veredas La Florida, María Inmaculada, Valmaría y El Silencio.

La cobertura se encuentra altitudinalmente desde la cota de 2900 hasta el límite altitudinal de los 3600 m.s.n.m. Su ubicación se hace más representativa sobre las laderas del edificio volcánico Doña Juana y el cerro El Montoso, en la unidad predominan las pendientes altas a muy altas entre 50 y 100%, lo cual ha favorecido la conservación de la cobertura vegetal natural, actualmente la zona es considerada de gran importancia ecológica con objetivos de conservación natural y paisajística.

En la unidad de bosque predomina la vegetación de selva alto andina o bosque de niebla, se identifica coberturas bien conservadas de especies arbóreas de fustes medianos a gruesos estratos de árboles y arbustos entre 5 a 10 metros.

En el sector de la veredas El Silencio, La Florida y La laguna del Silencio, se destaca que a pesar que la vegetación en algunos sectores muestra intervención puesto que en los últimos años la presión sobre este ecosistema se aumento notoriamente debido a la expansión de la frontera agrícola ello en consecuencia del auge de plantaciones de uso no lícito, específicamente el cultivo de amapola, se evidencia que crecen de forma vigorosa y natural especies como motilón silvestre, encino, mano de oso, arrayán y helechos.

Aun cuando en la actualidad el área se encuentra protegida por el Sistema Nacional de Parques Naturales, se indica que en el área de la laguna del Silencio y el flanco norte del volcán Doña Juana, hay indicios de que podría ocurrir el fenómeno denominado como paramización, originado como consecuencia de la presión antrópica que existe actualmente sobre el bosque alto andino, lo que provocaría un cambio y un desequilibrio de la cobertura dando lugar al denominado páramo antrópico.

En la figura 35, se evidencia las coberturas de bosque natural, donde la vegetación ha alcanzado su clímax máximo o madurez. Se aprecian arboles de fustes medianos y algunos arbustos, la presencia de niebla indica alta concentración de humedad con periodos constante de lloviznas, típicos del bosque húmedo montano.

Figura 35. Unidad de bosque alto de tierra firme, vereda el Silencio



Fuente: Este estudio

7.3.2 Vegetación de páramo. Fue posible identificar una unidad denominada vegetación de páramo, ubicada en la parte alta y escarpada perteneciente a la cordillera oriental, lugar donde se ubica geográficamente el volcán Doña Juana, la franja paramuna comienza a ser notable donde finaliza la zona bosque natural denso, a partir del rango altitudinal de 3600 m.s.n.m.

La unidad dominada por vegetación de páramo también se identificó, en el área circundante a la laguna del Silencio y en la zona conocida como el Machete de Doña Juana, encontrándose especies florísticas propias del ecosistema de páramo como lo son los de frailejones, líquenes, arbustos y plantas arrochetadas. En esta área la vegetación se mantiene casi intacta y bien conformada, se resalta que a medida que se hace hacia la cima del volcán Doña Juana, la vegetación se torna más escasa donde se observa que dominan especies vegetativas como pajonales, musgos, hiervas y cojines de plantas rastreras de textura áspera que cubren algunos sectores formando capas gruesas contra el suelo.

La importancia de esta zona de páramo en el área de estudio, radica en el endemismo de flora y fauna, nicho y corredor ecológico además de su riqueza hídrica ya que de ahí nacen los principales ríos y quebradas que surten de agua a la población del corregimiento de Las Mesas y municipios de la zona norte del Departamento de Nariño, derivándose la importancia de conservarlo como un ecosistema estratégico por su función como productor, regulador y almacenador de agua. En la figura 36, se observa la vegetación típica de la cobertura de páramo, entre ellas frailejonales, pajonales y plantas arroquetadas, que crecen sobre las laderas del volcán Doña Juana.

Figura 36. Vegetación de páramo, zona nororiental del volcán Doña Juana



Fuente: este estudio

7.3.3 Bosques ripario. Para el área de estudio se identificó la unidad de bosque ripario, referido a la cobertura conformada por especies arbóreas, ocupando las márgenes de los principales cursos de agua. Esta unidad se ubica al norte del área de estudio, bordeando los flancos izquierdos y derechos de las quebradas, Peñas blancas, Estanquillo, Carmelo y Florida. En ellas la vegetación bordea los drenajes naturales, configurando franjas de bosque ripario, estas franjas actualmente ocupan una extensión de 374 hectáreas, espacios que se encuentran como vestigio de la existencia de grandes masas de vegetación, que ahora se encuentran separadas por la presencia de pastos como resultado del acelerado proceso de deforestación, principalmente por la creación de zonas de pastoreo e instauración de cultivos, la especie arbórea que predomina en esta unidad son robles, encino, laurel de cera y motilón silvestre.

Por las características del entorno geográfico donde se encuentra y el acelerado proceso de crecimiento agropecuario reflejado en la constante deforestación, observándose actualmente evidencias de parches de desmonte de la cobertura

natural al interior de esta unidad, por ello se prevé que en unos años el bosque ripario actual tiende a ser reducido a una franja insignificante o lo que es peor a desaparecer por completo si no se toman las medidas necesarias que permitan su protección. Se indica que en el sector de la ribera del río Resina y Chorrillo, no fue posible identificar la unidad de bosque ripario ya la vegetación se encuentra muy intervenida casi al límite de la extinción, indicando pequeños relictos de cobertura que no se consideraron puesto que su área es demasiado reducida para ser cartografiada. En la figura 37, es posible evidenciar la unidad de bosque ripario, en el área de la quebrada El Carmelo, se observa como la zona de pastos ha terminado por fragmentar la cobertura natural reduciéndola a una franja muy limitada.

Figura 37. Cobertura de bosque ripario, micro cuenca El Carmelo



Fuente. Este estudio

7.3.4 Zonas arenosas y afloramiento rocosos naturales. Formando parte de la unidad de bosques y áreas semi-naturales, se encuentra el área abierta sin o con poca vegetación donde se clasifica, la cobertura identificada como zonas arenosas y afloramientos rocosos naturales, la cual corresponde a la superficie desprovista de vegetación o con escasa cobertura vegetal.

Dicha cobertura se logro identificar en la cima del volcán Doña Juana superando la cota de 4.000 m.s.n.m. cubre una superficie de 68 hectáreas, donde la cobertura vegetal es muy escasa, debido a las condiciones climáticas y las características adversas de los suelos como consecuencia de la constante actividad volcánica a través del tiempo generada por sucesivos periodos de erupción del volcán Doña Juana, por lo tanto no existe formación de suelos orgánicos que puedan soportar el desarrollo de especies vegetales de raíces profundas.

La zona identificada corresponde a la parte del cráter volcánico, donde predomina la existencia de afloramientos de rocas ígneas, presencia de arena y bloques monolíticos de origen volcánico que en algunos sectores se imponen como grandes moles de hasta 10 metros de altura, por lo tanto las condiciones adversas no permiten el desarrollo de especies vegetales aunque se aclara que es posible encontrar en algunos lugares especies de musgos de color amarillento a ocre que se han adaptado venciendo las condiciones adversas del clima y el déficit de nutrientes para crecer entre las rocas .

En la figuras 38, se establece una zona cubierta por rocas y áreas arenosas localizadas en la cima del volcán Doña Juana. En la imagen es evidente la presencia de cantos de rocas ígneas fragmentados en bloques de orden centimétrico a métrico, así mismo se observa en algunos sectores como las roca son cubiertas por delgadas capas de musgos que aprovechan el escaso manto de suelo que se ha formado sobre ellas.

Figura 38. Afloramiento rocoso natural, cima del volcán Doña Juana



Fuente: Este estudio

7.4 SUPERFICIES DE AGUA

El hablar de superficies de agua se refiere a todas aquellas fuentes hídricas, que pueden encontrarse de forma permanente, intermitente o estacional. En todo caso esta unidad agrupa la categoría de aguas continentales referida a todos los cuerpos y causes de agua situados en el interior del continente.

Dentro de esta cobertura para el área de estudio se encontró entre los cuerpos de agua susceptibles de ser cartografiado a las zonas ocupadas por lagunas cuyas características se identifican a continuación.

7.4.1 Lagunas. Se considera a toda superficie natural de agua dulce conectada con un río o quebrada. Esta unidad fue posible identificarla en el área de estudio, en la zona de alta montaña en el sector de la vereda El Silencio, la cobertura ocupa una extensión de 4,9 hectáreas, la laguna se considera de gran relevancia paisajística y ecosistémica ya que su ubicación en área de subpáramo la cataloga como determinante en el proceso de regulación hídrica.

Según los pobladores de la zona se observa cómo cada día el área de este espejo de agua se reduce, actualmente según se evidencia existe un acelerado proceso de sedimentación del cuerpo de agua, que demuestra como en algunos sectores la laguna ha perdido profundidad, así mismo hay varios indicadores del proceso de colmatación entre ellos la aparición de pequeños islotes al interior del cuerpo lagunar y actualmente el crecimiento de plantas acuáticas indicadoras del proceso de colmatación.

En la figura 39, se observa la unidad de superficies de agua, la cantidad de agua se encuentra limitada por los periodos estacionales de verano e invierno, aunque es notable que su área ha reducido notoriamente ello se refleja en la cantidad de sedimentos que se encuentran en su lecho, el lugar se ubica hacia el nororiente del área de estudio, en inmediaciones del edificio volcánico Doña Juana.

Figura 39. Laguna El Silencio



Fuente: Este estudio

8. CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLON, (N)

Actualmente en el área de estudio no existe registro histórico sobre algún fenómeno de remoción en masa en particular, puesto que en el municipio del Tablón de Gómez no funciona un comité local de prevención de desastres que facilite contar con información tangible y confiable sobre movimientos en masa históricos, sin embargo por relatos de la comunidad, se logró establecer que hacia el año 1985 ocurrieron una serie de movimientos de remoción en masa, en la cuenca de la quebrada El Humadal, eventos que terminaron por destruir una vivienda causando la muerte de cinco integrantes de la familia Madriñan Rosero, el material del deslizamiento se encontraba conformado por capas de arcilla con escaso contenido de humedad, que se apilaron en un diámetro aproximado de 20 metros, sepultando totalmente la vivienda. Este evento sucedió coincidentalmente la misma noche que Colombia afrontaba la tragedia de la erupción de volcán nevado del Ruiz, la cual sepultó la población de Armero en el Tolima. Se recuerda como en ese entonces desde algunos sectores de del corregimiento de Las Mesas, se escucharon una serie de “bramidos” al parecer provenientes del volcán Doña Juana, razón que probablemente pudiera ser la causa de la ocurrencia de dicho deslizamiento, como consecuencia de algún evento sísmico muy superficial⁶⁰.

En el proceso de identificación de los fenómenos de remoción en masa, se determinó el incremento de procesos degradacionales debido esencialmente a factores y a actividades antrópicas, determinándose en el área de estudio la presencia de tres tipos básicos de fenómenos de remoción en masa: deslizamientos (traslacionales, rotacionales), flujos (de detritos, suelo o tierra) y caídas (roca). En la ortofoto establecida en el mapa 8, se identificó los fenómenos de remoción en masa inventariados, en la imagen se observa para los deslizamientos como estos muestran características entre ellas parches de color claro que los diferencia del resto de la superficie que los rodea, forma irregular alargada o semi oval dependiendo del tipo de deslizamiento patrones que permitieron su identificación y comprobación en campo. En concordancia con cada fenómeno identificado en las Figuras aéreas, se prosiguió a su contraste y clasificación en campo, incluyéndose nuevos fenómenos inventariados, mediante digitalización de puntos GPS. El procedimiento permitió el establecimiento del inventario final de fenómenos de remoción en masa para el área de estudio, este se establece en los mapas 9 y 10, distribución y localización de fenómenos de remoción en masa.

⁶⁰ ENTREVISTA con Gerardo Ortiz y María Eugenia Enríquez, habitantes de la vereda El Plan. Las Mesas, El Tablón (N), 7 de diciembre de 2010.

El clasificar y observar en campo cada fenómeno en masa inventariado permitió relacionar sus características principales entre ellas: localización, tipificación geomorfológica, descripción general, posibles factores detonantes, clasificación por tipo, actividad movimiento, tipo de material removido, características de humedad del material, elementos en riesgo, entre otros aspectos.

Del proceso de identificación de cada movimiento en masa inventariado se constituyeron y describieron los procesos de mayor relevancia en función de su representatividad como ejemplos tangibles de cada movimiento, los cuales fueron identificados principalmente alrededor de cuencas hidrográficas, carreteras y en laderas de pendientes abruptas.

A continuación se presentan los fenómenos de remoción en masa que por sus características se consideraron como ejemplos representativos claros de cada tipo de movimiento, sin que ello signifique que los demás movimientos en masa, presentes en el área, los cuales no se describen, carezcan de importancia.

8.1 DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos se constituyen en el más común de los fenómenos de remoción en masa presentes en el área de estudio. El inventario indica un total de 305 eventos cartografiados, de los cuales 298 hacen alusión a deslizamientos, representando una área afectada de 22 hectáreas, lo cual significa que el 97,7% de la zona se encuentra perturbada por alguno de los dos subtipos de deslizamientos estudiados, mientras que tan solo el 2,29% restante obedece al área alterada por flujos y caídas de roca.

Siguiendo con la identificación de los fenómenos de remoción en masa a continuación se establecen los principales movimientos identificados.

8.1.1 Deslizamientos traslacionales. Para el área de estudio se identifican y describen los siguientes deslizamientos traslacionales.

- Deslizamiento, quebrada EL Carmelo. Deslizamientos que se localizan al norte del corregimiento, afectando el flanco derecho de las quebradas El Carmelo. Se Trata de varios deslizamientos activos y reactivos, ocurridos sobre terrazas fuertemente disectadas, de pendientes altas a muy altas con ángulos de inclinación mayores o iguales a 50%. El tipo de material que aflora en dichos deslizamientos se constituye principalmente de suelos orgánicos y material poco consolidado compuesto por arenas volcánicas de color gris claro altamente meteorizados pertenecientes a la formación geológica flujos de Lodos y flujos piroclásticos.

El Deslizamiento fue identificado en el terreno sobre el flanco derecho de la quebrada El Carmelo, en las coordenadas geográficas -77°0'46,502"W, 1°29'9,975"N , altitudinalmente se ubica a 2300 m.s.n.m. Afecta una superficie de terreno de 1,6 hectáreas dentro de un perímetro de 601 metros.

Se observa en la cabeza del deslizamiento evidencias de desprendimientos menores recientes, desprovistos de cobertura vegetal, solamente cubierto por vegetación de rápido crecimiento (pequeños arbustos), constituido por capas de arena color gris poco consolidada con espesor mayor a 5 metros, sin presencia de formación de suelo orgánico nuevo sobre una superficie de ruptura expuesta, elemento que indica que se trata de un deslizamiento que por su fecha de ocurrencia a presentado periodos de inactividad pero actualmente se observa que se encuentra reactivo, el estado del material desplazado se considera como seco ya que no hay evidencias de humedad visible ello tal vez se deba puesto que el material se constituye de capas de arena muy permeables así mismo a la pendiente del movimiento que obliga a que la escorrentía superficial sea evacuada rápidamente.

La morfología del deslizamiento describe un escarpe principal totalmente vertical se evidencian pequeños movimientos recientes que se hacen visibles por su color más claro, se observan cárcavas y pequeñas grietas a lo largo del cuerpo del deslizamiento, se establece que la zona de la base del movimiento no presenta acumulación reciente de material, la densidad del mismo es baja y se nota que el material que cae desde el cuerpo del deslizamiento rápidamente es transportado por la corriente de la quebrada El Carmelo.

En la figura 40, se aprecia el deslizamiento trasnacional, en el cual se evidencia el inicio un proceso de revegetalización natural sobre el movimiento pero aun se observa en el cuerpo del movimiento columnas de material debilitado y agrietado el cual seguramente con la saturación ocasionada por las lluvias tendera a debilitarse y a fallar, la presencia de cárcavas profundas dan cuenta del acelerado proceso erosivo.

- Deslizamiento quebrada Estanquillo. El deslizamiento se encuentra hacia el norte del área de estudio, reconocido en el terreno en la vereda San Francisco, a la altura de La Quebrada Estanquillo, en las coordenadas geográficas 76°59'57,65"W, 1°29'57,295"N, a 2450 m.s.n.m. Movimiento que afecta una superficie de remoción de 0,47 hectáreas y un perímetro de 352 metros.

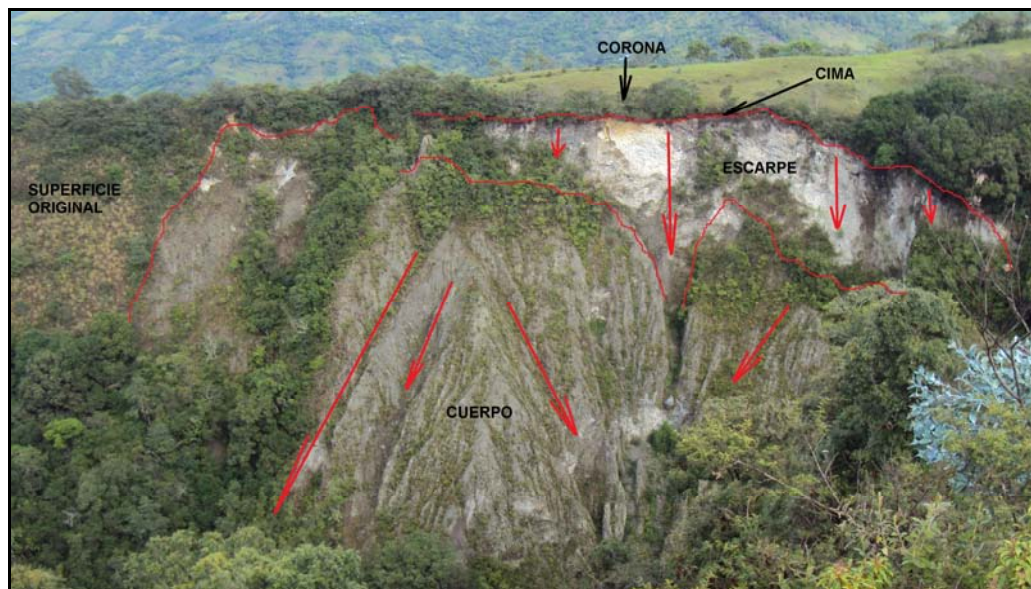
El movimiento se considera como un deslizamiento activo, su morfología muestra una superficie de movimiento muy somera, corona controlada y articulada en que planos de deslizamiento rectilíneos debido a la pendiente del terreno considerada como muy alta superior a 100%, su superficie se observa muy resbaladiza y lisa, aun cuando muestra curvaturas menores hacia la cicatriz de despegue, es evidente la presencia de cárcavas en su interior, que indican que la escorrentía

superficial trasporta parte del material removido y lo deposita en el fondo de la quebrada Estanquillo. Los materiales predominantes en el deslizamiento son depósitos de origen volcánico y volcanosedimentario que reposan formando un relieve caótico muy irregular, constituido por capas de arena de color gris y fragmentos de rocas de gran variedad de tamaños, desde bloques superiores a 25 cm, sub-redondeados a angulares de origen aluvial dada su cercanía con la quebrada Estanquillo, el material encontrado no muestra presencia de humedad definiéndose como seco debido a que el drenaje superficial es ausente en todo el movimiento.

El material inicial que formaban la superficie original, muestra un escarpe principal separado totalmente de la corona, en la cima es posible observar la presencia de gritas lo que evidencia que el movimiento continúa acentuándose y posibilitando el aporte de nuevo material removido.

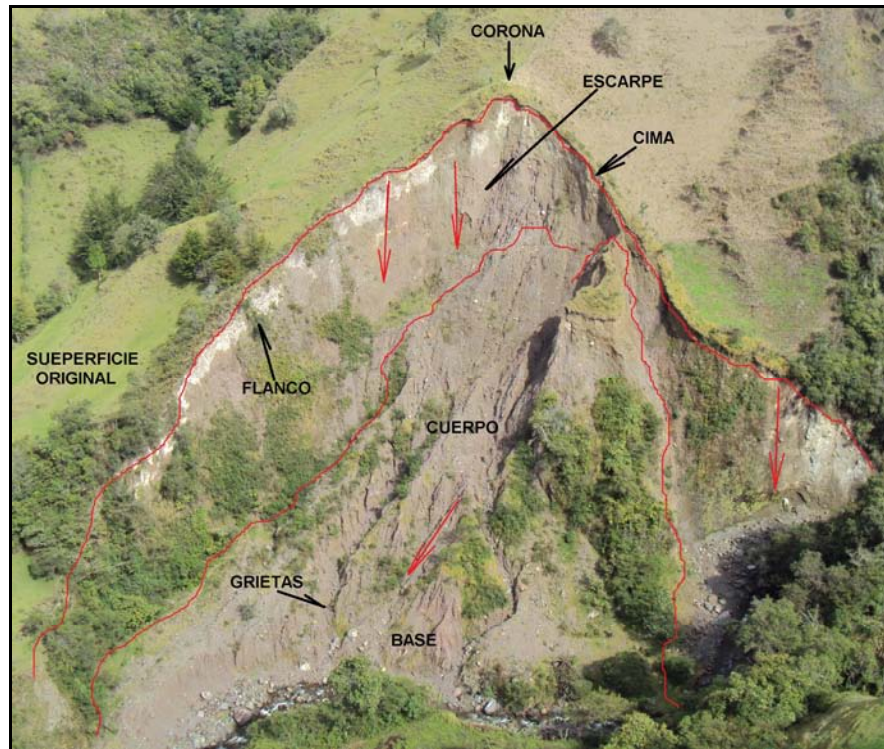
En la figura 41, se establece el deslizamiento traslacional en mención, se observa en el cuerpo del deslizamiento bloques de arena que muy seguramente al saturarse de agua y aumentar su peso se desplazarán de manera inminente. Sobre la base del deslizamiento es posible apreciar el cauce de la quebrada Estanquillo, la cual muy posiblemente también pudiese ser la acusante del socavamiento lateral del talud que al debilitarlo término por colapsar formando el movimiento en masa actual.

Figura 40. Deslizamiento traslacional, Localizado al norte del área de estudio, sobre el margen izquierdo de la quebrada El Carmelo



Fuente: Este estudio

Figura 41. Deslizamiento traslacional, quebrada Estanquillo, vereda San Francisco



Fuente: Este estudio

Los factores detonantes que pudieron causar la inestabilidad de la ladera y la consecuente remoción de material que dio origen a los dos deslizamientos mencionados, se encuentran relacionados con: la inclinación de la pendiente del terreno que para ambos casos supera el 50% (alta a muy alta), el material de los suelos por constituirse de flujos piroclásticos (arenas poco consolidadas y muy deleznales), la escasa vegetación en el área circundante a los deslizamientos evidencia cobertura de pastos que no poseen la capacidad suficiente de de control puesto que no cuentan con raíces fuertes a diferencia de la vegetación arbórea por lo tanto no actúan de manera eficaz en la retención de suelo, la presencia de lluvias intensas en el momento del deslizamiento y el poder de socavamiento lateral ocasionado por el agua de la quebrada Estanquillo y Carmelo, ejercen presión sobre la base del talud con consecuente desprendimiento del material debilitado.

En cuanto al grado de severidad o daño causado por la ocurrencia de los deslizamientos, la principal afectación se ha producido a lo largo de las quebradas Estaquillo y el Carmelo, que en un momento dado pueden ocasionar represamiento de los afluentes formando flujos de lodo que destruirían cultivos, caminos, puentes entre ellos en el que comunica a la población de Las Mesas con la vereda Doña Juana, localizado unos 15 km aguas abajo.

- Deslizamiento, cuenca quebrada el Humadal y cerro El Montoso. Se describe un conjunto de deslizamientos ubicados al nororiente de área de estudio sobre la quebrada El Humadal y el cerro denominado El Montoso perteneciente al Complejo Volcánico Doña Juana Cascabel.

Los deslizamientos, fueron identificados, en la vereda María Inmaculada a 3300 m.s.n.m. Sobre las laderas del cerro Montoso, localizado en las coordenadas geográficas 76°57'48,224"W 1°29'21,239"N, afectando un área de remoción de 1.73 hectáreas, en un perímetro de 702 metros, sobre suelos de origen volcánico pertenecientes a la formación geológica Lavas y Piroclastos.

La morfología del deslizamiento evidencia en la cima presencia de grietas longitudinales, que posibilitarían el desprendimiento de material que ha sido perturbado y que posiblemente se vuelva a desplazar a raíz de la incidencia de algún factor detonante (sismo o lluvias), el cuerpo del deslizamiento evidencia agrietamientos laterales, la superficie original del terreno evidencia vegetación arbórea alrededor del deslizamiento que aun cuando sus raíces son bastante profundas no es un elemento que asegure que el deslizamiento no incremente su área de remoción. El cuerpo del movimiento muestra pequeños encharcamientos de agua y suelo mojado como consecuencia de la presencia de afloramientos naturales de agua producto de la red de drenaje circundante, en la base del mismo se observan remanentes de material acumulado (suelo, restos de vegetación y rocas), ello a pesar que la gran mayoría del material removido fue transportado por la corriente de agua de la quebrada Humadal.

El fenómeno de remoción muy inestable y reciente, constituido por un deslizamiento traslacional activo, formado por depósito piroclástico en avanzado estado de meteorización, evidencia suelos arcillosos de color pardo, gris y blanco, ínter estratificados con derrames de lava, lo cual lo hace vulnerable a procesos de ruptura y agrietamiento. Atravesando el deslizamiento se encuentra el nacimiento de la quebrada el Humadal indicando un nivel freático muy superficial lo que evidencia que la mayoría del material depositado en la zona de acumulación fue transportado por la corriente significándose que en un momento dado este deslizamiento pudo ocasionar un flujo de lodo de pequeña escala, si posteriormente coincidió con él la presencia de lluvias que aumentaron el caudal de dicha quebrada otorgándole la fuerza suficiente para transportar la masa deslizada, convirtiendo el material removido en una mezcla de elementos sólidos y líquidos.

Haciendo alusión al origen del deslizamiento, el Instituto Colombiano de Geología y Minas INGEOMINAS⁶¹, a través del observatorio vulcanológico de Pasto,

⁶¹ INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGIA Y MINERIA INGEOMINAS. [En línea]. Informe de visita técnica a la zona de influencia del volcán Doña Juana, cerro Montoso corregimiento de Las Mesas, municipio el Tablón de Gómez departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2009.p.8.En: www.google.com. (consultado

institución que hace presencia en el área de estudio a través de la red de monitoreo del volcán Doña Juana, indica que en la zona durante los días 20 y 21 de mayo de 2009, la red de monitoreo sismológico del volcán Doña Juana, registro sismos relacionados con procesos de fracturamiento de material cortical, los cuales fueron reportados como sentidos, así mismo se indica la presencia de algunos deslizamientos coincidentes con los eventos sísmicos.

En función de evidenciar la causa probable del mismo, se contrastó la información de precipitación total mensual y anual en la estación San Bernardo, considerada como la más cercana al área de estudio, evidenciándose para el año 2009, un registro máximo de 2071 mm anuales y 160 mm mensuales de precipitación en el mes de mayo, rangos considerados como medios para la serie climática evaluada razonando que en episodios anteriores los niveles máximos han alcanzado cotas máximas de 2800 milímetros anuales y hasta 300 milímetros mensuales en sus periodo más críticos para la misma estación.

Por lo anterior se podría descartar que durante dicho periodo de tiempo la zona hubiese atravesado por periodos de lluvias fuertes, lo cual respalda la teoría que dicho proceso pudo generarse como consecuencia detonante de un movimiento sísmico del volcán Doña Juana.

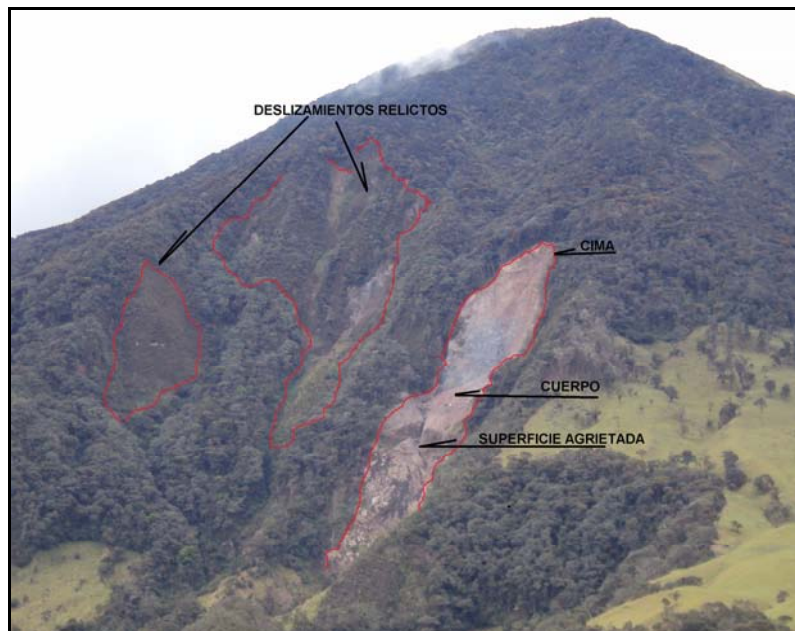
En el mismo sector del cerro el Montoso se evidencian cicatrices de varios paleo deslizamientos que aun cuando su estado de actividad se cataloga como relictos, es decir deslizamientos que ocurrieron hace varios años y actualmente se encuentran inactivos, estos presentan cobertura vegetal baja en etapa de sucesión (zonas de rastrojos), indicando una superficie estable, sin que por ello se descarte una posible reactivación con consecuente desplazamiento de material, su vestigio indica que el sector a través del tiempo ha estado sujeto a la formación de fenómenos de remoción en masa, se recuerda que el área de la cuenca del Humadal se produjo el deslizamiento ocurrido en el año de 1985 el cual causó la muerte de cinco personas.

En la cuenca del Humadal igualmente son evidentes varios deslizamientos menores distribuidos por toda el área, donde tal vez y al igual que en el deslizamiento ocurrido en el cerro Montoso, estos estén asociados con la actividad sísmica del volcán Doña Juana.

En la figura 42, es posible observar la panorámica del cerro el Montoso, donde se evidencia la zona de los deslizamientos relictos y actuales, se observan una morfología del movimiento alargada, controlada por una superficie llana, poco profunda, en el cuerpo del deslizamiento se evidencian algunos bloques de roca,

que posiblemente podrían mobilizarse en episodios posteriores con la intervención de algún factor detonante.

Figura 42. Deslizamiento traslacional, localizado en el cerro El Montoso, sector oriental de la vereda María Inmaculada



Fuente: Este estudio

- Deslizamientos, páramo de Doña Juana. Los deslizamientos se encuentran ubicados hacia el oriente del área de estudio, constituidos como una serie de movimientos traslacionales, identificados en la vereda El Silencio, en la zona correspondiente al páramo del volcán Doña Juana, en las coordenadas geográficas, 76°55'59,908"W, 1°28'6,065"N, a 3400 m.s.n.m.

Indican pendientes muy altas mayores a 100%, suelos poco consolidados pertenecientes a la formación geológica lavas y piroclásticos, los procesos describen una morfología alargada, afectando áreas de superficie menores a una hectárea y perímetro promedio de 200 metros.

Los deslizamientos encontrados, se constituyen en la mejor evidencia de que los fenómenos de remoción en masa se pueden producir en todo tipo de cobertura vegetal aun en las áreas cubiertas por bosque denso, donde predomina la vegetación de raíces fuertes y profundas.

En la figura 43, se establece el deslizamiento localizado en el páramo de Doña Juana. En ellos se observa el movimiento rectilíneo y alargado que se evidencia

como parches dentro de la cobertura vegetal, manteniéndose como cicatrices limpias desprovistas de cobertura vegetal.

Figura 43. Deslizamientos traslacionales, páramo de Doña Juana vereda el Silencio



Fuente: Este estudio

- Deslizamiento cuenca del río Resina. Deslizamiento traslacional activo, sucedido al sur oriente de área de estudio, en la vereda Providencia y en la zona correspondiente a la cuenca del río Resina, entre las coordenadas $76^{\circ}59'32,487''W$ $1^{\circ}27'46,868''N$, a 2800 m.s.n.m. Cuenta con una área de deslizamiento de 0.33 hectáreas y un perímetro de 300 metros.

El área afectada por el deslizamiento se encuentra en una zona geomorfológico correspondiente a terrazas fuertemente disectadas las cuales presentan escarpes de borde configurando zonas de muy alta pendiente mayores a 50%, elemento que facilita el desarrollo varios fenómenos de remoción en masa, sobre todo en el límite entre el escarpe y el talud, se resalta que el área circundante o zona original de los deslizamientos en toda la cuenca alta del río Resina se encuentra cubierta con una escasa cobertura vegetal lo cual hace que las condiciones sean favorables para la formación de dichos procesos.

El deslizamiento describe un morfología de cima despejada, cuerpo amplio y base ensanchada donde se evidencia presencia de poco material acumulado ya que la mayor parte del él, se precipito al cauce del rio Resina siendo trasportado por la corriente, se indica que el material deslizado se encuentra seco sin presencia de humedad, debido a las condiciones del material del suelo y a las características climáticas en la zona en el momento de la observación,

En la figura 44, se evidencia el deslizamiento traslacional descrito, en el se puede observar la cima del movimiento la cual presenta pequeñas grietas y bancos de suelo inestables que se encuentran en proceso de desplazamiento continuo. En la base del deslizamiento es posible observar la corriente del río Resina y al fondo coberturas de pastos y algunos relictos de vegetación los cuales hacen parte de la superficie original del deslizamiento.

Figura 44. Deslizamiento traslacional localizado hacia al sur oriente del área de estudio, Vereda Providencia



Fuente: Este estudio

Se describen en el mismo sector de la cuenca del río Resina, dos deslizamientos trasnacionales más, los cuales presentan características morfológicas similares al anterior. El primero ubicado en las coordenadas $77^{\circ}0'17,442''W$, $1^{\circ}28'4,736''N$ y el segundo $77^{\circ}0'36,095''W$, $1^{\circ}28'7,711''N$. Su morfología indica desprendimientos sucesivos muy superficiales, con destrucción de bordes del escarpe correspondiente a la unidad geomorfológica de terrazas.

Se evidencia en la base de los deslizamientos acumulación de material desprendido, que poco a poco ha sido arrastrado por las aguas del río Resina, aportando gran cantidad de sedimentos en el lecho, lo cual podría generar mayor peligro puesto que el cauce se disminuye notablemente lo que podría generar la acumulación de material que al detener el flujo constante de agua generaría taponamiento o represamiento y posterior flujo de escombros, piedras y lodo. La

interrupción del flujo normal de agua, ocurriría una vez se presente el fenómeno de socavación lateral, previo deposito y posterior arrastre de material denudado en forma de coladas de lodo y escombros, que haría altamente vulnerable a actividades agrícolas y la infraestructura de transporte local ubicados en su área adyacente. Entre las causas probables de estos deslizamientos se encuentran, la pendiente del terreno, la precipitación y la dinámica del río que tiene gran poder de arrastre y socavación lateral, asociado a las características inestables del material geológico.

En la figuras 45, se evidencia el primer deslizamiento traslacional afectando una unidad de terrazas fuertemente disectadas, en el se observa material desplazado arena y guijos de roja así como restos de vegetación. En la figura 46 se presenta el segundo deslizamiento traslacional afectando la zona de laderas moderadamente escarpadas localizado sobre la cuenca media del río Resina. Es evidente la presencia de escasa vegetación en el área adyacente al movimiento en ambos casos es posible apreciar gran aporte de sedimentos al lecho del río, la mayoría provenientes de el colapso de las paredes del talud izquierdo con consecuente remoción de material así mismo se evidencia como la corriente de agua desprende y acarrea el material colapsado.

Figura 45. Deslizamiento traslacional afectando una zona terrazas, vereda Gavilla alta

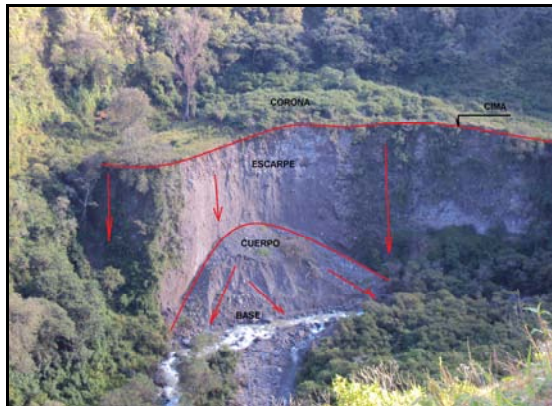


Figura 46. Deslizamiento traslacional, afectando una zona de laderas, vereda Gavilla alta



Fuente: Este estudio

- Deslizamientos traslacionales carretera Las Mesas - El Tablón. En el área de estudio, las actividades antrópicas reflejadas en la infraestructura de trasporte terciario, que por las características del terreno han formado taludes inestables generando coronas de deslizamiento a lo largo de la vía Las Mesas El Tablón. En el sector, predomina la existencia de deslizamientos activos que se encuentran en movimiento actualmente a lo largo de la vía debido al corte del

talud, cambios en el curso de los drenajes y destrucción de la vegetación nativa en las orillas de las quebradas. Elementos que han provocado la definición de múltiples deslizamientos activos a pequeña y mediana escala, evidenciados por coronas y cicatrices de movimiento en las laderas de las montañas favorecido por la presencia de erosión intensa reflejada en la aparición de surcos y cárcavas.

Aproximadamente a cinco kilómetros del centro poblado Las Mesas en la vía que conduce de dicho lugar a la cabecera municipal del Tablón, se observan dos deslizamientos traslacionales activos de gran relevancia, el primero ubicado en la vereda El Porvenir hacia el margen derecho de la carretera principal, entre las coordenadas geográficas 77°1'44,37"W, 1°27'15,441"N, a 2000 m.s.n.m. Superficie removida de 0.70 hectáreas afectando un perímetro aproximado de 400 metros.

La litología del lugar indica laderas con pendientes muy altas mayores a 50%, presencia de depósitos caóticos de suelo arcillo limoso mezclado con fragmentos de clastos rocas muy trituradas de tamaño milimétrico, dicho suelo de consistencia blanda presenta color amarillo a naranja, permeable y deleznable muy meteorizado, ligeramente fracturado, el material se exterioriza como húmedo es decir contiene algo de agua pero no posee agua corriente lo que ocasiona que en épocas de lluvias donde recibe aporte de escorrentía superficial, el agua se mezcle con el material removido ocasionando que la superficie desplazada se comporte como un sólido ligeramente plástico.

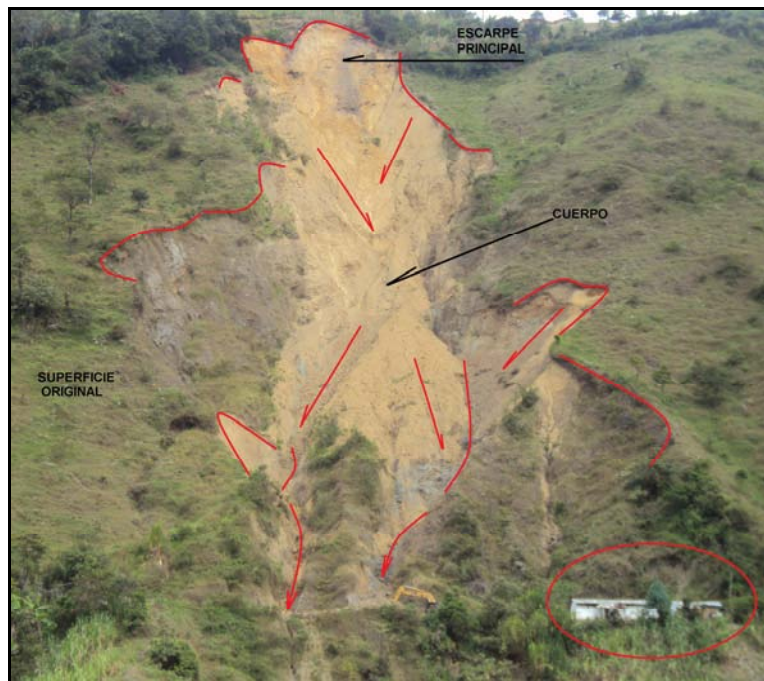
En la parte de la corona del deslizamiento se observa una cicatriz de despegue totalmente limpia donde el material vegetal ha sido removido y desplazado hacia la base del deslizamiento donde se observa evidencias de acumulación de material principalmente arcillas y clastos de rocas.

En el cuerpo del deslizamiento es notable la presencia de cárcavas muy profundas las cuales en época de lluvias se convierten en canales por donde el agua se desplaza arrancando y transportando material desde la corona del deslizamiento hasta la base del mismo generando la posibilidad de formación de pequeños flujos de material semi-plástico que finalmente terminan por depositarse en la carretera principal.

Es de anotar la importancia de este deslizamiento pues según algunos habitantes de la población de Las Mesas, en épocas pasadas y actualmente este movimiento causa periódicamente el taponamiento de la carretera. Se estima que la causa probable del movimiento se asocia con la pendiente y la presencia de lluvias prolongadas sumadas a la escasa cobertura vegetal y la inestabilidad por corte del talud generado por la construcción de la carretera y en menor proporción debido al estrés del suelo producto de vibraciones de vehículos de carga.

En la figura 47, se observa el deslizamiento traslacional descrito, en él se evidencia como varias viviendas se encuentran muy cercanas a la base del movimiento indicando amenaza inminente. Es evidente la actividad del movimiento y como la masa desplazada recibe aportes de material provenientes de pequeños deslizamientos que forman parte del principal, en el cuerpo del movimiento existe presencia de material debilitado deprendido totalmente de la superficie original a la espera de ser transportado.

Figura 47. Deslizamiento traslacional, carretera Las Mesas - El Tablón, vereda El Porvenir



Fuente: Este estudio

El segundo deslizamiento se ubica aproximadamente a unos 100 metros del anterior, en la misma vereda, localizado en las coordenadas geográficas $77^{\circ}1'50,253''W$, $1^{\circ}27'20,581''N$, cuenta con una superficie removida de 1.11 hectáreas y un perímetro de 500 metros. Corresponde a un deslizamiento traslacional activo, en el que se observa una superficie sin ninguna huella de cobertura vegetal. En el cuerpo del deslizamiento predomina litología de capas de arcilla de color amarillo, que cubren un manto de rocas con diámetros superiores a 50 centímetros, con alta densidad de fracturamiento. El material encontrado no indica evidencias de humedad por lo que se cataloga como seco.

La mayor amenaza que genera el deslizamiento se cierne sobre las viviendas aledañas, que como se puede apreciar sobre la base y la cima del mismo se

ubican varias de ellas en eminente riesgo, de igual manera la amenaza se incrementa sobre todo en los periodos lluviosos, donde se desprende el material pendiente abajo, obstruyendo el acceso vehicular hacia el centro poblado Las Mesas. El principal factor causante del deslizamiento se atribuye a la intervención antrópica generada por los campesinos del lugar quienes, extraen materiales para la construcción (rocas), socavando el pie del deslizamiento ocasionado que se desprendan grandes cantidades de material desde la parte alta, así como el corte ocasionado en el talud como consecuencia de la construcción de la carretera que se ubica en el pie del talud. En el sector se recomienda eliminar el proceso de extracción de rocas lo cual ocasiona el debilitamiento de la ladera.

En la figura 48, se observa el deslizamiento trasnacional, el cual afecta gran parte de la vía principal que conduce desde el centro poblado Las Mesas hacia la cabecera municipal del Tablón, en su zona de influencia se ubican alrededor de 6 viviendas habitadas y una en especial en eminente amenaza la cual se localiza en la cima del deslizamiento.

Figura 48. Deslizamiento traslacional, carretera principal Las Mesas - El Tablón, a la altura de la escuela rural de la vereda El Porvenir



Fuente: Este estudio

Fue posible registrar en el mismo sector de la vereda Porvenir, un tercer deslizamiento, localizado en las coordenadas geográficas $77^{\circ}1'37,155''W$, $1^{\circ}27'20,462''N$, a 2050 m.s.n.m. Cuenta con una superficie removida de 0.51 hectáreas y un perímetro de 300 metros, el movimiento se identifica como un

proceso traslacional activo, caracterizado por presentar una superficie de deslizamiento bien definida muy vertical favorecida por la pendiente del terreno que en este sector supera el 50%, la superficie removida indica la presencia de suelos muy meteorizados, principalmente compuestos por capas muy uniformes de arcilla de color naranja poco permeable, evidenciándose suelos húmedos evidentes por el alto contenido de humedad de las partículas, a pasar que no se encontró ninguna fuente de hídrica que aporte humedad, ello debido a la alta precipitación en la zona en los días alternos a la observación. La mayor amenaza en este sector se concentra sobre dos viviendas habitadas localizadas a pocos metros de la base del deslizamiento las cuales se encuentran en eminente riesgo,

En la figura 49, se evidencia el deslizamiento traslacional, se observa la presencia de dos viviendas habitadas, donde una de ellas se ubica a escasos 10 metros de distancia al pie de la base del mismo, la morfología del movimiento indica una superficie lisa y muy resbaladiza casi vertical, aun cuando en la cima del mismo se evidencia cobertura arbórea esta es demasiado escasa y no asegura mayor estabilidad por ello nuevos episodios de remoción son inminentes.

Figura 49. Deslizamiento traslacional, carretera hacia el centro poblado Las Mesas límite entre las veredas El porvenir y San Rafael



Fuente: Este estudio

- Deslizamiento sobre la carretera centro poblado Las Mesas - vereda Los Yungas. Deslizamiento activo ubicado al occidente del área de estudios, aproximadamente a 4 kilómetros del centro poblado Las Mesas, en las

coordenadas geográficas 77°2'23,432"W, 1°27'29,32"N, a 2000 m.s.n.m. Afectando una superficie total removida de 0.58 hectáreas en un perímetro de 340 metros.

El deslizamiento se muestra como un proceso superficial caracterizado por presentar planos de movimiento muy verticales, pendiente muy alta superior a 100%, evidenciando cicatriz de despegue totalmente descubierta sin ningún rastro de cobertura vegetal. En la parte de la corona del deslizamiento se observan grietas que lo definen como un movimiento muy inestable, la masa deslizante presenta material de suelos blandos poco consolidados principalmente arena de color gris claro, permeable, deleznable y muy meteorizada sin evidencias de humedad, junto a ella se encuentran cantos de rocas sub-redondeados de tamaño centimétrico depositados en una matriz desordenada, característicamente perteneciente a la formación geológica Complejo Quebrada Grande, la geomorfología del sector la conforma una unidad de cerro residual, así mismo se observa la incipiente cobertura vegetal en esta unidad.

En la figura 50, se puede apreciar el deslizamiento traslacional ubicado en la carretera hacia la vereda Los Yungas, donde es evidente que la causa principal del movimiento de terreno lo ocasiona el corte del talud para la construcción de la vía.

Figura 50. Deslizamiento traslacional, carretera hacia la vereda Los Yungas



Fuente: Este estudio

En el mismo sector y aproximadamente a un kilómetro del deslizamiento anterior sobre la misma carretera, se encuentra un movimiento que reúne las mismas características que el primero, este se localiza en las coordenadas geográficas 77°2'53,593"W, 1°27'28,249"N, a 1800 m.s.n.m. Cuenta con una superficie removida de 0.12 hectáreas, a diferencia del primero en esta zona la pendiente es menos abrupta entre 30 y 50%, así mismo el material del suelo que predomina evidencia capas de arena gris oscura, dispuesta en una matriz desordenada mezclada con arena de color amarillo, en menor proporción se nota la presencia suelo orgánico.

En el lugar del deslizamiento no se evidencia presencia de suelos humedecido ni corrientes de agua cercanas que pudieran saturar el material. Las causas que seguramente indujeron al desarrollo y evolución del deslizamiento se encuentran relacionadas con el corte realizado al talud para la construcción de la carretera, que desestabilizó la ladera ocasionando su falla. A la par con ello se suman otros factores como la pendiente de la ladera y la presencia de lluvias prolongadas en la región que predisponen el terreno a la formación de fenómenos de remoción en masa. Las consecuencias directas de los deslizamientos se relacionan con la obstrucción de la carretera durante los periodos de lluvia donde se produce el movimiento del material inestable. En la figura 51, se tiene la vista general del deslizamiento traslacional, donde se observa cultivos afectados por el desprendimiento continuo de suelo.

Figura 51. Deslizamiento traslacional sobre la carretera hacia la vereda Doña Juana



Fuente: Este estudio

8.1.2 Deslizamientos rotacionales. En el área de estudio se identificaron alrededor de 40 deslizamientos rotacionales, de los cuales ha continuación se describen los más relevantes.

- Deslizamiento Rotacional camino Las Mesas - La Gavilla. Movimiento en masa de tipo rotacional activo, se encuentra ubicado en la vereda La Gavilla alta, sobre el camino que la comunica con la localidad de Las Mesas, localizado en las coordenadas geográficas 77°0'30,754"W 1°27'56,142", a 2300 m.s.n.m, presenta una área de remoción de 0.41 hectáreas y un perímetro de 300 metros.

El cuerpo deslizado evidencia escarpes secundarios, terrazas y hundimientos con bordes puntiagudos, grietas sin relleno, masas secundarias sobre la cara de los escarpes, revelando una superficie de ruptura fresca y sin estrías con algunos agrietamientos verticales. En la zona de la corona del movimiento se observa presencia de varias grietas curvas y cóncavas hacia el deslizamiento, así mismo es posible evidenciar que en la zona del escarpe principal domina la pendiente alta entre 50 a 100%. Los materiales superficiales afectados por este movimiento de ladera de gran actividad y desarrollo avanzado están conformados por depósitos de piroclastos de flujo y caída observándose suelos con alto contenido de arcilla de color amarillo anaranjado, poco permeables, blandos, muy meteorizados y ligeramente humedecidos. La morfología final de este deslizamiento indica la presencia de varios escalones o gradas separadas por taludes casi verticales, así mismo en la parte superior o cabeza del movimiento, es evidente la presencia de vegetación inclinada la cual es transportada intacta sobre la superficie de uno de los varios escalones que se formaron.

En la figura 52, se aprecia la panorámica general deslizamiento, en donde se puede identificar las zonas morfológicas del deslizamiento: cima, cuerpo y base o área de acumulación así como la orientación y dirección que sigue el movimiento.

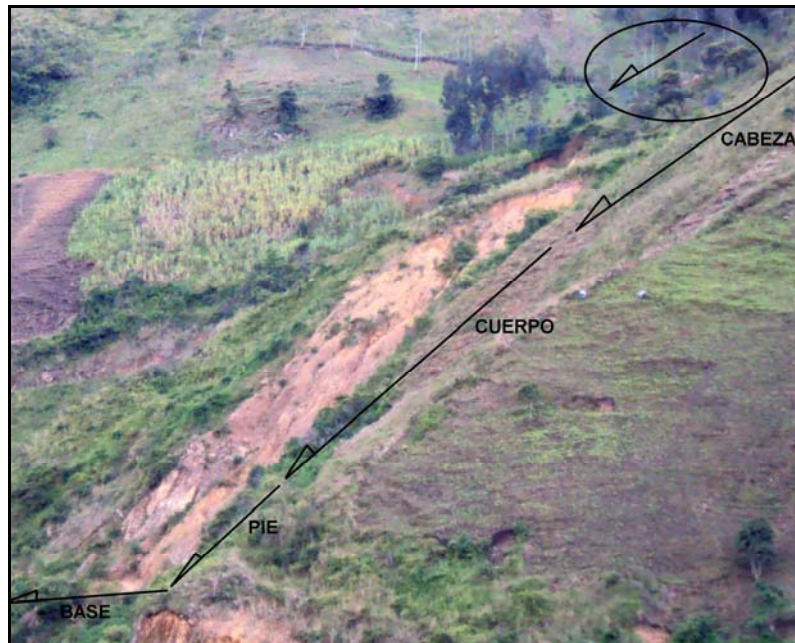
En el mismo sector, del camino hacia la vereda Gavilla alta, a aproximadamente a unos 200 metros distante del primer deslizamiento, se ubica otro proceso inestable del terreno constituido por un deslizamiento rotacional activo, compuesto por suelos arcillosos reconocido en el terreno en las coordenadas geográficas 77°0'29,386"W, 1°27'53,305"N, el cual afecta una área de 0.38 hectáreas. El material involucrado por el deslizamiento, se constituye de capas de arcilla muy fina y motorizada dispuesta en una matriz homogénea de varios metros de espesor, suelos geológicamente pertenecientes a la formación lavas y piroclastos.

La morfología del deslizamiento es irregular indicando desplazamientos progresivos. Movimientos que no se inician simultáneamente a lo largo de toda la superficie de falla, sino que se han venido generando mediante un proceso gradual de transporte de la superficie de manera lenta.

El deslizamiento se caracteriza por presentar una serie de agrietamientos concéntricos y cóncavos en la dirección del movimiento, así mismo se evidencia como en la cabeza del deslizamiento, se han desatado desplazamientos semi-verticales, comprobándose como la superficie original del terreno giro en dirección de la corona del movimiento. Es de notar como dentro del movimiento han ocurrido pequeños deslizamientos curvos formando zonas de desplazamiento rotacional independientes. Las causas principales del deslizamiento, se relacionan con el corte del talud para la instauración del camino, sobre la base de la ladera generando la inestabilidad del talud y provocando la falla o debilitamiento en superficie, adicional a ello el área presenta pendientes medias a altas, sobre suelos blandos poco consolidados muy meteorizado y altamente plásticos de perfil profundo de gran espesor que generan zonas de debilidad susceptibles de desplazamiento por saturación del material.

En la figura 53, se establece el deslizamiento rotacional donde es posible observar evidencias de agrietamientos concéntricos y cóncavos dirigidos en dirección al movimiento formado una línea de despegue transversal, la cual se va deformando y desplazando lentamente. En la imagen, las flechas horizontales indican la longitud de las grietas presentes en tanto que las flechas verticales indican el movimiento de las masas de tierra. En la figura 54, se presenta el perfil del deslizamiento donde se establecen los principales elementos morfológicos del movimiento, observado desde el lado norte del camino hacia la vereda La Gavilla.

Figura 52. Morfología del deslizamiento rotacional, vereda Gavilla alta



Fuente: Este estudio

Figura 53. Superficies de falla transversales sobre la cabeza del deslizamiento rotacional, vereda Gavilla alta



Figura 54. Perfil y partes del deslizamiento rotacional, vereda Gavilla alta



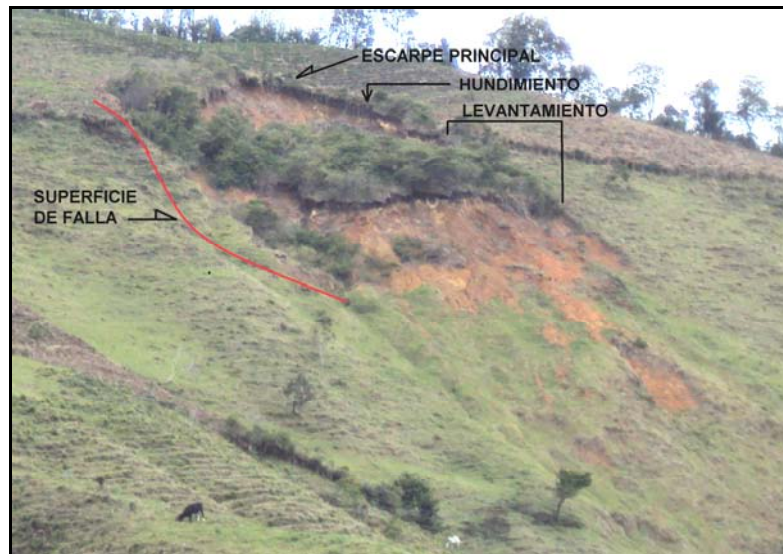
Fuente: Este estudio

- Deslizamientos rotacionales vereda El Cedro. En vereda El Cedro a unos 300 m del camino principal, se identificó un deslizamiento rotacional activo, en las coordenadas geográficas $77^{\circ}0'30,675''W$, $1^{\circ}27'27,469''N$, a 2500 m.s.n.m. El cual afecta un área de 0.28 hectáreas y un perímetro de 242 metros. Este es un movimiento típico de carácter rotacional activo, en el cual la masa se ha deslizado paralela al movimiento, evidenciándose en la zona de la corona como la superficie de rotura tiene una forma circular, relacionada con la presencia de suelos arcillosos blandos, en el escarpe principal se nota una zona de pendiente semi-vertical, en sus flancos derechos e izquierdos muestra evidencias de grietas diagonales, su base indica un levantamiento del terreno con presencia de árboles inclinados en varios ángulos, así mismo es posible evidenciar en el cuerpo del deslizamiento zonas encharcadas notándose un material de suelos blandos casi plásticos con alto contenido de humedad, tal vez asociado con la presencia de precipitaciones y la influencia de una corriente de aguas superficiales sobre el área cercana al deslizamiento, donde el agua se filtra por las áreas agrietadas, haciendo que el suelo de composición arcillosa se sature lo que ha originado un aumento del peso del material en sentido de la pendiente de la ladera provocando disminución en su resistencia, lo cual lo predispone al movimiento.

Se observa en el depósito de material texturas y coloraciones de los suelos arcillosos meteorizados y alterados, lo que indica que el depósito de material podría tomar fuerza con las lluvias y crear condiciones y formar un flujo terroso que amenazaría a la población situada ladera abajo, el avance del terreno es activo y levemente perceptible, en espera de magnificarse hacia futuras lluvias intensas y continuas.

En la Figura 55. Se observa el deslizamiento rotacional, donde se evidencia como el movimiento ha producido un área superior de hundimiento y otra inferior de deslizamiento.

Figura 55. Movimiento del material en un deslizamiento típico de rotación, vereda El Cedro



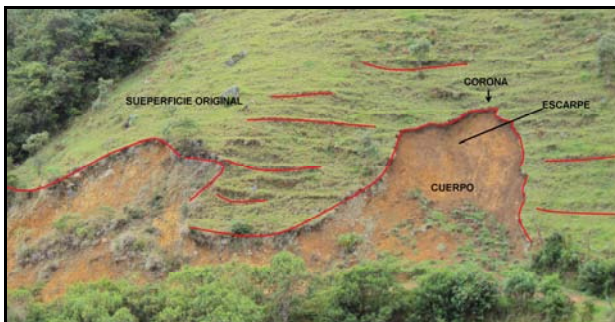
Fuente: Este estudio

Independientemente de los anteriores deslizamientos, se identificaron varios movimientos rotacionales, importantes, principalmente sobre la margen izquierda del camino principal que conecta a las veredas Gavilla alta y Gavilla baja, en este sector fue posible identificar al menos 6 deslizamientos que aun cuando su tamaño no es de gran relevancia (área removida menor a 0.26 hectáreas) se ha definido de manera general algunas de sus características.

Los deslizamientos rotacionales, se encuentran ubicados entre las coordenadas geográficas $77^{\circ}0'44,615''W$, $1^{\circ}27'18,23''N$, a 2400 m.s.n.m. Se trata de varios movimientos sucesivos a lo largo del camino principal, que describen morfológicamente una zona de despegue semi- circular, formando superficies semi-cóncavas en forma de cuchara, identificándose dentro del movimiento la presencia de pequeños deslizamientos curvos formando escarpes secundarios. El material que dio origen a estos deslizamientos se constituye de capas homogéneas de arcilla de color naranja a rojizo, en la mayoría de ellos se nota la presencia de flujos terrosos de superficie irregular situados en la base del deslizamiento a manera de fragmentos mediano, en los cuales es evidente la presencia de humedad producida por la lluvia que por escorrentía superficial se desplaza desde la zona más alta de las laderas saturando de agua el subsuelo.

En las figuras 56 y 57, se observan dos deslizamientos rotacionales, de escala media que evidenciando superficies semi-cóncavas en forma de cuchara, e invidencias de movimiento lento de material mediante la formación de terracetos, localizados sobre el camino principal hacia la vereda Gavilla baja.

Figura 56. Evidencias de formación de superficies cóncavas sobre el cuerpo de los deslizamientos, vereda Gavilla baja



Fuente: Este estudio

Figura 57. Formación de sucesivos movimientos de rotación sobre el camino hacia la vereda Gavilla baja



8.2 FLUJOS

Para el área de estudio este tipo de fenómenos de remoción en masa no es tan notorio como en el caso de los deslizamientos, pero fue posible evidenciar la presencia de un flujo de suelo o tierra y uno de detritos en la vereda Gavilla alta los cuales se describen a continuación.

8.2.1 Flujo de suelo o tierra. Se identificó un proceso constituido por un flujo de suelo o tierra, ocurrido sobre el camino principal aproximadamente a 1 km de distancia de la escuela rural de dicha vereda, el movimiento se compone de material de suelos blandos, poco permeables y moderadamente mojados, contienen suficiente agua para comportarse de forma casi fluida, es evidente la presencia de agua que salen del material y se encharca en varios lugares de la masa desplazada.

El movimiento fue reconocido en el terreno en las coordenadas geográficas 77°0'29,458"W, 1°27'38,773"N, a 2400 m.s.n.m. Afectando un área de 0,32 hectáreas y un perímetro aproximado de 448 metros. El flujo de suelo se asocia como consecuencia de la generación de un movimiento rotacional, que por combinación del material terreo principalmente arcilla y limos conjugado con la acción de la lluvia terminaron generando un flujo de material, el cual finaliza

depositando su contenido a lo largo de un pequeño canal intramontano en una zona de laderas moderadamente escarpadas, de pendiente mediana entre 30 y 50%. La vegetación en la cicatriz y el cuerpo del flujo contrasta con un uso del suelo destinado a pastos y cultivos, en tanto que se observa drenaje intermitente acumulado en la parte cóncava superior del flujo, desviado y bloqueado por el lóbulo frontal del movimiento, generando encharcamiento por exceso de agua.

Los mayores efectos que ejerció el flujo de suelo se generaron sobre la población local, ya que se sitúa en el camino principal de interconexión veredal, convirtiéndolo en paso obligado para la comunidad que se desplaza a diario entre los sectores de la Gavilla alta y Gavilla baja. Se indica como en el área de la corona del deslizamiento que dio origen a dicho flujo se ubica una vivienda la cual se encuentra en notorio peligro si persisten las lluvias y el material debilitado continua desplazándose ya que se encontraron evidencias de grietas transversales situadas en la zona de la cabeza del movimiento indicando que el proceso continua latente. El flujo de suelo se considera como un fenómeno de remoción en masa activo e inestable, que ocupa una zona de elevada deforestación que podría desplazarse nuevamente dependiendo de la intensidad de las lluvias.

En la figura 58, es posible apreciar una concavidad grande en la zona de origen del flujo. Así mismo en la figura 59, se observa la ruta que siguió el flujo de suelo, al tomar el canal de drenaje y como el material transportado llena el fondo de un pequeño valle en forma de U.

Figura 58. Zona de origen y cuerpo del flujo de suelo, vereda Gavilla alta

Figura 59. Canal de transporte y área de depósito del flujo de suelo, vereda Gavilla alta



Fuente: Este estudio

8.2.2 Flujo de Detritos. En el área de estudio se identificó un flujo de detritos en las coordenadas geográficas 76°59'34,425"W, 1°27'41,902"N, el cual cubre un área 1,32 hectáreas y un perímetro de 1036 metros. En el flujo es posible observar

una zona de alimentación que en este caso se encuentra compuesta por varios deslizamientos de tipo traslacional, de igual manera se identifica un canal compuesto por un macizo rocoso de paredes fracturadas, de donde se desprende material pétreo. En el canal por donde discurre el flujo se observan evidencias de corrientes de agua intermitentes de régimen temporal las cuales se infiere adquieren gran volumen y capacidad de arrastre en épocas de lluvias.

Los materiales que dominan el flujo se encuentran compuestos por fragmentos de rocas muy diaclazadas y meteorizadas de diferente tamaño y algunos restos de material vegetal. La morfología del flujo indica una onda larga de materiales sólidos que en temporada invernal corren de forma constante a través del canal principal, indicando que los movimientos inician a velocidades moderadas y aumentan a medida que descienden por la ladera.

Este flujo recorre aproximadamente una distancia de 200 metros, para depositar el material arrastrado a manera de abanico lobular en una zona plana de baja pendiente. La vegetación que bordea el flujo ha sido desplazada y desnudada por la ruta que sigue el movimiento del material y solamente se encuentra cubierto por vegetación secundaria en transición.

El mayor peligro que genera este flujo se presenta en temporada invernal cuando los deslizamientos que se encuentran en la corona del flujo se reactivan nuevamente iniciando el aporte de material, así mismo las corrientes intermitentes cobran vida con la llegada de las lluvias, circulando libremente por el camino principal que se dirige hasta la vereda Providencia, paso obligado para los campesinos que habitan la zona.

En la figura 60, se observa el flujo de detritos, donde se nota hacia la zona de alimentación del mismo, la presencia de varios deslizamientos de tipo traslacional, de igual manera se evidencia el canal inicial por donde corre el agua que arrastra el material suelto, se trata de una cicatriz en forma de garganta angosta cuya profundidad se ve influenciada por el poder de socavamiento de la red de drenaje, en el fondo de ella es posible evidenciar material rocoso suelto desprendido de las paredes de la vertiente el cual se ubica al lado y lado del cauce principal.

En la figura 61, se observan las áreas morfológicas: cuerpo, pie y frente del flujo de detritos, siendo evidente la zona de depósito formando un abanico final lobulado de textura y relieve irregular claramente más ancho que la ruta de transportación el cual reposa sobre una zona de pendiente baja.

Es posible identificar como la vegetación en la zona afectada por el flujo es ausente y se torna sin vida en un radio amplio, es de anotar que la recuperación del espacio ocupado y afectado por la presencia del flujo de detritos tomara varios años para volver hacer nuevamente productivo.

La cobertura predominante en el área afectada por el flujo de detritos la constituyen los pastos arbolados, zonas destinadas al pastoreo de ganado lechero. Se aclara que el entorno geográfico donde se encuentra el flujo es bastante deshabitada ya que por tratarse de una área rural la densidad de viviendas es muy baja por lo tanto los efectos del flujo no se ciernen directamente sobre la población sino sobre ciertas actividades productivas. Al fondo del flujo es posible apreciar el río Resina donde muy seguramente van a parar los restos del material transportado.

Figura 60. Evidencia de deslizamientos traslacionales en la zona de la cabeza y garganta del flujo de detritos, vereda Gavilla alta



Fuente: Este estudio

Figura 61. Panorámica del cuerpo, pie y frente o base, del flujo de detritos, vereda Gavilla alta



8.3 CAÍDA DE ROCAS

- Caída de rocas carretera Las Mesas El Tablón. Se identificó un fenómeno de caída de rocas, reconocido en el terreno hacia el occidente del área de estudio, aproximadamente a 7 Km desde el centro poblado Las Mesas sobre la vía que lo comunica con la Cabecera Municipal del Tablón. En las coordenadas geográficas 77°1'45,657"W, 1°27'29,297"N, a 2100 m.s.n.m. El proceso inestable y activo se encuentra compuesto por material de rocas andesíticas y areniscas muy fracturadas con características de alta disgregación de fragmentos irregulares, donde el desplazamiento del material se produce principalmente por caída libre de rocas desde el talud, condicionado por la pendiente muy alta mayor a 100%, configurando un talud vertical de el cual se

desprenden de manera constante y repentina bloques de rocas de diámetros que oscilan entre 30 y 60 centímetros, que en algunos casos se rompen y fragmentan en el proceso de caída generando residuos más finos. La morfología del movimiento muestra una cicatriz alargada y medianamente cóncava, con bloques que se han deslizado pendiente a bajo, para formar estructuras de posicionales rugosas en forma de pequeñas colinas, con un frente lobulado.

En el lugar, es evidente la presencia de material meteorizado de rocas muy diaclazadas y fracturadas que por procesos de meteorización sumado a las vibraciones que produce el tránsito vehicular y la presión generada por la explotación minera artesanal, han dejado sin soporte el material pétreo, que termina moviéndose y cayendo sobre la carretera en un trayectoria de caída libre, para luego a manera de saltos o rodando depositarse en las zonas de menor inclinación.

El grado de fracturamiento de las rocas y la orientación desfavorable de las diaclasas indican condiciones precarias de estabilidad. A ello se adiciona que el área afectada se encuentra casi completamente desprovista de vegetación solo protegida por incipientes coberturas de rastrojos bajos, en el área no se evidencia presencia de redes de drenaje. Se resalta que el mayor peligro y efectos que causa este movimiento se cierne sobre la población que a diario transita por esta vía principal hacia la población de las Mesas.

En la figura 62, se observan rocas, siguiendo una trayectoria de caída libre sobre un ángulo de inclinación mayor de 75 grados. Así mismo en la figura 63, se observa como los cantos de roca desprendidos ruedan favorecidos por un ángulo de inclinación menor de 45 grados, los bloques son depositados sobre la carretera principal, donde se observa una pila de bloques de diferentes dimensiones, localizada a un costado de la carretera.

- Caída de rocas camino veredal Las Mesa – Gavilla alta. Se describe un segundo fenómeno de remoción en masa relacionado con caída de rocas, este proceso activo e inestable se encuentra ubicado hacia el sur del área de estudio en la vereda Gavilla Alta aproximadamente a 8 km, en inmediaciones del camino principal que desde el centro poblado Las mesas conduce hasta dicha vereda. Reconocido en el terreno en las coordenadas geográficas 77°0'25,732"W, 1°27'51,236"N, a 2300 m.s.n.m. El material que predomina en el proceso, se relaciona con cantos de bloques de roca fracturada de composición andesítica y sedimentaria sobre suelos residuales de estructuras heredadas, observándose fracturas de rocas en dirección de la pendiente. El desplazamiento de material en el movimiento, se produjo por acción de la fuerza de gravedad que desplazo desde la cara del escarpe principal del talud localizado sobre una pendiente alta superior a 50%, cantidades considerables de rocas, mediante rodamiento del material que bajo por la ladera, para

finalmente caer sobre el camino principal. En el sitio se observan varios bloques de roca de tamaños variables así mismo en el escarpe principal aun se observa agrietamientos que mantienen activos los procesos fracturamiento de rocas, sin que se descarte que el proceso que se comporta progresivamente pronto pueda convertirse en un deslizamiento traslacional con causas y efectos mayores para la zona. En el área se observa vegetación poco densa, lo cual favorece la remoción del material, se establece que en este sector se evidencian una red de drenajes intermitente superficial muy irregular y desordenada. En la figura 62, es posible apreciar la caída de materia cantos de roca sólida y caídos de suelos, los cuales reposan sobre el camino principal, significándose un peligro para quienes transitan por este espacio.

- Caída de rocas sobre la carretera hacia la vereda Los yungas. Se describe de igual manera un movimiento de caída de rocas activo ubicado en la vereda los Yungas, en inmediaciones del camino principal a unos 5 km, partiendo desde la población de Las Mesas hasta dicha vereda, reconocido en el terreno en las coordenadas geográficas 77°2'36,343"W, 1°27'28,405"N, a 1900 m.s.n.m.

El material predominante se constituye de cantos redondeados y angulares de rocas sedimentarias, dispuestas en una matriz litoarenosa de color gris, se observa como el corte efectuado sobre la ladera para el establecimiento de la carretera ha formado un talud vertical el cual supera un ángulo de inclinación mayor a 45 grados, evidenciándose en el escarpe la presencia de una masa de rocas redondeadas de un diámetro aproximado a 70 cm, las cuales se encuentran en un proceso caída inminente, ya que su base se halla socavada y estas apenas se encuentran cubiertas y levemente sostenidas por una delgada capa de suelo orgánico y escasa vegetación de raíces muy superficiales, ocasionándose que por factores ambientales entre ellos la lluvia las rocas se desestabilicen y el material caiga en forma libre sobre la base del talud.

La amenaza por caída de la roca la cual es inminente, se cierne principalmente sobre la población que a diario transita por dicha carretera, sin descartarse que al caer con gran fuerza la roca podría tomar velocidad y desplazarse a manera de saltos por las laderas, evidenciando la amenaza sobre varias viviendas localizadas en dirección de la trayectoria del movimiento por donde se desplazaría el materia caído.

En la figura 64, se observa un bloque de roca sólida inestable en eminente proceso de caída.

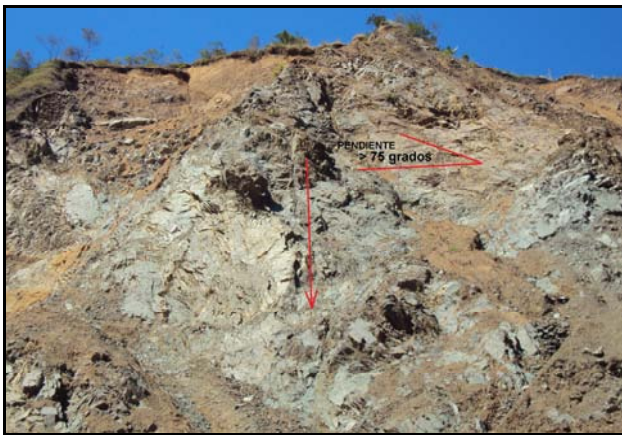
- Caída de rocas cuenca alta del río Resina. Finalmente se describe un cuarto fenómeno de caídas de roca identificado hacia el oriente del área de estudio en inmediaciones de las veredas Valmaría y El Silencio, en la cuenca alta del río Resina, afectando la unidad de terrazas fuertemente disectadas.

El proceso de caída de rocas activo, se reconoció en campo en las coordenadas 76°58'43,703"W, 1°27'45,764"N, se trata de un desplazamiento en caída libre de rocas las cuales se desprenden desde el escarpe de la terraza, debido a la fuerza de gravedad ejercida por la pendiente muy alta la cual supera el 100%.

En el pie del talud, se observa acumulación de rocas las cuales se han fragmentado en el proceso de caída con bloques deslizados de dimensiones superiores a 30 centímetros de diámetro, el material del cual se componen se conforma de lavas andesíticas consolidadas muy coherentes. La vegetación en torno al movimiento reviste baja densidad debido a la alta pendiente de las laderas circundantes, se aclara que en esta zona la red de drenajes no reviste características específicas.

En las Figuras 65, se observa el macizo rocoso evidenciando una superficie agrietada, directamente relacionado con la falla del talud originando episodios frecuentes de caídas libre de rocas.

Figura 62. Caída libre de roca en ángulo de inclinación mayor a 75 grados de inclinación, carretera Las Mesas El Tablón



Fuente: Este Estudio

Figura 63. Bloques de roca sobre ángulo menor a 45 grados, depositados sobre la carretera Las Mesas El Tablón



Figura 64. Caída de bloques de roca sobre el camino hacia la vereda Gavilla alta



Fuente: Este Estudio

Figura 65. Caída de rocas sobre la carretera hacia la vereda Los Yungas



Fuente: Este estudio

Figura 66. Superficie agrietada asociada a escarpes de rocas duras y fracturadas, vereda Valmaría



Fuente: Este estudio

9. FACTORES CONDICIONANTES O DETONANTES QUE INTERVIENEN EN LA GENERACIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLON, (N)

Para el área de estudio se identificaron tres factores condicionantes o detonantes que intervienen en la generación de fenómenos de remoción en masa, aspecto que surgió como producto de la observación y comparación directa en campo, por lo tanto se consideraron los siguientes factores detonantes: pendiente del terreno, precipitación y actividades antrópicas, como los más influyentes en la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa cuyo análisis y evaluación comparativa se presenta a continuación.

9.1 Relación Pendiente del terreno versus fenómenos de remoción en masa. Factor que ha favorecido la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, ello se evidencia en las áreas de laderas que muestra varios rasgos de antiguos y actuales procesos gravitacionales, lo cual indica influencia que ejercen las pendientes en la generación de movimientos en masa en función de la gradiente o ángulo de inclinación, que conjugan y condicionan los procesos en cuanto a su tipo y magnitud.

En el diagnostico físico natural elaborado, se define para el área de estudio la presencia de cinco categorías de pendiente (muy baja, baja, mediana, alta, muy alta), las cuales se describieron dependiendo de su gradiente de inclinación y de su ubicación geográfica dentro del área de estudio. De ello se evidencio que en el corregimiento de Las Mesas, el 53% de la superficie se encuentra ocupado por pendientes altas a muy altas (entre 50 y más del 100% de inclinación), hecho que evidencia la presencia de 233 fenómenos de remoción en masa en estas dos categorías.

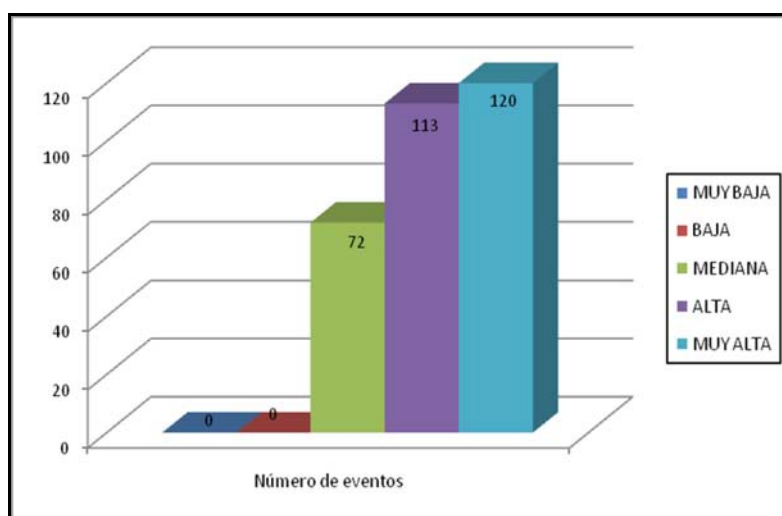
El área de pendiente mediana ocupa el 13% del área de estudio, con 72 eventos registrados mientras que las zonas de pendientes baja a muy baja las a las cuales les corresponde el 34% del área total no presentan ningún movimiento en masa. En el grafico 4, se muestra la relación entre el número de fenómenos de remoción en masa y el tipo de pendiente, lo que indica la influencia en la formación masiva de fenómenos de remoción en masa a partir de las áreas de de pendientes medias (>30%). Se evidencia que la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa es directamente proporcional a la inclinación de las pendientes, es decir entre mayor sea la gradiente más alto será el número de fenómenos de remoción en masa.

En el caso de los valores altos correspondientes a pendientes altas (50 - 100%) y muy altas (> 100%), la influencia es más notoria, ello se debe a que este tipo de pendientes se encuentran en áreas geomorfológicas dominadas por laderas moderadas a fuertemente escarpadas y en terrazas fuertemente disectadas donde los taludes son muy verticales configurando pendientes muy fuertes, el tipo de

fenómeno en masa predominante en esta categoría son los deslizamientos principalmente de tipo traslacional.

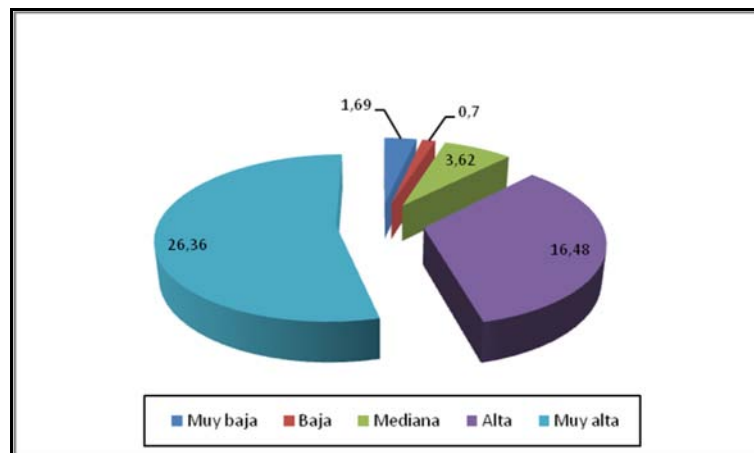
En el gráfico 5, se establece el área afectada como la suma de todos los tipos fenómenos en masa identificados en las cinco categorías de pendiente. En él se observa como la mayor porción del área depuesta la ocupan las pendientes muy altas con 26.36 hectáreas equivalentes al 54% de área afectada, le siguen las pendientes altas con 16.48 hectáreas correspondiente al 34%, las pendientes medianas con 3.62 hectáreas equivalentes al 7% del total, finalmente se tiene la pendiente baja a muy baja con 0,7 y 1,62 hectáreas, correspondientes al 1 y 4% restante respectivamente. Llama la atención que en las zonas de pendiente muy baja el área de afectación sea mayor que en las pendientes bajas, este hecho se explica puesto que el área de estudio se identificaron algunos tipos eventos los cuales aun cuando su generación se establece en aéreas de alta y media pendiente estos depositan su material en aéreas de pendientes muy bajas, dando por hecho que la zona afectada se muestre relativamente mayor que en las sectores inmediatamente anteriores. A las condiciones geomorfológicas y la verticalidad de las pendientes se suma el hecho que la intervención antrópica sobre todo en áreas de pendientes altas a muy altas ha sido muy severa en el área de estudio durante los últimos cinco años. Las zonas de pendientes se encuentran deterioradas casi al límite de su capacidad natural ello se debe a la instauración de sistemas productivos como la agricultura de ladera y el establecimiento de vías de comunicación terciaria (carreteras y caminos) que en ninguno de los casos el tipo de relieve donde se emplazan cumplen con la vocación de uso para el establecimiento de este tipo de actividades.

Grafico 4. Relación entre el número de fenómenos de remoción en masa por categoría de pendiente, en el corregimiento de Las Mesas



Fuente: Este estudio

Grafico 5. Superficie en hectáreas afectada, por fenómenos de remoción en masa según la categoría de pendiente en el corregimiento de Las Mesas



Fuente: Este estudio

9.2 Relación precipitación versus fenómenos de remoción en masa. Para propósitos de esta investigación se analizo de manera general el comportamiento de la precipitación mensual, anual y máxima en 24 horas en el área de estudio y su posible relación con algunos fenómenos de remoción en masa, sin que con ello se pretenda establecer un umbral cuantitativo que permita instaurar la relación matemática de la cantidad de lluvia detonante de movimientos en masa.

La precipitación se considera uno de los factores que más se asocia a la inestabilidad de las laderas debido a que la mayor parte de los fenómenos de remoción en masa ocurren después de lluvias fuertes o durante periodos lluviosos prolongados. Lográndose establecer para el área de estudio que el mayor efecto producido por las lluvias se presenta por saturación de los suelos, debido a procesos de infiltración, donde la presión que ejerce el agua sobre los poros del material hace que se reduzca la capacidad de la laderas y por ende estas tiendan a fallar, como consecuencia de ello se produce la activación de múltiples fenómenos de remoción en masa. No obstante y debido a la falta de información que permitiera identificar las lluvias detonantes de fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, a continuación se hace alusión a algunos aportes y estudios de autores que establecen la relación de ciertos periodos de lluvias ocurridos en Colombia y su analogía con la ocurrencia de movimientos en masa. Hechos que de manera general y para fines de esta investigación se han asociado con algunos eventos de remoción ocurridos en el área de estudio. Por ello se aclara que el análisis de la precipitación como factor detonante de fenómenos de remoción en masa que se plantea en esta investigación, es muy general y en ningún momento pretende definir un umbral estadístico de lluvias desencadenantes de movimientos en masa en el corregimiento de Las Mesas.

“En Colombia las causas de los eventos desastrosos son meteorológicas en un 96% y concuerdan con su régimen pluviométrico, el cual es uno de los más abundantes del mundo. El 56% de dichas causas se le atribuye a la lluvia prolongada, el 37% a lluvias intensas pero de corta duración y en menor porcentaje a las tormentas tropicales o huracanes⁶²”.

Estableciéndose que: “en la región Andina la precipitación actúa como detonante de fenómenos dañinos como deslizamientos de tierra”⁶³.

Frente a ello se establece que en Colombia “se hace evidente el incremento de la ocurrencia de los deslizamientos lo mismo que la intensidad de daños, especialmente cuando bajo las condiciones del fenómeno de la Niña ocurren los eventos⁶⁴”.

En el grafico 6, se establece como el número de eventos en masa en Colombia durante la llegada del fenómeno frío (Niña), durante los años 1.998 a 2.000 se incrementa especialmente durante los meses de enero y diciembre, alcanzando un nivel máximo de 91 y 87 eventos respectivamente para los dos meses del año. De igual manera en el grafico 7, se presenta el número de movimientos en masa dañinos ocurridos durante el mismo periodo y bajo influencia del mismo fenómeno climático en los principales departamentos de Colombia, en el se observa como el Departamento de Nariño se encuentra entre las cinco principales regiones con mayor numero de fenómenos de remoción en masa con una cifra de 40 eventos.

En el corregimiento de Las Mesas el análisis de la precipitación tanto a nivel mensual, anual y máximo en 24 horas, indica la presencia de un régimen pluviométrico alto durante la mayor parte del año, algunos de ellos coincidentes con la llegada del fenómeno frío del pacifico La Niña, de lo cual se infiere que la mayor parte de los deslizamientos pasados y actuales ocurridos en área de estudio pudieron ser ocasionados como consecuencia del avance de de dicha alteración climatológica, que en toda Colombia en varios periodos de tiempo ocasiono fenómenos de remoción en masa siendo el causante de grandes emergencias. Aun cuando lo ideal sería contar con datos más precisos que permitieran establecer las causas de los deslizamientos en el área de estudio y su relación con la precipitación, las investigaciones realizadas a nivel regional por entidades como el IDEAM, son confiables y pueden constituirse como un aporte

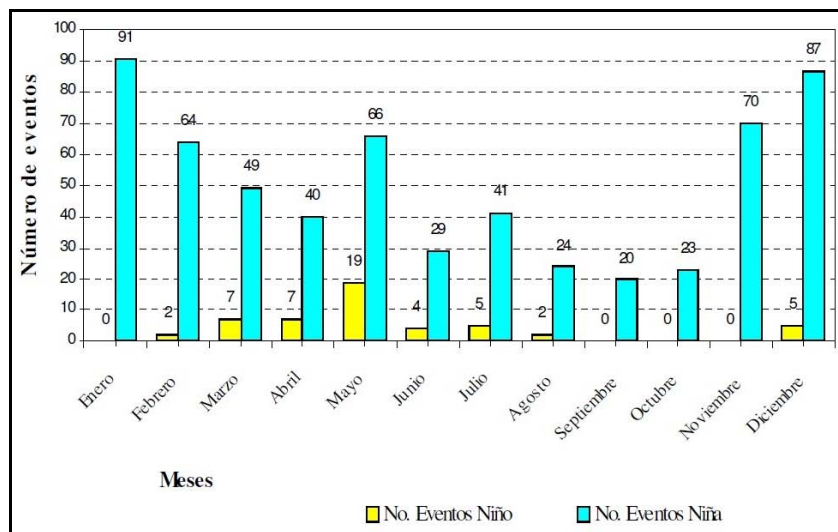
⁶² CASTELLANOS, R. Citado por: MAYORGA MARQUEZ, Ruth. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar al título de Magister en meteorología. Bogotá. Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.2003. p. 15.

⁶³ INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM, Op.Cit., p. 1.

⁶⁴ Gonzales y otros. Citado por: MAYORGA MARQUEZ, Ruth. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar al título de Magister en meteorología. Bogotá. Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.2003. p. 81.

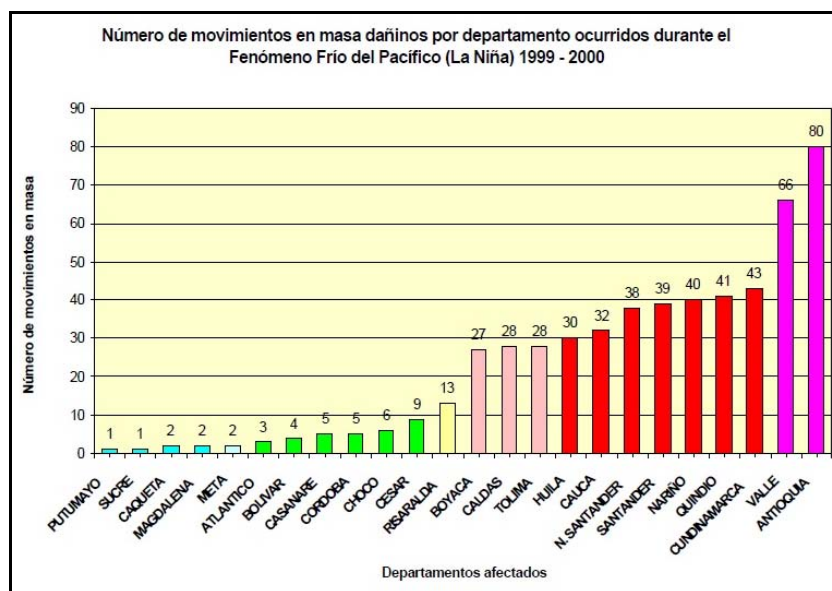
desde el estudio del clima regional pudiendo ser saciadas a algunos acontecimientos del comportamiento del clima a nivel local.

Gráfico 6. Distribución mensual de movimientos en masa ocurridos en Colombia durante el fenómeno cálido (El Niño) 1.997 - 1.998 y frío (La Niña) 1.998 - 2.000



Fuente: González, 2001

Gráfico 7. Numero de movimientos en masa dañinos por departamento durante el fenómeno frío del Pacifico (La Niña) 1.999 - 2.000



Fuente: IDEAM, 2000

Frente a lo expuesto y haciendo una relación con el área de estudio se contrasto los datos de precipitación para los periodos nombrados y se definió que las estaciones San Bernardo Aponte y La Cruz durante los años correspondientes al periodo entre 1.998 y el año 2.000, registrando valores de precipitación entre 1300 y 2800 mm anuales, que acertadamente coinciden con los costes más altos de toda la serie evaluada. De ahí se infiere que la aérea de estudio no escapo a la inclemencia del fenómeno de La Niña y por ende seguramente muchos de los fenómenos de remoción en masa identificados en el área de estudio tuvieron orígenes con dicho fenómeno climático.

Para el área de estudio aun cuando lo ideal sería contar con algún registro de fenómenos en masa y fechas de ocurrencia y así poder ver la relación entre la precipitación y los movimientos en masa, esto no fue posible puesto que no existe ningún registro confiable que permita asociar de manera científica la ocurrencia de algún movimiento en masa con la presencia de lluvias en la zona, sin embargo se recopilaron algunos relatos verbales de la comunidad quien apporto información muy valiosa como la siguiente.

Frente a algunos de los deslizamientos registrados localizados sobre la carretera entre la vereda El Porvenir y el centro Poblado Las Mesas se indica que ellos pudieron coincidir con la presencia de lluvias en la zona, se establece que el deslizamientos ubicado en la carretera Las Mesas el Tablón ($77^{\circ}1'44,37''W$, $1^{\circ}27'15,441''N$), a la altura de la vereda Porvenir, el cual según relato de la comunidad, sucedió en temporada invernal aproximadamente en el mes de diciembre del año 2.008, ocasionando taponamiento de la vía por deposito de material arcilla humedecida, el cual se precipito sobre toda la carrera, el deslizamiento que a un se encuentra activo y aumenta su magnitud cada año con la llegada de las lluvias⁶⁵.

Siguiendo con la recopilación de información que permita asociar los deslizamientos con la presencia de lluvias en la zona de estudio. Se identifica el deslizamiento rotacional ubicado en la vereda El Cedro ($77^{\circ}0'30,675''W$, $1^{\circ}27'27,469''N$), el cual según habitantes de este sector sucedió, durante la ocurrencia de alrededor de un mes casi constante de copiosas precipitaciones nocturnas, en el mes de noviembre de 2009⁶⁶.

Según registro de información meteorológica analizada para las estaciones San Bernardo, Aponte y La Cruz, precisamente los años de ocurrencia de los dos eventos coinciden con las mayores precipitación registradas, donde se estableció

⁶⁵ ENTREVISTA con Liliana del Socorro Obando, habitante del centro poblado Las Mesas. Las Mesa, El Tablón (N), 20 de Noviembre de 2010.

⁶⁶ ENTREVISTA con José Demetrio Carlosama, habitante de la vereda Gavilla alta. Las Mesa, El Tablón (N), 5 de Octubre de 2010.

que en el año 2008 y 2009, la estación San Bernardo localizada en el área más cercana a los dos deslizamientos, obtuvo un dato máximo de 2740 y 2071 milímetros, de lluvia anuales respectivamente para los dos años. Precisamente durante estos periodos de tiempo Colombia se enfrentaba nuevamente a otro de los inviernos mas fuertes ocasionados por la incidencia del fenómeno de La Niña, predominando en toda la zona Andina la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, especialmente en el Departamento de Nariño, lo que significa que dichos deslizamientos si pudieron ser causados como consecuencia de la influencia de la precipitación en la zona de estudio.

En tanto que la evaluación de la precipitación máxima en 24 horas como agente detonante, se concluye que en las dos estaciones analizadas, San Bernardo y Aponte la presencia de lluvias máximas en 24 horas se encuentra en el rango entre 53 y 55 mm respectivamente para los dos meses más lluviosos (febrero y noviembre), lo cual reflejaría aguaceros de corta duración pero de alta intensidad que sería un indicador de lluvia detonante de deslizamientos en la zona de estudio.

Cabe destacar que el área de estudio se encuentra dominada por el régimen climático bimodal con predominio de lluvias orográficas de baja intensidad pero de larga duración, que saturan el suelo gracias al proceso de escorrentía superficial que solo se logra con lluvias prolongadas y por ende termina por generar movimientos en masa.

Frente a la ocurrencia de movimientos en masa relacionados con las lluvias orográficas se establece que: “los deslizamientos que implican movimientos de grandes volúmenes de material requieren de un gran volumen de agua en una duración relativamente larga que contribuya a la saturación del suelo. Estas precipitaciones son de tipo orográfico. De otra parte, es necesario evaluar las condiciones iniciales de humedad del suelo ya que el movimiento de tierra puede desencadenarse por una lluvia de intensidad insignificante si esta se precipita en un área de lluvias prolongas⁶⁷”.

Por lo tanto se afirmarí que “la distribución de deslizamientos en Colombia, coincide con la distribución bimodal de la precipitación que predomina en la zona Andina⁶⁸”.

De esta manera se comprueba que al menos en un porcentaje mínimo de deslizamiento en el corregimiento de Las Mesas, son ocasionados por la presencia de lluvias ya que en base al registro y análisis estadístico de la serie

⁶⁷ Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Citado por: MAYORGA MARQUEZ, Ruth. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar al título de Magister en meteorología. Bogotá. Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia.2003. p. 58.

⁶⁸ Ibid., p. 63.

evaluada concerniente a las estaciones San Bernardo, Aponte y La Cruz, el área de estudio se encuentra sujeta a la presencia de lluvias prolongadas durante la mayor parte del año como consecuencia del régimen bimodal y la alternancia de anomalías climáticas estacionarios a nivel global que repercuten en el clima local, como el fenómeno frío del Pacífico (Niña).

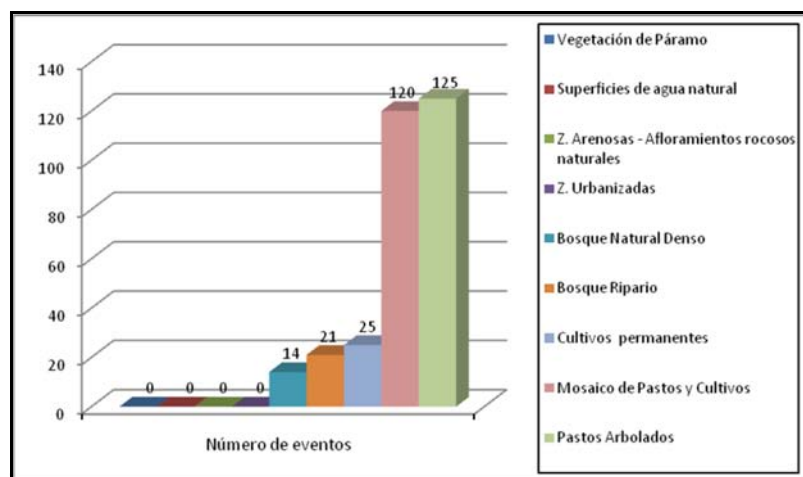
9.3 Relación actividad antrópica versus fenómenos de remoción en masa. Las actividades humanas en los últimos 20 años en el área de estudio, han causado cambios notables en las laderas de las montañas del corregimiento de Las Mesas, el más significativo es la deforestación que según pobladores de dicho sector, destruyó varias hectáreas de bosque alto andino en las veredas, Valmaría, María Inmaculada, El Silencio, providencia, Gavilla alta y Gavilla baja, sucedió desde hace alrededor de 10 años, como consecuencia de implementación de cultivos de uso no lícito, principalmente la siembra de amapola, actualmente el cultivo de amapola término por deforestar varias zonas boscosas posibilitando que después de la siembra, estas hayan sido utilizadas para el pastoreo de ganado significando un incremento en el desarrollo de procesos erosivos.

De los 305 fenómenos de remoción en masa, localizados en una área total de 10.195,863 hectáreas, 125 eventos afectaron en una área de 3490 hectáreas pertenecientes a la cobertura de pastos arbolados, con una densidad de 0,035 eventos de remoción en masa por cada hectárea de superficie, en tanto que para la cobertura de mosaico de pastos y cultivos un total de 120 eventos afectaron a 2685 hectáreas, infiriéndose una densidad de 0,044 eventos por hectárea catalogada como la tasa de densidad de superficie más elevada en relación a las demás coberturas. En comparación con las coberturas de bosque natural denso alto de tierra firme, en el cual se registraron 14 eventos en una área total de 2342 hectáreas y la cobertura vegetación de páramo con cero eventos en un área total de 560 hectáreas, significándose un promedio de 0.005 y 0 eventos por hectárea de superficie respectivamente para las dos coberturas.

En el gráfico 8, es posible observar como el número de eventos se incrementa a partir de los efectos de la intervención del hombre, obsérvese como la vegetación ubicada en áreas de páramo la cual actualmente se encuentra en muy buen estado de conservación, demuestra que protege el suelo frente a cualquier tipo de proceso erosivo a pesar que la mayor parte de la vegetación de páramo en el área de estudio se localiza en zonas de pendiente muy alta. En contraste con ello, el número de fenómenos en masa sigue en aumento en concordancia con la intervención del hombre sobre las coberturas vegetales, finalmente se observa un número notorio en la tasa de ocurrencia de movimientos en masa en la cobertura de pastos arbolados, alcanzando 125 eventos, en orden descendente le sigue la cobertura de pastos y cultivos con 120 eventos, donde la intervención humana ha sido demasiado fuerte terminando por generar un desequilibrio en la resistencia de los materiales del suelo debido a la implementación de sistemas agropecuarios poco amigables con el suelo, en consecuencia se ha incrementado la ocurrencia

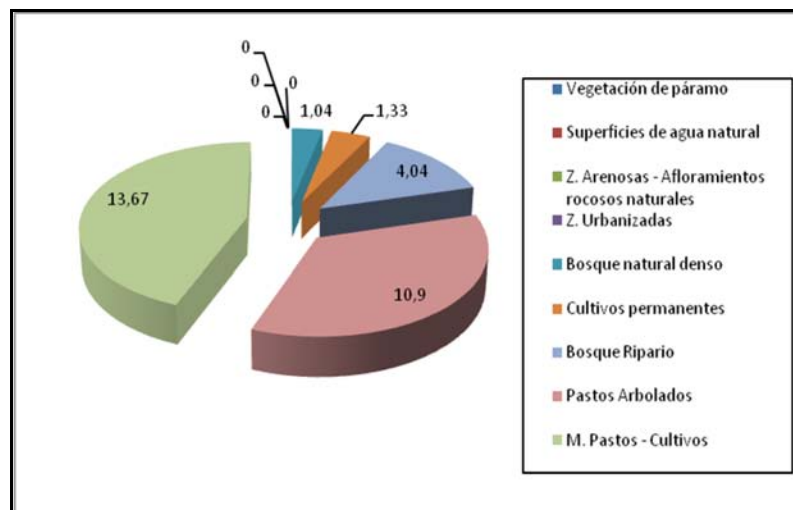
de procesos erosivos sobre todo en las zonas de laderas que se encuentran sin cobertura natural expuestas a la acción de agentes erosivos con consecuente definición de fenómenos de remoción en masa. En el gráfico 9, es posible apreciar el área afectada en cada cobertura donde es evidente el mayor valor lo ostentan las coberturas surgidas por acción de la intervención del hombre sobre el medio natural ellas son: la cobertura de mosaico de pastos arbolados y mosaico de pastos y cultivos.

Gráfico 8. Relación entre el número de eventos y las coberturas del suelo en el corregimiento de Las Mesas



Fuente: Este estudio

Gráfico 9. Superficie en hectáreas, afectada por fenómenos de remoción en masa, según el tipo de cobertura del suelo en el corregimiento de Las Mesas



Fuente: Este estudio

Por otro lado es evidente la intervención que ha sufrido la zona de laderas en todo el Corregimiento de Las Mesas, como consecuencia del corte generado para construcción de vías de interconexión terciaria como la que comunican al centro poblado Las Mesas con las veredas, El Silencio, Valmaría, María inmaculada, La Gavilla, El Porvenir, Los Yungas y La Florida, que favorecen la generación de procesos gravitacionales en la zona.

La cuantificación de los procesos gravitacionales relacionados con la dinámica generada por el hombre sobre todo en la construcción de carreteras y caminos en el área de estudio permitió inferir su ocurrencia en cerca de 38 eventos de remoción en masa, distribuidos en la siguiente manera a lo largo de las carreteras de dicho corregimiento.

En el camino veredal entre el centro poblado Las Mesas y La Gavilla alta, se evidenciaron 18 casos de fenómenos de remoción en masa, a lo largo de 8 kilómetros de camino, con un promedio de 2.2 eventos por kilómetro recorrido.

Precisamente en este sector la comunidad local indica que los deslizamientos encontrados si tienen relación directa con la construcción de la vía. Se Relata como hace aproximadamente 7 años cuando la única vía de acceso hacia la vereda, La Gavilla alta, la constituía una pequeña trocha veredal muy rudimentario, se recuerda que a pesar de que se encontraba en mal estado los fenómenos de remoción en masa no eran tan frecuentes y de vez en cuando se presentaban taponando parcialmente el camino. Hoy después de la construcción de la carretera en el año 2003, sea vuelto muy frecuente en épocas de lluvia, que el camino se encuentre interrumpido por algún deslizamiento que en el mejor de los casos lo obstruye y en otros ha terminado por destruirlo totalmente, por ello el proyecto que un día pretendía consolidar la comunicación por carretera hacia dicha vereda se ha visto impedido por la presencia de grandes deslizamientos que han terminado por convertir la vía de acceso en un camino casi intransitable y de gran amenaza por el número de deslizamientos activos que el ostenta⁶⁹.

En otra carretera entre el centro poblado Las Mesas y Valmaría, se observaron 8 fenómenos de remoción en masa a lo largo de 11 kilómetros de recorrido, con un promedio de 0,72 fenómenos de remoción en masa por cada kilómetro.

Cifras semejantes se obtuvieron en otras carreteras, como Centro poblado Las Mesas el Porvenir y Las Mesas - Los yungas, donde se evidenciaron para la primera, 7 procesos de remoción en masa, a lo largo de 10 kilómetros con un promedio de 0,7 fenómenos de remoción en masa por cada kilómetro. Mientras que en la segunda se espacializaron 5 fenómenos de remoción en masa a lo largo

⁶⁹ ENTREVISTA con Augusto Sánchez y Gloria Graciela Rosero Muñoz, habitantes de la vereda Gavilla alta. Las Mesas, El Tablón (N), 5 de Octubre de 2010.

10 kilómetros de carretera con un promedio de 0,5 movimientos en masa por cada kilómetro recorrido.

Para los deslizamientos ocurridos en la carretera hacia los Yungas, se recopilaron algunas opiniones de la comunidad quien coincide en afirmar que la presencia de deslizamientos masivos se produjo luego de la construcción de la carretera en el año 2009, indican como la pendiente empezó a ceder precisamente con el inicio de la temporada de lluvias, originando varios deslizamientos en la vía, resaltan la presencia de un deslizamiento en especial ocurrido en el sector conocido como Loma Gorda, el cual se torna muy inestable reactivándose cada vez que inicia la temporada invernal demostrándose que la construcción de carreteras en el área de estudio es uno de los principales factores detonantes de fenómenos de remoción en masa.

Finalmente en la carretera entre el centro poblado Las Mesas y La Florida, se obtuvo la menor tasa de ocurrencia en cuanto a fenómenos de remoción en masa con un total de 2 movimientos en masa a lo largo de 8 kilómetros, con un promedio de 0.25 movimientos en masa por cada kilómetro.

Se evidencia que en todos los deslizamientos ocurridos a lo largo de las vías mencionadas, se precipito material sobre las carreteras y en algunos casos como en la vía hacia la Valmaría ocurrió ruptura y colapso de la banca y en otros sectores como la vía hacia la Gavilla se presento la combinación de los dos anteriores procesos (acumulación de material y ruptura de la vía).

Es indudable que las actividades antrópicas y en este caso la construcción de obras viales terminaron por ser uno de los principales factores detonantes en la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en la zona de estudio, ello se explica ya que las laderas perdieron su estado natural de equilibrio, debido al corte para la construirse de las vías, lo cual rompió el balance normal del talud ya que al retirarse el material de la parte inferior de la ladera mediante excavación en el pie de la misma facilito la generación de esfuerzos los cuales ocasionaron una disminución de las condiciones de firmeza originando que el talud tenga mayor pendiente aumentándose de ese modo los energías de cortante con consecuente disminución de la estabilidad de las laderas.

10. CARACTERIZACIÓN Y MAPIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLÓN, (N)

10.1 ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA RELATIVA A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

La zonificación de la amenaza relativa por fenómenos de remoción en masa, permitió definir, la susceptibilidad del terreno a la generación de fenómenos de remoción en masa. Para su modelamiento se utilizó del Sistema de Información Geográfico (SIG), (software ArcGIS 9.3), donde se cruzó digitalmente la cobertura de fenómenos de remoción en masa (Mapa 9), con las coberturas temáticas índice, Geología (mapa 3), Pendientes (mapa 4) Geomorfología (mapa 6), Cobertura y uso del suelo (mapa 7).

El procedimiento dedujo la unión geométrica de las coberturas de polígonos, permitiendo que la capa base (mapas temáticos índice), sea cortada en la intersección con el polígono superpuesto (capa de distribución de fenómenos de remoción en masa). Así las nuevas coberturas resultantes preservaron los atributos de cada cobertura cruzada. Aspecto que permitió valorar la superficie de cada unidad cartográfica y el área afectada por tipo proceso de remoción en masa involucrado.

10.1.1 Análisis estadístico univariado de variables geoambientales. Se estableció el valor cuantitativo de la superficie total en hectáreas de cada unidad temática y la superficie acumulada por procesos en masa por unidad cartográfica, mediante el establecimiento de matrices de amenaza relativa (cuadros 8, 9, 10,11). Una vez determinados los valores de superficies correspondientes, se calculó los costes de peso o amenaza relativa en porcentajes para cada unidad cartográfica de acuerdo con el tipo de fenómeno de remoción en masa, procedimiento que se efectuó mediante el uso de la ecuación denominada como $P\% = S_{in} * 100 / S$.

Definidas las relaciones de peso en porcentajes para las diferentes unidades temáticas, los valores obtenidos fueron ponderados en términos del grado amenaza relativa. Los rangos de amenaza, se definieron basándose en un análisis estadístico de clasificación de datos numéricos correspondientes al porcentaje de peso inicial, valores que fueron espaciados y de manera iterativa se calcularon los secciones vacías hasta formar grupos con el número de clases de amenaza deseada, en este caso se definieron cinco clases, distribuidas en conjuntos con valores desde 0 hasta 2,481.

Definidos los intervalos de clase, se asignaron los valores cuantitativos de amenaza relativa a cada unidad cartográfica de acuerdo con el tipo de fenómeno de remoción en masa. Cada valor fue categorizado cualitativamente en niveles de amenaza relativa, estableciéndose que “no existe un estándar internacional para la calificación de la amenaza. Los términos utilizados incluyen desde la amenaza muy baja a la amenaza muy alta”⁷⁰. Atendiendo a ello, se consideraron cinco niveles de amenaza desde nula hasta muy alta los cuales son presentados en el cuadro 12.

10.1.2 Amenaza relativa de variables geoambiental con respecto a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa. Para definir la amenaza relativa de cada variable geoambiental (geología, geomorfología, pendiente, Cobertura y uso del suelo), a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa (deslizamientos, flujos y caídas de roca).

A cada mapa índice de variable geoambiental, se asigno en su tabla de tributos un nuevo ítem, con el valor o grado numérico de amenaza relativa siguiendo los valores o grados de amenaza que para cada unidad cartográfica se establecen en los cuadros 8, 9, 10 y 11.

Posteriormente se asigno a cada unidad el nivel de amenaza y la simbología de colores correspondiente, siguiendo los parámetros establecidos en el cuadro 12.

Lo anterior permitió la consolidación de los mapas, de amenaza relativa de variables temáticas a cada uno los fenómenos de remoción en masa. Que brindan información respecto que unidad es más susceptible a removerse dentro de cada variable geoambiental. Así a continuación se define la amenaza relativa de variable geoambientales a cada tipo de fenómeno de remoción.

⁷⁰ SUAREZ, Op. cit., p.380.

Cuadro 8. Matriz de amenaza relativa de las unidades geológicas a los fenómenos de remoción en masa

		Superficie acumulada de procesos por unidad en hectáreas			Porcentaje peso de las unidades geológicas a los FRM			Grado de Amenaza relativa Para cada unidad		
Unidad cartográfica	Superficie total por unidad	Deslizamientos	Flujos	Caídas	Deslizamiento (Rotacional-traslacional) (%)	Flujos (Lodos, detritos) (%)	Caídas (Roca) (%)	Deslizamientos	Flujos	Caída
Complejo quebrada grande	465,33	5,09	0	0,33	1,095	0	0,071	5	1	2
Lavas y piroclastos	6777,50	13,49	2,55	0,14	0,199	0,037	0,002	3	2	1
Flujos de lodo y flujos piroclásticos	2959,97	6,57	0	0	0,221	0	0	3	1	1
TOTAL	10202,81	25,16	2,55	0,48						

Fuente: Este estudio

Cuadro 9. Matriz de amenaza relativa de las unidades geomorfológicas a los fenómenos de remoción en masa

		Superficie acumulada de procesos por unidad en hectáreas			Porcentaje peso de las unidades geológicas a los FRM			Grado de Amenaza relativa Para cada unidad		
Unidad cartográfica	Superficie total por unidad	Deslizamientos	Flujos	Caídas	Deslizamientos (Rotacional, traslacional) (%)	Flujos (Lodo, detritos) (%)	Caídas (Roca) (%)	Deslizamientos	Flujos	Caída
Cerro residual	25,78	0,63	0	0	2,481	0	0	5	1	1
Domo	70,25	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Edificio volcánico	135,83	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Flujo de Lodo o Lahar	338,96	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Flujo de Lavas y Piroclastos	3484,00	5,64	0	0	0,161	0	0	3	1	1
Flujo de Piroclastos	1496,52	1,43	0	0	0,096	0	0	2	1	1
Ladera fuertemente escarpada	659,16	1,35	0	0,04	0,205	0	0,006	3	1	1
Ladera moderadamente escarpada	2800,31	7,27	1,65	0,10	0,259	0,059	0,003	3	2	1
Terraza fuertemente disectada	1173,02	8,26	1,32	0,43	0,704	0,113	0,0370	4	2	2
Morrena	12,00	0	0	0	0	0	0	1	1	1
TOTAL	10195,87	24,61	2,98	0,58						

Fuente: Este estudio

Cuadro 10. Matriz de amenaza relativa de las unidades de cobertura y uso del suelo a los fenómenos de remoción en masa

		Superficie acumulada de procesos por unidad en hectáreas			Porcentaje peso de las unidades geológicas a los FRM			Grado de Amenaza relativa Para cada unidad		
Unidad cartográfica	Superficie total por unidad	Deslizamientos	Flujos	Caídas	Deslizamientos (Rotacional, traslacional) (%)	Flujos (Lodo, Detritos) (%)	Caídas (Roca) (%)	Deslizamientos	Flujos	Caída
Lagunas	4,93	0	0	0	0	0	0	1	1	1
B. Natural denso alto	2342,71	1,04	0	0	0,044	0	0	2	1	1
B. ripario	374,52	4,04	0	0	1,081	0	0	5	1	1
Cultivos permanentes	572,90	1,29	0	0,04	0,226	0	0,007	3	1	1
M. de pastos y cultivos	2685,67	11,65	1,65	0,36	0,434	0,061	0,013	4	2	1
Pastos arbolados	3490,66	10,55	0	0	0,302	0	0	3	1	1
Zona arenosa y afloramiento rocoso	68,99	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Zona urbanizada	13,14	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Vegetación de páramo	560,78	0	0	0	0	0	0	1	1	1
TOTAL	10195,91	28,59	1,65	0,75						

Fuente: Este estudio

Cuadro 11. Matriz de amenaza relativa de la pendiente del terreno a los fenómenos de remoción en masa

		Superficie acumulada de procesos por unidad en hectáreas			Porcentaje peso de las unidades geológicas a los FRM			Grado de Amenaza relativa Para cada unidad		
Unidad cartográfica	Superficie total por unidad	Deslizamientos	Flujos	Caídas	Deslizamientos (Rotacional, traslacional) (%)	Flujos (Lodo, Detritos) (%)	Caídas (Roca) (%)	Deslizamientos	Flujos	Caída
Pendiente muy baja	1540,28	0,36	1,32	0	0,023	0,086	0	1	2	1
Pendiente baja	1936,73	0,70	0	0	0,036	0	0	1	1	1
Pendiente mediana	1314,92	3,29	0,32	0	0,250	0,025	0	3	1	1
Pendiente alta	3407,64	13,51	1,65	1,30	0,396	0,048	0,038	4	2	2
Pendiente muy alta	003,89	21,83	1,32	3,20	1,089	0,066	0,159	5	2	3
TOTAL	10203,47	39,71	4,63	4,50						

Fuente: Este estudio

Cuadro 12. Categorías de amenaza relativa de variables geoambientales con respecto a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa

CATEGORIAS DE AMENAZA RELATIVA				
Valor o grado de amenaza	Intervalos de clase		Niveles de amenaza	Símbolo
1	0	0,036	Nula a muy baja	
2	0,036	0,159	Baja	
3	0,159	0,393	Moderada	
4	0,393	1,078	Alta	
5	1,078	2,481	Muy alta	

Fuente: este estudio

- Amenaza relativa de unidades geológicas a los fenómenos de remoción en masa (mapas 11, 12 y 13). En la variable Geología la unidad que más alto grado de amenaza o peso representa a los deslizamientos, es la unidad Complejo Quebrada Grande (K1cqg), con un valor de amenaza grado cinco (muy alta), con una área removida por deslizamientos de 5 hectáreas distribuidas en tan solo una unidad de área de 465, representando el 1.09% del peso respecto a todas las unidades. En orden decreciente continúan las unidades Lavas y Piroclastos (Nqlp), Flujos de Lodo y Flujos piroclásticos (Qflp), con un valor de amenaza grado tres (moderada), con 13 y 6 hectáreas removidas respectivamente por deslizamientos en una área de superficie mayor a 2959 hectáreas. Así mismo se indica que para los dos tipos de fenómenos restantes (flujos y caídas), la unidad que más alto nivel de amenaza específica representa es Nqlp, con un valor de amenaza grado dos para flujos (Baja), en tanto que para caídas el mayor nivel de amenaza lo ostenta la unidad k1cqg, con un grado de amenaza tipo 2 igualmente baja.
- Amenaza relativa de unidades geomorfológicas a fenómenos de remoción en masa (mapas 14, 15 y 16). La geomorfología se encuentra representada para el área de estudio en diez unidades, de las cuales la que mayor grado de amenaza representa hacia los deslizamientos es cerros residuales ostenta un valor de amenaza grado cinco (muy alta), con un porcentaje de 2,48%. En orden decreciente de amenaza le siguen las unidades terrazas fuertemente disectadas con un valor de cuatro, categoría de amenaza alta y las unidades flujos de lava y piroclastos, laderas moderada y fuertemente escarpadas, con un valor de amenaza tres (moderada), el promedio de área removida en estas

unidades oscila entre 1 y 8 hectáreas, distribuidos en áreas mayores a 25 hectáreas por unidad cartográfica.

Por lo anterior, parecería ilógico pensar que de todas las unidades geomorfológicas la que mayor nivel de amenaza representa sea cerros residuales ya que el área removida es menor que en las demás unidades pero se recuerda que cuando mayor es el área ocupada por los fenómenos de remoción en masa y menor es la superficie por unidad temática mayor será el nivel de amenaza.

En contraste con lo anterior se observan unidades que representan niveles de amenaza nula a muy baja con un valor de amenaza grado uno, se trata de las unidades domos, edificio volcánico, Lahar y morrenas, en las que no se registraron deslizamientos y en general ninguno de los procesos de remoción en masa. Se destaca en cuanto a la amenaza hacia los fenómenos de remoción en masa flujos y caídas, que el grado de amenaza mayor para todas las unidades se estableció en uno y dos (nula a muy baja y baja), correspondiente a la mayoría de unidades geomorfológicas en tanto que el registro indica menos de 1.6 hectárea afectadas por estos procesos, con un máximo de ocurrencias inferior a dos eventos por unidad para cada proceso respectivamente.

- Amenaza relativa de unidades de pendiente del terreno a fenómenos de remoción en masa (mapas 17, 18 y 19). Para el caso de amenaza de las pendientes a los fenómenos de remoción en masa a deslizamientos, la categoría donde más se registran deslizamientos lo ocupa las pendientes altas a muy altas con un promedio de área removida entre y un total de área removida entre 13 y 21 hectáreas respectivamente, categorizadas como amenaza cuatro y cinco respectivamente (alta a muy alta). En contraste el menor valor de amenaza a deslizamientos lo ostenta la pendiente baja a muy baja con un promedio de área removida inferior a una hectárea. En tanto que para el caso de los fenómenos de remoción en masa relacionados con flujos y caídas, el mayor nivel de amenaza para el primer tipo de fenómeno se encuentra en valor dos, que a pesar de ser considerado como bajo, representa el mayor nivel para el área de estudio, valorado para la categoría de pendiente, muy alta, alta y baja. La disparidad en cuanto a las categorías de pendientes donde se observa que se ha dado el mismo valor tanto a la pendiente alta como a la baja, obedece a que los flujos se generan en las partes altas donde constituyen las zonas de alimentación y transporte para finalmente depositar su contenido en las áreas de pendiente baja que sufren la mayor afectación, aunque en el área de estudio la baja tasa de ocurrencia de este tipo de fenómenos no permita establecer valores de amenaza alta para la variable geomorfológica, ya que los flujos ocurridos para todas las categorías de pendientes no superan los dos eventos en promedio, se establece igualmente la afectación por amenaza debido a caídas de rocas, donde se evidencia que el mayor promedio de eventos para el área de estudio ha ocurrido en las

categorías de pendiente alta a muy alta con valores promedios de amenaza entre uno y tres (muy baja a moderada).

- Amenaza relativa de unidades de uso y cobertura del suelo a fenómenos de remoción en masa (mapas 20, 21 y 22). Para el área de estudio el análisis de amenaza específica, de la variable uso y cobertura del suelo indica que la mayor categoría de amenaza grado cinco (muy alta), respecto a deslizamientos, se ha dado a la unidad de bosque ripario que cuenta con una superficie removida de 4,04 hectárea distribuidas en un total de 374 hectáreas, lo cual significa un porcentaje del 1,08%, respecto a las demás unidades. Le sigue la unidad de mosaico de pastos y cultivos calificada con un valor de amenaza cuatro (alta) y un porcentaje de 0.43 % del total. Las demás unidades se encuentran representadas por valores de amenaza inferiores, por lo cual no se entra a su descripción detallada. Respecto a la amenaza específica asía flujos y caídas, se identifico que para el caso de flujos, el valor máximo categorizado es dos considerado como bajo, otorgado a la unidad mosaico de pastos y cultivos, el resto de unidades exhiben valores de uno (nula a muy baja). E tanto que para los fenómenos de tipo caída ocurre que ninguna unidad representa un total de amenaza superior a uno, ello debido a la baja ocurrencia de este tipo de eventos que para el área de estudio no supera un promedio mayor a tres eventos por unidad cartográfica.

10.1.3 Amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tipos fenómenos de remoción en masa. Para el establecimiento de la amenaza relativa total del terreno a cada uno de de los fenómenos de remoción en masa, se hizo uso del Sistema de Información Geográfica, donde se sumaron de manera independiente mediante sucesivas operaciones de unión geométrica, las coberturas correspondientes a los mapas de amenaza específica de variables geoambientales elaborados para cada uno de los tres tipos de fenómeno de remoción en masa (deslizamientos, flujos y caídas de roca). Los mapas de amenaza relativa total del terreno a cada uno de los fenómenos de remoción en masa resultantes brindan información del nivel de peligrosidad por cada tipo de movimiento en masa. A continuación se presenta la definición de la amenaza relativa total del terreno a cada uno de los fenómenos de remoción en masa.

- Amenaza relativa total del terreno a deslizamientos. Para la definición de la amenaza relativa total del terreno a deslizamientos, se sumo digitalmente las coberturas de amenaza relativa:

Unidades Geológicas a deslizamientos (mapa11), +
Unidades Geomorfológicas a deslizamientos (mapa 14), +
Unidades de Pendiente a deslizamientos (mapa 17), +
Unidades de Cobertura y uso a deslizamientos (mapa 20)

La nueva cobertura resultante (mapa 23), contiene atributos pertenecientes a las cuatro coberturas cruzadas, en la cual una vez definida la relación entre coberturas los valores iniciales se recodificaron en términos de amenaza relativa, siguiendo las categorías amenaza con sus respectivos intervalos de clase, calculadas al igual que en el paso anterior mediante análisis estadístico de valores. Los datos adicionados digitalmente en tabla tributos correspondientes al cruce de las coberturas de amenaza permitieron obtener una distribución de datos desde 7 a 19 cuya clasificación y categorización se presentan en el cuadro 13.

Cuadro 13. Categorías de amenaza relativa total del terreno a deslizamientos

CATEGORIAS DE AMENAZA RELATIVA				
Valor o grado de amenaza	Intervalos de clase		Niveles de amenaza	Símbolo
1	7	9	Nula a muy baja	
2	9,1	11	Baja	
3	11,1	13	Moderada	
4	13,1	15	Alta	
5	15,1	19	Muy alta	

Fuente: este estudio

Establecida la amenaza relativa total del terreno a deslizamientos se efectuó el análisis comparativo de las zonas de amenaza presente en el área de estudio, caracterizándose cinco categorías de amenaza relativa por deslizamientos, las cuales en orden descendente de peligrosidad, se distribuyen alrededor de todo el corregimiento de Las Mesas, estas se identificaron y caracterizaron así.

Zona de Amenaza relativa muy alta. La zona de amenaza alta corresponde a los sectores afectados por la presencia de deslizamientos activos, en esta sector predominan las pendientes muy altas mayores a 100% en su ángulo de inclinación, evidenciándose materiales litoarenosos, de suelos muy meteorizados principalmente arena y arcilla pertenecientes a la formación Complejo Quebrada Grande, susceptible de generar futuros deslizamientos, se resalta que en esta zona se encuentra un 50% de los deslizamientos respecto al total, en su gran mayoría de tipo traslacional.

La zona de amenaza muy alta por presencia de deslizamientos, ocupa una extensión de 575 hectáreas, localizada principalmente hacia el sur occidente, área alta y media, de las principales cuencas hidrográficas entre ellas, el río Resina, quebradas Humadal, Guayabal, Estanquillo, Manzanillo, La Florida, Peñas

blancas, parte alta de la cuenca del río Chorrillo y en algunos afluentes menores como la quebrada Chaquilulo, La Esperanza, El Molino, en jurisdicción de las veredas El Porvenir y Puerto nuevo.

La magnitud de los deslizamientos registrados evidencia la generación secuencial de nuevos eventos que en la mayoría de los casos se presentaron de forma súbita sin evidencia previa de inestabilidad del material, ocasionando destrucción, sobre todo en aquellas áreas localizadas en los flancos pertenecientes a las vertientes de las mencionadas cuencas hidrográficas.

Zona de amenaza relativa alta. Se encuentra ubicada hacia el sur del corregimiento, ocupando un área de 2181 hectáreas. Constituye el 30% de los deslizamientos generadores de amenaza entre eventos de tipo traslacional y rotacional. Se ubica en zonas de pendientes con ángulos de inclinación entre 50 a 100%. Se presenta en áreas con condiciones geológicas y geomorfológicas que ofrecen poca estabilidad, sectores concernientes a la formación geológica Lavas y Piroclastos. La zona se encuentra surcada por algunas microcuencas afluentes del río Resina entre ellas las quebradas el Molino, San Pedro y La Vega, pertenecientes a la jurisdicción de las veredas Gavilla Alta, Gavilla baja, El Cedro, Puerto Esperanza y María Inmaculada.

Zona de amenaza relativa moderada. Esta zona de amenaza ocupa 3236 hectáreas distribuidas hacia el sector centro-oriental y occidental del corregimiento de Las Mesas, con un 19% del total de los deslizamientos ocurridos en la zona. Se indica que esta categoría de amenaza predomina entre el límite de los escarpes que bordean las áreas geomorfológica pertenecientes a la unidad de terrazas, donde el porcentaje de inclinación de las pendientes se determina entre el 30 y 50%, se evidencia la presencia de dicha categoría en áreas con cobertura protectora de bosque alto andino, donde la pendiente es principalmente alta, es probable la ocurrencia de deslizamientos a mediano plazo, ya que en la actualidad se registra la presencia de algunos movimientos puntuales, que pueden ser considerados como precursores de nuevos desplazamientos de terreno. Se encuentra principalmente en jurisdicción de las veredas El Silencio, María Inmaculada y providencia y hacia las laderas del páramo de Doña Juna cerros Montoso y Machete.

Zona de amenaza relativa baja. Constituye la zona de amenaza, donde existen escasos deslizamientos considerados entre el 1% del total del área de estudio, abarca extensión de 2080 hectáreas, distribuidas principalmente hacia las veredas San Rafael, El Plan y el sector occidental de la vereda Valmaría. La pendiente en estos sectores no supera el 15% en su ángulo de inclinación, se constituyen aquellas áreas semi-planas de topografía ondulada de piedemonte, donde la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es muy insipiente aun cuando no se descarta la posibilidad de la ocurrencia de desplazamientos de baja importancia

que de llegar a suceder no ocasionarían mayores daños a la población y actividades ligadas al entorno geográfico.

Zona de amenaza relativa nula a muy baja. En esta zona no existen evidencias de deslizamientos previos, por lo tanto el grado de amenaza es muy bajo y sin amenaza, abarca una zona de 2124 hectáreas, correspondiente a las áreas cubiertas por cobertura de páramo y bosque denso y coberturas de pastos, zonas de topografía de terrazas altas y valles intramontanos, donde la pendiente no supera el 5% en su ángulo de inclinación.

Las evidencias demuestran que en este sector la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos es muy baja y si llegaran a suceder su impacto no ocasionaría ningún inconveniente para la población y el medio natural. En esta categoría se encuentra localizado el centro poblado Las Mesas y algunos sectores de las veredas La Florida, San Francisco, El Carmelo, Valmaría y el sector norte de el volcán Doña Juana área que bordea la laguna El Silencio.

- Amenaza relativa total del terreno a flujos. Para la definición de la amenaza relativa total del terreno a flujos, se sumo digitalmente las coberturas de amenaza específica:

Unidades Geológicas a flujos (mapa 12) +
Unidades Geomorfológicas a flujos (mapa 15) +
Unidades de Pendientes a flujos (mapa 18) +
Unidades de Cobertura y uso a flujos (mapa 21)

La nueva cobertura resultante (mapa 24), contiene atributos pertenecientes a las cuatro coberturas cruzadas, en la cual una vez definida la relación entre coberturas los valores iniciales se recodificaron en términos de amenaza relativa. La suma digital de las coberturas en la tabla de atributos de amenaza permitió obtener un distribución numérica entre 4 y 8, cuyas categorías se reclasificaron al igual que en las anteriores mediante métodos estadísticos de distribución de datos, obteniéndose cinco categorías amenaza con sus respectivos intervalos de clase, los cuales se presentan en el cuadro 14.

Así se determinaron las categorías de amenaza a flujos que se describen a continuación.

Cuadro 14. Categorías de amenaza relativa total del terreno a flujos

CATEGORIAS DE AMENAZA RELATIVA				
Valor o grado de amenaza	Intervalos de clase		Niveles de amenaza	Símbolo
1		≤ 4	Nula a muy baja	
2	4,1	5	Baja	
3	5,1	6	Moderada	
4	6,1	7	Alta	
5	7,1	8	Muy alta	

Fuente: este estudio

Zona de amenaza relativa muy alta. Las áreas con mayor grado de amenaza relativa respecto a la ocurrencia de flujos (Lodo o detritos), se encuentran distribuidas principalmente hacia el sur occidente del corregimiento, esta categoría de amenaza cubre una extensión de 1156 hectáreas, distribuidas en las aéreas circundantes a la zona de las cuencas bajas de las quebradas Sara Concha, San Pedro, Flautal, Chaquilulo, La Esperanza, La Rinconada y La Mina y la cuenca media del río Resina en jurisdicción de la vereda La Gavilla.

La pendiente predominante en este sector es muy alta a alta, geomorfológicamente abarca la unidad de laderas moderadamente escarpadas. La mayoría de los flujos encontrados surgieron como consecuencia de la ocurrencia de fenómenos de tipo rotacional y traslacional en suelos principalmente constituidos por material de arcillas impermeables saturados con alto contenido de agua. La generación de nuevos flujos en este sector es inminente debido a la alta precipitación en la zona, la escasa cobertura natural y la evidencia de material inestable principalmente depósitos volcanosedimentarios y piroclásticos de flujo y caída. La presencia de varios deslizamientos de tipo traslacional y rotacional activos y la red de drenaje dendrítico que cumple el papel de motor de transporte del material que terminarían a corto plazo en la generación de varios flujos de tierra y detritos.

Zona amenaza relativa alta. Principalmente se encuentra hacia el sur occidente, entre el límite altitudinal superior a los 2600 m.s.n.m. cubre una área de 2097 hectáreas. Indica áreas de pendiente alta a media de laderas inclinadas localizadas en las partes altas y medias de las principales microcuencas, entre ellas La quebrada el Humadal, Guayabal, Estanquillo, San Pedro, Flautal, cuenca alta del río Resina en esta zona se evidencia la formación de algunos flujos principalmente de tipo detrítico, el material del suelo en este sector indica la

presencia de capas de rocas fragmentadas y restos de material de suelos sueltos, que posteriormente terminarían por generar este tipo de flujos.

Zona de amenaza relativa moderada. Se encuentra hacia el oriente y occidente del corregimiento sectores de topografía montañosa, con pendientes altas y medias que en su mayoría no superan los 26 grados de inclinación. Esta categoría ocupa una extensión de 3500 hectáreas, se evidencia también la ocurrencia frente a la formación de flujos menores secundarios de regular importancia por su bajo tamaño, zonas intermedias donde podrían ir a parar depósitos excedentes de material removido en forma de flujo proveniente de sectores altos donde han ocurrido deslizamientos con anterioridad, donde el suelo se encuentra suelto a la espera de ser transportado.

Se prevé la formación de algunos flujos en los sectores medios de la cuenca del río Chorrillo, las quebradas Guayabal, La Florida, Peñas blancas y sectores aledaños a la desembocadura de algunos afluentes del río Resina que nacen en la parte alta del páramo del Volcán Doña Juana, estos flujos principalmente provienen de desprendimientos gravitatorios de material ocasionados por remoción de suelo de las laderas que bordean dichos afluentes.

Zona de amenaza relativa baja. La zona de amenaza baja se encuentra principalmente en las áreas planas eventualmente zonas altas de terrazas, con pendientes menores a 8 grados de inclinación, localizadas en los sectores de las veredas La Florida, San Francisco, San Rafael y aéreas cercanas al actual edificio volcánico Doña Juana. Ocupa una extensión de 2461 hectáreas, la escasa incidencia de flujos en este sector establece la baja posibilidad de que este tipo de eventos puedan presentarse y si llegasen a suceder se catalogarían como terciarios puesto que sus efectos no ocasionarían resultados notorios que alteren las actividades de desarrollo y la vida de las comunidades que habitan en este sector.

Zona amenaza relativa nula a muy baja. La zona de amenaza relativa nula a muy baja ocupa una extensión de 991 hectáreas. Es el área sin la más mínima probabilidad de ocurrencia de este tipo de eventos. Se encuentra territorialmente localizada hacia el nororiente del área de estudio, distribuida en las veredas La Florida, El Carmelo, María Inmaculada y algunos sectores de Valmaría. Se aclara que en el sector de Valmaría evidencias indican presencia geológica de un flujo de Lodo o lahar que se produjo como consecuencia de la erupción intempestiva del volcán Doña Juana en su último periodo de actividad explosiva, formado a partir de la mezcla de material de flujos piroclásticos y el agua proveniente de la lluvia en el momento de la erupción, concluyéndose que los tipos de flujos analizados para este estudio nada tiene que ver con origen volcánico, por ello el modelo calculado permitió que se concibiera la gran mayoría del sector como zona de amenaza nula a muy baja frente a flujos de suelo y detritos.

- Definición de la amenaza relativa total del terreno a caídas de roca. Para la definición de la amenaza relativa total del terreno a caídas de roca, se sumo digitalmente las coberturas de amenaza relativa.

Unidades Geológicas a caídas de roca (mapa 13),+
 Unidades Geomorfológicas a caídas de roca (mapa 16),+
 Unidades de Pendientes a caídas de roca (mapa 19),+
 Unidades de Cobertura y uso a caídas de roca (mapa 22)

La nueva cobertura resultante (mapa 25) contiene atributos pertenecientes a las cuatro coberturas, en la cual una vez definida la relación entre coberturas los valores iniciales se recodificaron en términos de amenaza relativa. Los valores provenientes de la serie estadística resultado de la suma de capas en la tabla de tributos de amenaza a caídas de roca, permitieron identificar un distribución numérica entre 4 y 8, valores que fueron reclasificados estadísticamente obteniéndose cinco niveles de amenaza con sus respectivos intervalos de clase, los cuales se presentan en el cuadro 15.

Cuadro 15. Categorías de amenaza relativa total del terreno a caídas de roca

CATEGORIAS DE AMENAZA RELATIVA				
Valor o grado de amenaza	Intervalos de clase		Niveles de amenaza	Símbolo
1		≤ 4	Nula a muy baja	
2	4,1	5	Baja	
3	5,1	6	Moderada	
4	6,1	7	Alta	
5	7,1	8	Muy alta	

Fuente: este estudio

Las ares afectadas por caídas de roca para el área de estudio se establecieron de la siguiente manera.

Zona de amenaza relativa muy alta. La Zona de amenaza muy alta por caída de rocas se constituye en los sectores donde domina la pendiente muy alta con ángulos de inclinación mayor a 100%, principalmente para el área de estudio se identifico esta categoría de amenaza cubriendo un zona de 43 hectáreas ubicada principalmente en el sector sur occidental del corregimiento, precisamente en las unidades geomorfológicas de terrazas fuertemente disectadas margen izquierdo

de la cuenca media del río Resina hacia el sector donde se localiza la carretera entre el Centro Poblado Las Mesas y la Vereda El Porvenir. El mayor grado de amenaza se evidencia sobre la base del talud de las terrazas fuertemente disectadas, definido como área de impacto directo por rocas precipitadas en caída libre, que podrían afectar la carretera que conduce desde Las Mesas hasta La cabecera municipal del Tablón.

Zona de amenaza relativa alta. Esta zona de amenaza se encuentra distribuida hacia el occidente del área de estudio, configurando las unidades geomorfológicas pertenecientes a laderas fuertemente escarpadas, cuchillas y cerros residuales, cubre un área de 515 hectáreas. En ellas se evidencia la ocurrencia de caída de rocas a manera de saltos o rodando, impulsadas por la presencia de pendientes altas a medias afectando las actividades humanas que se encuentran emplazadas en el los flanco de las vertientes pertenecientes a la microcuencas Estanquillo y cuenca alta del río Resina, afectando las zonas del talud medio de las terrazas y laderas.

Zona de amenaza relativa moderada. La zona de amenaza relativa moderada se distribuye en una superficie de 1877 hectáreas, localizadas en la gran mayoría del corregimiento pero esencialmente hacia el noroccidente en el cañón del río Chorrillo, así como en algunos sectores del complejo volcánico Doña Juana precisamente cubriendo el área perteneciente al edificio volcánico, en este último la amenaza no se cierne sobre la población ya que es un zona deshabitada.

Zona de amenaza relativa baja. Área que exhibe poca ocurrencia de movimientos en masa tipo caída de rocas, ocupa un plano de 3587 hectáreas, localizada al norte y sur del área de estudio. Su ubicación la cataloga como una zona de pendientes bajas menores a 15 grados de inclinación la cual no reviste ninguna peligrosidad por su ubicación en áreas planas lejos de cualquier eventualidad originada por procesos gravitacionales tipo caída de rocas.

Eventualmente y esporádicamente pueden ocurrir caídas de rocas ellas son demasiado escasas aún cuando no se descarta su ocurrencia, sus efectos no serian adversos para la población y las actividades que ahí se emplazan puesto que el fenómeno no adquiere el poder y la peligrosidad características ya que en el área la pendiente baja del terreno trunca y debilita la probabilidad de que el movimiento cobre relevancia.

Zona de amenaza relativa nula a muy baja. Le corresponde el área sin ninguna probabilidad de ocurrencia de fenómenos tipo caída de rocas ya que se constituye geomorfológicamente en zonas planas principalmente en la cima de las terrazas, donde las pendientes son muy bajas entre 0 y 5% de inclinación, esta categoría es la mayor de las identificadas para este tipo de fenómenos con una área de 4184 hectáreas, distribuida entre el centro poblado Las Mesas y las veredas, San Rafael, El Plan, El Carmelo, La Florida, San Francisco, María Inmaculada,

Valmaría y algunos sectores correspondientes a la zona altitudinal de 2500 m.s.n.m.

10.1.4 Amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa. La amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa, se obtuvo al igual que en la generación de los mapas de amenaza relativa total de terreno a cada tipo de fenómeno, mediante modelamiento en el Sistema de Información Geográfica, ejecutando sucesivas operaciones de cruce de capas espaciales donde se sumaron digitalmente las coberturas correspondientes a amenaza relativa total del terreno a deslizamientos (mapa 23), amenaza relativa total del terreno a flujos (mapa 24), amenaza relativa total del terreno a caídas de roca (mapa 25). La cobertura resultante contiene atributos correspondientes a las tres coberturas cruzadas, en la cual se sumaron valores y se recodificaron en niveles de amenaza obteniéndose cinco categorías, la definición de las categorías o rangos presentadas, se calcularon al igual que en los anteriores casos a través del método de análisis estadístico de distribución numérica definiéndose niveles desde 15 a 33, consiguiendo la categorización de cinco niveles de amenaza con sus respectivos intervalos de clase, los cuales se presentan en el cuadro 16.

Cuadro 16. Categorías de amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa

CATEGORIAS DE AMENAZA RELATIVA				
Valor o grado de amenaza	Intervalos de clase		Niveles de amenaza	Símbolo
1	15	19	Nula a muy baja	
2	19,1	22	Baja	
3	22,1	25	Moderada	
4	25,1	28	Alta	
5	28,1	33	Muy alta	

Fuente: este estudio

Posteriormente se fusiono en el SIG, los polígonos adyacentes de la cobertura resultante que contienen el mismo valor de amenaza, procedimiento que permitió crear una nueva capa de amenaza relativa total del terreno, donde se agrupan los valores pertenecientes a cada categoría de amenaza, produciéndose la eliminación de bordes comunes, los cuales se disolvieron para unir los polígonos

en uno mayor. La distribución espacial de las zonas de amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa, se identifican en los mapas 26 y 27.

El mapa final de amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa, indica la probabilidad de ocurrencia de los tres tipos de movimientos de remoción en masa (Deslizamientos, Flujos y Caídas de roca), con las cuatro variables geoambientales involucradas (Geología, Geomorfología, Pendientes, Uso y cobertura del suelo). De ello se definió para el área de estudio cinco zonas de amenaza relativa total del terreno las cuales se establecen a continuación.

Zona de amenaza relativa muy alta. La zona de amenaza relativa muy alta, se considera como el área afectación continua y secuencial de fenómenos de remoción en masa los cuales actualmente se encuentran en estado activo y en donde la posibilidad de movimientos en masa es muy alta en caso de ocurrir lluvias intensas u otro factor detonante. En el área de estudio corresponde a las zonas de topografía con pendientes fuertes a muy fuertes cubriendo una superficie de 852 hectáreas, que constituyen el 8% del total del área de estudio.

En esta zona el material de los suelos es muy susceptible a desarrollar movimientos en masa, se encuentra directamente influenciada por las unidades geológicas Complejo Quebrada Grande, Lavas y Piroclastos. La razón para que sea catalogada esta área como de amenaza alta se debe al tipo de litología que define suelos arcillosos y arenosos muy propensos por su baja cohesión y alta capacidad de fracturamiento a la generación de fenómenos de remoción en masa y la alta tasa de fenómenos en masa encontrados actualmente.

Esta categoría de amenaza se encuentra distribuida en dos sectores geográficos que presentan restricciones asociados a sitios críticos por su alta incidencia de fenómenos en masa. El primero de ellos ubicado hacia el occidente sobre los márgenes hídricos tributarios, principalmente en la cuenca alta y media de las quebradas Estanquillo y Florida.

El segundo sector de amenaza muy alta se ubica con tendencia mayor hacia el sur occidente, eventualmente se encuentra distribuido hacia la parte de la cuenca media del río Resina, en jurisdicción de las veredas, el Porvenir, La Gavilla alta, El Cedro, María inmaculada (Quebrada Guayabal) y Valmaría (Quebrada Humadal). Se identificó también un área menos representativa de amenaza relativa muy alta localizada hacia el extremo sur occidental de la vereda puerto esperanza, por encima de la cota de 2500 m.s.n.m.

En esta zona el mayor peligro por fenómenos de remoción en masa se evidencia sobre la población local y las obras de infraestructura que se encuentran expuestas de manera directa a los efectos generados por la remoción. Se resalta

que en este sector se ubica la vía de acceso que comunica a la cabecera municipal del Tablón con el centro poblado Las Mesas.

Zona de amenaza relativa alta. La zona de amenaza relativa alta corresponde a las áreas sujetas a la generación de fenómenos de remoción en masa pero no de forma continua, donde el intervalo de ocurrencia de movimientos en masa no es periódico sino más bien esporádico entre ciertos intervalos de tiempo. Para el área de estudio esta zona corresponde a la región donde predomina el relieve dominado por pendientes altas, de laderas moderadamente a fuertemente escarpadas, geología predominante compuesta por depósitos de Lavas y Piroclastos y con una cobertura predominante de pastos y cultivos. Esta zona cubre una superficie de 1848 hectáreas, que constituyen el 18% del total de área de estudio, dispersándose predominantemente hacia el sur del corregimiento, principalmente hacia las veredas Gavilla alta, El Cedro, Gavilla baja, Providencia, El Silencio (sector de la cuenca alta del río Resina) y gran parte de la vereda Puerto esperanza.

Hacia el sector Norte del área de estudio también se encuentra una zona de amenaza alta cubriendo el extremo derecho de la quebrada Peñas blancas y el río Chorrillo, que por las características de los materiales litológicos esta zona ofrece pocas condiciones de estabilidad catalogándose como alta la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa.

Zona de amenaza relativa moderada. Se considero las zonas de amenaza relativa moderada como las áreas donde la actividad por ocurrencia de fenómenos de remoción en masa es poco frecuente y solo se presentan activación moderada de ciertos deslizamientos antiguos relictos cuya actividad y magnitud no reviste gran relevancia. Para el área de estudio se identifico esta zona de amenaza, en sectores dominado por una topografía de pendientes medias, cubre una extensión de 2920 hectáreas distribuidas en sectores de las partes altas de las principales microcuencas, que constituye el 28% del total del área de estudio. En un área más representativa es posible evidenciar esta categoría localizada hacia el oriente del corregimiento, en el sector del ecosistema de páramo conocido como machete de Doña Juana, así mismo en las zonas de transición entre los escarpes de la zona de talud y el área plana de las unidades geomorfológicas de terrazas fuertemente disectadas.

Zona de amenaza relativa baja. La zona de amenaza relativa baja le corresponde a las áreas que no muestran evidencias previas de formación de fenómenos de remoción en masa, pero en donde no se descarta la posibilidad que estos ocurran en un futuro o cuya ocurrencia pueda evolucionar en la formación de episodios que permitan incrementar el nivel de amenaza relativa, dado que estas áreas se encuentran sujetas a la evolución geográfica espacial del medio físico. Para el área de estudio esta categoría ocupa una extensión de 1979 hectáreas, que representan el 19% del total del área de estudio, se encuentra dominando la

zona plana de terrazas altas, localizadas en el centro del corregimiento, veredas el Plan y San Rafael, se estable también un zona perteneciente a esta categoría ubica hacia el oriente vereda El Silencio y el complejo volcánico Doña Juana. Sobre la susceptibilidad del centro poblado Las Mesas, se resalta que dentro de la categoría de amenaza baja podría incluirse el sector norte del centro poblado Las Mesa, área final entre la terraza y el escapare principal del talud, aun cuando se establece que el nivel de detalle y escala de trabajo no permite determinar con exactitud su extensión y ubicación puntual, se resalta que la evolución de la misma podría considerarse puesto que en el sector se encuentra sometido a dinámica de asentamiento poblacional urbano.

Zona de amenaza relativa nula a muy baja. La zona de amenaza relativa muy baja o nula, se determino en sectores que no muestran ninguna evidencia precedente de ocurrencia o actividad de fenómenos de remoción en masa, ello fundamentado en las características actuales de la zona, regidas por el alto nivel de estabilidad del medio físico, siendo casi improbable que se desarrollen movimientos en masa en un futuro próximo. Para el área de estudio se identifico dicha categoría de amenaza, cubriendo una superficie de 2614 hectáreas, representadas en el 25% del total del corregimiento, geomorfológicamente influenciado por zonas planas de terrazas altas que no superan el 5% de pendiente, terrenos suavizados por la presencia de flujos piroclásticos, con un cobertura predominante de pastos arbolados que cataloga a esta zona como una de las menos inestables presentando condiciones favorables que repelen cualquier oportunidad de formación de fenómenos de remoción en masa en cualquiera de los tres tipos de movimientos estudiados.

La zona de amenaza nula a muy baja se encuentra ubicada hacia la zona norte del área de estudio centro de la jurisdicción de las veredas El Carmelo La Florida y San Francisco, al oriente en las veredas El Silencio y en algunos sectores de María Inmaculada, Valmaría y hacia la parte media del complejo volcánico Doña Juana y algunos sectores del páramo el Machete.

Se resalta que el centro poblado Las Mesas zona urbana, se ubica en zona de amenaza muy baja lo cual es muy favorable tomando como partida el condicionante de que aquí se ubica la mayor parte de la población que conforma el corregimiento y que cualquier eventualidad anómala relacionada con amenazas de este tipo podría desestabilizar la estructura espacial y económica del sector, por ello se establece que las condiciones físicas de este sector lo catalogan como un lugar idóneo para el establecimiento de actividades de infraestructura urbana, siempre y cuando se realicen tomando en cuenta medidas de planificación urbana y del medio físico incluyendo la categorización de las amenaza herramienta base de todo proyecto de planificación del medio físico.

11. CONCLUSIONES

- ✓ Se debe entender que la evaluación del comportamiento de la amenaza relativa por fenómenos de remoción en masa efectuado para el Corregimiento de Las Mesas, es un modelo basado en las condiciones intrínsecas del terreno y su influencia sobre la generación de fenómenos de remoción en masa, por lo tanto se advierte que en la medida que se avance en el conocimiento de los fenómenos de remoción en masa que permitan el establecimiento y empleo de nuevas técnicas de análisis, este modelo puede cambiar.
- ✓ Los resultados obtenidos en los mapas de amenaza relativa total del terreno presentados, fueron validados en campo donde se contrastaron las áreas de amenaza identificadas, así mismo el mapa final de amenaza fue cruzado con el mapa de fenómenos de remoción en masa quedando demostrado que las zonas con mayor número de fenómenos de remoción en masa efectivamente coincidieron con las áreas críticas delimitadas en el mapa de amenaza relativa final, como zonas de amenaza relativa muy alta a alta, definiéndose que la metodología utilizada fue acertado puesto que las zonas de amenaza no difirieron en lo absoluto, deduciéndose que el modelo se ajusta a la realidad en un 95 % por lo tanto los resultados son bastante confiables.
- ✓ Se concluye que la implementación del método estadístico univariado en el estudio de los fenómenos de remoción en masa, fue una alternativa muy acertado puesto que permitió la valoración de la amenaza relativa o susceptibilidad de cada factor intrínseco del terreno frente a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa, siendo ventajoso puesto que admitió de forma rápida y confiable la evaluación y definición de las zonas de amenaza relativa total del terreno.
- ✓ El uso de el Sistema de Información Geográfico (SIG), es una herramienta indispensable en la definición de la amenaza por fenómenos de remoción en masa puesto que agiliza al máximo el procesamiento de datos espaciales, permitiendo la manipulación de las diferentes coberturas temáticas, precisando de forma rápida el modelamiento espacial entre capas temáticas y permitiendo tomar de decisiones acertadas y confiables.
- ✓ El estudio se orientó en evaluar la amenaza relativa o susceptibilidad del terreno a la generación de fenómenos de remoción en masa en el Corregimiento de Las Mesas, Municipio El Tablón de Gómez. Por tal razón se enfocó en el análisis de variables geoambientales o factores intrínsecos del terreno y su contribución como generadores de amenaza, lo cual permitió establecer que los fenómenos de remoción en masa en el área de estudio, se encuentran directamente relacionados con la Geomorfología, las Pendientes, la Geología y la Cobertura del suelo, elementos que inciden en un 90% en la

formación movimientos en masa, ya que queda demostrado que la mayoría de fenómenos de remoción en masa se produjeron en áreas con condiciones de topografía agreste de suelos blandos muy meteorizados, con suelos incipientes desprovistos de coberturas naturales.

- ✓ En el área de estudio se determinó que de 10195.8 hectáreas correspondientes a la superficie total del corregimiento de Las Mesas, el espacio afectado por deslizamientos corresponde al 0.21% del total, mientras que el área afectada por flujos le pertenece el 0.016 %, en tanto que la zona afectada por caídas le corresponde el 0.007%. estos porcentajes podrían ser catalogados como medios tomando en cuenta la extensión del área de estudio.
- ✓ Se definió que de 305 fenómenos de remoción en masa identificados, 298 corresponde a deslizamientos que representan el 97.7%, 2 atañen a flujos expresados en 0.6 % y 5 a caídas de roca valorados en 1.6% del total, por lo cual se concluye que los fenómenos de remoción en masa más comunes en el área de estudio son los deslizamientos, seguidos por las caídas y los flujos respectivamente.
- ✓ Se estableció que los deslizamientos se presentaron de forma permanente en zonas de pronunciadas pendientes altas a muy altas con ángulos de inclinación entre 50 y 100%, las caídas de roca en ángulos de pendientes dominantes muy altas por encima de 100% y los flujos en pendientes medianas a bajas entre 15 y 30%.
- ✓ Se determinó que el área de estudio, se encuentra sometida a intensas precipitaciones entre 300 milímetros mensuales en su etapa más crítica durante dos periodos al año sistema bimodal. Así mismo se determinó que los periodos más críticos de exceso de lluvias que enfrentó el área de estudio durante la serie evaluada obedecieron a la incidencia de ondas estacionarias y eventos climáticos globales anormales como el fenómeno de La Niña, aumentando las posibilidades de generación de fenómenos de remoción en masa que por saturación del material de los suelos acrecientan las probabilidades de ocurrencia de movimientos en masa. Así mismo se definió que el déficit de lluvia durante las series evaluadas estuvo condicionado por el paso de ondas estacionarias como el fenómeno del Niño, donde la menor precipitación se encuentra por debajo de los 50 milímetros mensuales para el mes más seco agosto.
- ✓ Se definió que de 10195.8 hectáreas correspondientes al área de estudio y según el mapa de amenaza relativa total del terreno a cada uno de los tipos de fenómenos de remoción en masa, la definición de las zonas de amenaza por deslizamientos se encuentran distribuidas porcentualmente de la siguiente manera: amenaza relativa muy alta con el 5.6%, amenaza relativa alta 21.4%, amenaza relativa moderada 31.7%, finalmente las zonas de amenaza relativa

baja y nula a muy baja les corresponde el 20.8% y 20.4% respectivamente del área total. Así mismo se definió que las zonas de amenaza por flujos se encuentran relacionadas así: amenaza relativa muy alta 11.3%, amenaza relativa alta 20.5%, amenaza relativa moderada 34.3%, amenaza relativa baja 24.1%, amenaza relativa muy baja 9.7%. Finalmente las zonas de amenaza relativa total del terreno a caídas de roca se distribuyen de la siguiente forma, amenaza relativa muy alta 0.42%, amenaza relativa alta 5%, amenaza relativa moderada 18,4%, amenaza relativa baja 35% amenaza relativa nula a muy baja 41%.

- ✓ El mapa de amenaza relativa total del terreno a todos los tipos de fenómenos de remoción en masa establece que de un total de 10195.8 hectáreas correspondientes al área de estudio, un 8.3% de su área total presenta amenaza relativa muy alta categoría 5, el 18.1% amenaza relativa alta categoría 4, 28,6% amenaza relativa moderada categoría 3, 19.4% amenaza relativa baja categoría 2 y 25.6% amenaza relativa nula a muy baja categoría 1, deduciéndose que las zonas con alto potencial a desplazarse no abarcan grandes superficies sino que se encuentra dispersa en toda el área de estudio.
- ✓ Se concluye que para el centro poblado Las Mesas según el mapa de manaza relativa total del terreno, actualmente se cataloga como un espacio seguro por presentar niveles de amenaza muy baja a baja, ello significa que su planificación y ubicación actual cumple con criterios para una futura expansión urbana sin ningún peligro de presentar movimientos en masa, por lo tanto la población que se encuentra asentada en dicho espacio geográfico no se encuentra expuesta en este momento a ninguna eventualidad relacionado con estos fenómenos, sin que se pueda descartar la posibilidad que a futuro ocurran algunos de ellos como consecuencia de una desordenada planificación urbana. Se resalta que hasta el momento ninguno de los fenómenos de remoción en masa analizados ha repercutido perjudicialmente de forma desastrosa sobre el centro poblado Las Mesas y áreas rurales de interés con el agravante de pérdidas económicas y humanas efectuando el caso de la familia sepultada por un deslizamiento en la vereda María Inmaculada en el año de 1985.
- ✓ En cuanto a deslizamientos analizados la mayoría de ellos o por lo menos los más representativos se encuentran ubicados a lo largo de las principales vías y caminos veredales lo que indica que la intervención antrópica junto con las lluvias y las pendientes, se asumen como los mayores factores contribuyentes en la generación de fenómenos de remoción en masa en el área de estudio.
- ✓ La localización puntual de los fenómenos de remoción en masa, muestra un marcado protón de movimientos lineales paralelo a la red de drenaje en la zona. Estableciéndose senderos de remoción en masa, principalmente a lo largo del margen de las quebradas Humadal, Estanquillo y El río Resina.

- ✓ El cambio de vocación de uso de los suelos sobre áreas eminentemente forestales, para el establecimiento de actividades agropecuarias ha ocasionado deterioro de los mimos reflejado en la aparición de procesos erosivos que finalmente terminaron por generar fenómenos de remoción en masa en toda el área de estudio.
- ✓ La zonificación de la amenaza relativa que se presenta para el área de estudio, brinda información fundamental, para los procesos de toma de decisiones, ya que establece la posibilidad de conocer la respuesta del medio físico frente a la formación de fenómenos de remoción en masa; La zonificación entonces se establece como el mecanismo que permite contar con información objetiva de áreas puntuales propensas que por sus características actúales (niveles de amenaza) requieran interés prioritario para ser incorporadas dentro de los planes programas y proyectos relacionados con la prevención de amenazas en el desarrollo físico espacial de Corregimiento de Las Mesas.
- ✓ La carencia de información sobre archivos históricos y bases de datos que relacionen fechas de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa así como la falta de información meteorológica que permitieran definir con exactitud la incidencia de las precipitaciones detonantes de movimientos en masa, fue un factor determinante en la definición la amenaza en términos pirobalísticos, que permitiera establecer y contrastar fechas de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa con factores de tonantes (precipitación diaria) a fin de determinar umbrales cuantitativos que permitieran puntualizar lluvias detonantes de movimientos en masa y sus posibles periodo de retorno.
- ✓ Como conclusión final, se enfatiza que la zonificación de amenaza relativa que se expuso para este trabajo, se baso en la influencia que tienen las diferentes variables geoambientales en el área de estudio, es decir las áreas de amenaza determinadas, son validas únicamente para este sitio, por lo tanto si se evalúan condiciones similares fuera de la zona objeto de esta investigación, los resultados obtenidos pueden diferir notoriamente.

12. RECOMENDACIONES

- ✓ Tomando como base los resultados que se obtuvieron en esta investigación, se recomienda que en todo proceso físico de planificación territorial local que se pretenda desarrollar en el corregimiento de Las Mesas, se deba tomar en cuenta, los criterios de amenaza relativa, presentados en este estudio observando y respetando las zonas amenaza relativa muy alta a alta, con el fin de mejorar y preservar los proyectos y obras encaminados a la búsqueda del desarrollo físico espacial de dicho entorno.
- ✓ La incidencia de fenómenos de remoción en masa en toda el área de estudio, se puede minimizar, solo se necesita de acciones que aseguren una mejor planificación del territorio y manejo de los recursos naturales promoviendo el manejo sustentable del recurso suelo, por tal motivo se recomienda evitar el corte de taludes para la construcción de vías de comunicación terrestre, en aquellos sectores de pendientes muy altas superiores a 50% de suelos no consolidados donde predominen arenas volcánicas y arcillas.
- ✓ Se recomienda prevenir al máximo los factores de deterioro ambiental entre ellos la deforestación de zonas de alta pendiente, por el contrario se exhorta a reforestar aquellas áreas desprovistas de vegetación, mediante la siembra de coberturas nativa protectoras, sobre todo en aquellos sectores de las principales cuencas y microcuencas que se encuentran altamente intervenidas entre ellas la cuenca del río Resina, quebrada Humadal y Guayabal, para proteger las laderas del proceso de erosión y así evitar la formación de fenómenos de remoción en masa futuros, para lograrlo se deberá recurrir a la normatividad ambiental que rige para Colombia en torno a la protección de ecosistemas terrestres. En las zonas identificadas como de amenaza relativa alta a muy alta, se recomienda tomar medidas correctivas que aseguren la estabilidad de los sectores afectados y en caso contrario se deben tomar composturas tendientes a la conservación y promoción como áreas de protección natural.
- ✓ El conocer la amenaza relativa del corregimiento de Las Mesas frente a la formación de fenómenos de remoción en masa, abre las posibilidades de implementación programas y proyectos relacionados con la gestión del riesgo, por ello se recomienda que sería de suma importancia ya que se cuenta con el presente estudio, que la alcaldía municipal del Tablón de Gómez considerara elaborar un Plan Local de Emergencias y Contingencias (PLEC), por fenómenos de remoción en masa para el corregimiento de Las Mesas.
- ✓ En vista que la degradación de los suelos en el área de estudio, por las inadecuadas prácticas agropecuarias incrementa cada vez más, se recomienda que todo proceso productivo se desarrolle de manera sustentable, es decir

implementar buenas prácticas agrícolas como la rotación de cultivos, técnicas de labranza mínima. En relación con las pendientes se recomienda cultivar en función de la orientación de las curvas de nivel, construir barreas o setos vivos, construir terrazas para instalación de cultivos e implementar sistemas silbo pastoriles donde se incluya el pasto para el ganado con la siembra de especies forrajeras arbóreas que ayuden a retener suelo y evitar la erosión.

- ✓ Dado los resultados obtenidos en la presente investigación se invita a replicar esta metodología en otros puntos del territorio municipal del Tablón de Gómez que en la actualidad enfrentan la problemática de los fenómenos de remoción en masa y que carecen totalmente de estudios confiables que permitan actuar frente al conocimiento de las áreas de amenaza relativa por este tipo de procesos.
- ✓ Para estudios futuros de zonificación de la amenaza se recomienda, contar con información aerofotográfica mas reciente debido a que para el presente trabajo se debió utilizar fotografías aéreas de de mas de 15 años de antigüedad ya que en el momento el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, entidad gubernamental encargada de proveer dicho material, no cuenta con catálogos de imágenes recientes, esto con el propósito de hacer seguimiento y correlacionar espaciotemporalmente la evolución de los fenómenos de remoción en masa en el área de estudio.
- ✓ Se recomienda a la administración municipal del Tablón de Gómez a través de la oficina de planeación u otro ente designado, contemplar la posibilidad del monitoreo de las áreas que en este estudio se clasificaron como amenaza relativa muy alta y alta, ello con el fin de tomar medidas de prevención, de control y mitigación para dar aviso temprano a las comunidades sobre nuevos fenómenos de remoción en masa que puedan ocurrir.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDIA DEL TABLON DE GÓMEZ. Esquema de Ordenamiento Territorial.2003.

BONACHEA PICO, Jaime. Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos. España: Universidad de Cantabria. 2006. p.

BORJA, Roberto y ALCANTARA, Irasema. [En línea]. Procesos de remoción en masa y riesgos asociados en Zacapoaxtla Puebla. En: Investigaciones Geográficas. México. No.53 (abr. 2004). En: www.google.com. (Consultado, 29 Oct. 2009). Disponible en la dirección electrónica: http://www.docentes.unal.edu.co/gvargasc/docs/PUBLICACIONES_RIESGOS/destertificacion.pdf

CARDONA ARBOLEDA, Omar. Prevención de desastres y participación ciudadana en Colombia. En: LAVELL, Hallan. Viviendo en riesgo comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. Colombia: tercer mundo editores, 1994. 386 p.

CONGRESO DE COLOMBIA. [En línea]. Ley 46 de 1989. En: [WWW. google.com](http://WWW.google.com). (consultado 10 Oct.2008). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/ley46de1998.pdf>

_____. Modificaciones al régimen de reforma urbana. Ley 388 y decreto reglamentario 2111 de 1997. Bogotá: Librería jurídica Sánchez R. LTDA. 2005.155 p.

_____. Sistema general Ambiental. Ley 999 de 1993. Bogotá. Unión Ltd., 2005. 250 p.

COQUE, Roger. Geomorfología. Madrid: Alianza, 1984. 117 p.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E INFORMACIÓN GEOCIENTÍFICA MINERO-AMBIENTAL Y NUCLEAR INGEOMINAS. Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa guía metodológica. Colombia: escuela colombiana de ingeniería, 2001. 166 p.

DUQUE, ESCOBAR, Gonzalo. [En línea]. Amenazas naturales en los Andes de Colombia. En: www.google.com. (Consultado, 6 Oct. 2009). Disponible en la dirección electrónica:<http://www.digital.unal.edu.co/dspace/bitstream/10245/327/1/amn-and-colombia.pdf>

ESCUELA DE GEOLOGÍA. Boletín de Geología, vol. 22, № 37. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2001. 67 p.

GOBERNACION DE NARIÑO, COMITÉ REGIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES CREPAD. Plan departamental para la prevención y atención de desastres 2007-2017. Gobernación de Nariño. 156 p.

GONZALES G. Álvaro. Conceptos sobre la evaluación de riesgo por deslizamientos. En: SEMINARIO TALLER SOBRE METODOLOGÍAS DE ZONIFICACIÓN EN GEOCIENCIAS. (1996: Villa de Leiva). Compendio de conferencias. Bogotá. INGEOMINAS, 1996. 30 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas sexta actualización. Santafé de Bogotá D.C: ICONTEC., 2008. 111 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGIA Y MINERIA INGEOMINAS. [En línea]. Zonificación de la amenaza por deslizamientos del casco urbano del Municipio de Dolores Tolima. Bogotá Colombia, 2003. p.5. En: [WWW. google.com](http://WWW.google.com). (consultado ,6 Mar.2009). Disponible en la dirección electrónica: http://www.ingeominas.gov.co/component/option,com_docman/task,catalog_view/gid,302/Itemid,99999999/

_____. Plancha Geológica escala 1:100.000. No. 411 La Cruz. Bogotá: INGEOMINAS., 2002.

_____. [En línea]. Informe de visita técnica a la zona de influencia del volcán Doña Juana, cerro Montoso corregimiento de Las Mesas, municipio de Tablón de Gómez departamento de Nariño. San Juan de Pasto, 2009.p.8.En: www.google.com. (Consultado, 28 Mar.2011). Disponible en la dirección electrónica: http://intranet.ingeominas.gov.co/pasto/images/d/da/Informe_visita_may_2009_volcan_Dona_Juana.pdf

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. [En línea]: Los fenómenos cálidos del pacífico (el Niño) y fríos del pacífico (la Niña) y su incidencia en la estabilidad de laderas en Colombia. III simposio panamericano de deslizamientos. Cartagena Colombia, agosto de 2001. p.1. En: [www. google.com](http://www.google.com). (consultado ,06 Oct.2009). Disponible en la dirección

electrónica:

<http://www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/El%20Ni%C3%B1o%20y%20la%20Ni%C3%B1a%20y%20la%20estabilidad%20de%20Laderas%20en%20Colombia.PDF>

_____. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de el Niño. [En línea]: [www. google.com](http://www.google.com). (consultado ,06 Oct.2009). Disponible en la dirección electrónica:

<http://www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/El%20Ni%C3%B1o%20y%20la%20Ni%C3%B1a%20y%20la%20estabilidad%20de%20Laderas%20en%20Colombia.PDF>

_____. [En línea].Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamientos en tiempo real. Simposio Latinoamericano de control de la erosión.2002 WWW. [google.com](http://www.google.com). (consultado ,19 Agost.2009). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/Modelo-pronosticoFRM.pdf>

_____. Boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de La Niña. En: [www. google.com](http://www.google.com). (consultado ,06 Oct.2009). Disponible en la dirección electrónica:

<http://www.ideam.gov.co/biblio/paginaabierta/El%20Ni%C3%B1o%20y%20la%20Ni%C3%B1a%20y%20la%20estabilidad%20de%20Laderas%20en%20Colombia.PDF>

_____. Unidades geomorfológicas del territorio Colombiano. Santafé de Bogotá. 59 p.

INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Nariño. 2004. En: [CD - ROM]. 117 p.

_____.Aerofotografías. Vuelos C2568 Nos. 093-094. Escala 1:43000 aprox. Y vuelo C2569 Nos. 136-139. Escala 1:43000 aprox. Santafé de Bogotá: IGAC., 1.995.

_____.Plancha Topográfica escala 1:25.000. Nos. 411-III-A-B-C. Bogotá: IGAC., 1994

LEET Y JUDSON. Fundamentos de geología física. México: Primera Ed. Limusa, 1968. 450 p.

LUGO HUBP, José, y Otros. [En línea]. En: Revista Mexicana de ciencias geológicas. México. Vol. 22, No. 2 (2005); p. 214. En: www.google.com. (Consultado, 29 Oct. 2009). Disponible en la dirección electrónica: http://www.coremisgm.gob.mx/servicios/biblioteca/biblionotas/biblo_may-jun07.pdf

MAYORGA MARQUES, Ruth. Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. Tesis para optar al título de Magister en meteorología. Bogotá. Trabajo de grado Universidad Nacional de Colombia. 2003. 208 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Instructivo para el levantamiento y actualización de coberturas de la tierra en las áreas de parques nacionales. Bogotá. 2008. 33 p.

_____. [En línea]. Protocolo para remoción en masa. Bogotá, 2009. En: www.google.com. (consultado ,06 Oct.2009). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/Protocolo paraRemocionenMasa.pdf>. 16 p.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. [En línea]. Decreto 879 de 1998. En: www.google.com. (Consultado, 6 Jun. 2010). Disponible en la dirección electrónica: http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/decretoslinea/1998/mayo/13/dec879131998.pdf

MINISTERIO DEL INTERIOR, DIRECCIÓN GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES DE COLOMBIA. Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. 2ed. Santafé de Bogotá: Olitocompulta, 2001. p. 23.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y OTROS. Plan de ordenamiento y manejo ambiental del complejo volcánico Doña Juana, cerró Juanoy y su área de influencia. Bogotá, 2003.

MORENO JIMÉNEZ, Antonio. Sistemas y Análisis de la Información Geográfica, manual de auto aprendizaje con ArcGIS. Madrid: Alfa omega – Rama, segunda edición. 2008. 911 p.

MUÑOZ, Mayerling. Determinación de zonas de amenaza por deslizamientos en la cuenca del Guamués mediante fotointerpretación. Monografía para optar al título de Ingeniero civil. Pasto. Trabajo de grado Universidad de Nariño. 1996. 206 p.

NARVÁEZ, Germán. Estudio geográfico del Volcán Doña Juana y su área adyacente una perspectiva ambiental. Monografía para optar al título de geógrafo. Bogotá. Trabajo de grado universidad Nacional de Colombia. 1998. 122 p.

NUÑEZ TELLO, Alberto. Cartografía geológica de las zonas andina sur y Garzón – Quetame (Colombia). 2003. Bogotá: INGEOMINAS. 237 p.

ORDÓÑEZ, Celestino y MARTINEZ, Roberto. Sistemas de Información Geográfica, aplicaciones prácticas con Idrisi3.2 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales. México: Alfa omega. 2003. 227 p.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, PARA LA EDUCACIÓN LA CIENCIA Y LA CULTURA UNESCO Y OTROS [En línea]. En: Revista Mexicana de ciencias geológicas. México. Vol. 22, No. 2 (2005). En: www.google.com. (Consultado, 29 Oct. 2009). Disponible en la dirección electrónica: http://www.coremisgm.gob.mx/servicios/biblioteca/biblionotas/biblo_may-jun07.pdf

PLAZA, GALO. [En línea]. Análisis de la susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa en la parroquia Pimampiro, XXXIII curso internacional de geografía aplicada: Geografía y riesgos ambientales. Ecuador: CEPIG, 2005. En: WWW.google.com. (consultado ,29 Oct.2009). Disponible en la dirección electrónica: [http://www.cepeige.org/Documentos/2005\(110-129\).pdf](http://www.cepeige.org/Documentos/2005(110-129).pdf)

REPÚBLICA DE COLOMBIA. MINISTERIO DEL INTERIOR. DIRECCIÓN GENERAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES. Plan Nacional para la Atención y Prevención de Desastres. Bogotá: Olitocompulta, 2001.60 p.

RODRIGUEZ, Edgar E. y CEPEDA, Héctor. Aporte del INGEOMINAS en los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo geológico en Colombia. En: VII CC - SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA. (1998). VII CC – Sociedad Colombiana de geotecnia. 26 p.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA. Aportes del INGEOMINAS en los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo geológico en Colombia VIICC, 1998. 26 p.

SUREZ DIAZ, Jaime. [En línea]. Deslizamientos: Análisis Geotécnico. En: [www.google.com](http://WWW.google.com). (consultado ,11 Nov.2009). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.erosion.com/>

UBOLDI, Julio. La teledetección y los SIG aplicados a la prevención de riesgos naturales en el suroeste Bonaerense. Buenos Aires Argentina: Departamento de geografía y turismo, Universidad Nacional del Sur. p.

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL LIBERTADOR, INSTITUTO PEDAGÓGICO DE CARACAS. [En línea]. Metodología empleada para la zonificación de la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa en cuencas de drenaje del estado de Vargas Venezuela. En: Revista de investigación. Caracas. No 64; 2008. En: www.google.com. (Consultado, 29 Oct. 2009). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.google.com.co/search?hl=es&q=estudios+de+zonificacion+por+fenomenos+de+remosion+en+masa+en+venezuela&btnG=Buscar&meta=&aq=f&oq>

VARGAS CUERVO, Germán. Guía técnica para la zonificación de la susceptibilidad y la amenaza por movimientos en masa. Villavicencio. Cooperación Colombo Alemana GTZ. Proyecto río Guatiquía, 199 p.

VARNES, David. J. [En línea]. Landslide Hazard Zonation: a Review of principles and practice. Francia. 1984. En: www.google.com. (Consultado, 17 Mar. 2009). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.google.com.co/search?hl=es&ei=cr7LSeKrD5TtIQfile3XCQ&sa=X&oi=spell&resnum=1&ct=result&cd=1&q=landslide+hazard+zonation%3Aa+review+of+principles+and+practice&spell=1>

VILLOTA, Hugo. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005.184 p.

ANEXO GENERAL

Anexo A. Formato de captura de información sobre fenómenos de remoción en masa

- Fecha de captura _____
- Número de identificación del fenómeno de remoción en masa _____
- Tipo de fenómeno de remoción en masa _____
- Ubicación geográfica del fenómeno de remoción en masa _____
- Georeferenciación GPS (Coordenadas de origen Magna Colombia Oeste)

Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)	Altitud (m.s.n.m)

- Descripción general del fenómeno de remoción en masa observado

Geología característica	Geoforma característica	Tipo de Pendiente	Tipo de cobertura y uso del suelo	Presencia de cuerpos de agua	Humedad del material	Tipo de material desplazado	Actividad del movimiento

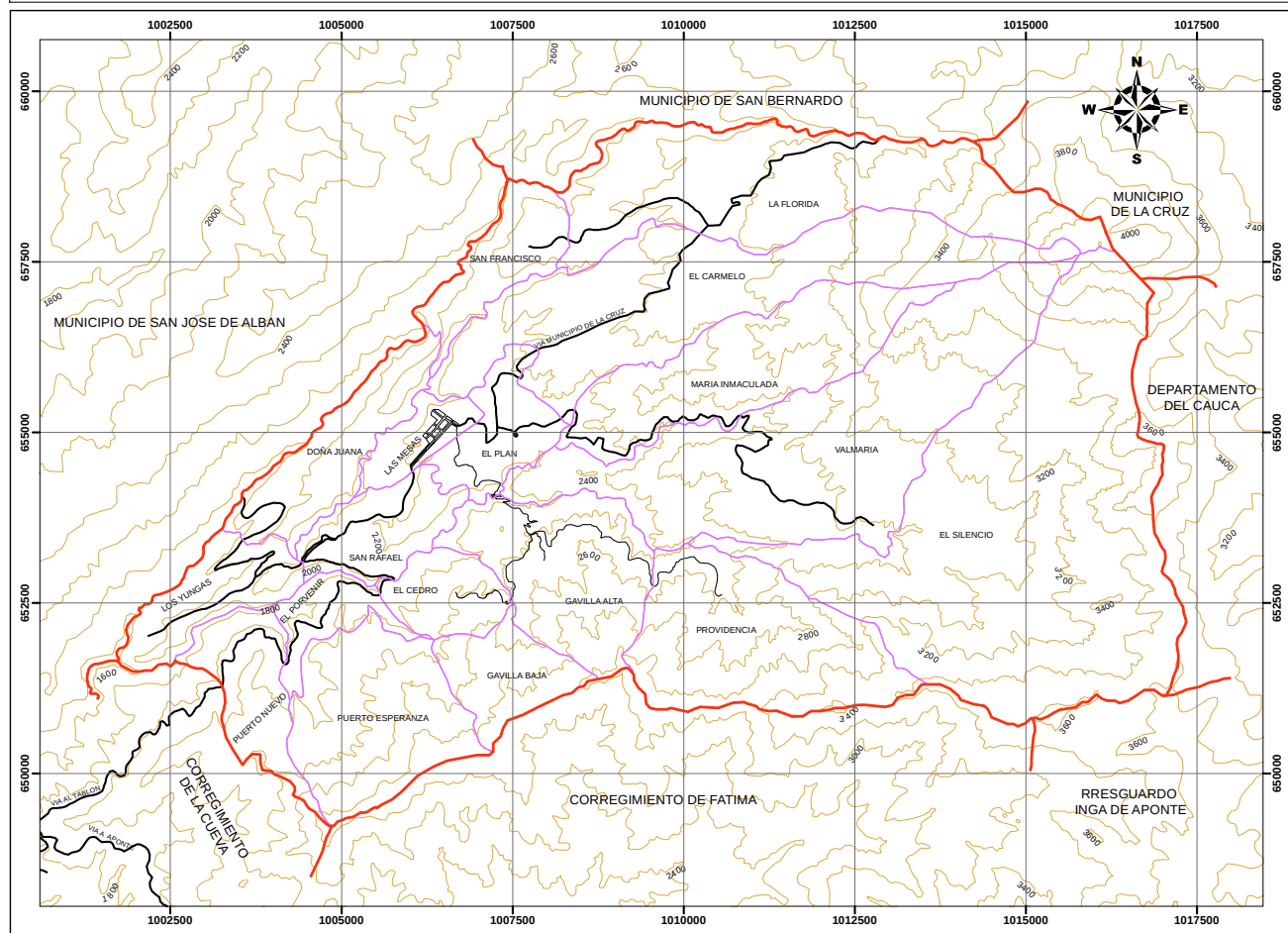
- Descripción de las principales características morfológicas del movimiento en masa

Cabeza	Cuerpo	Pie	Frente o base

- Descripción de posibles factores o causas generadoras del fenómeno de remoción en masa _____
- Efectos y daños causados por el fenómeno de remoción en masa _____
- Registro fotográfico del fenómeno de remoción en masa observado.

ANEXO CARTOGRAFICO

MAPA 1. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA, DEL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ, DEPARTAMENTO DE NARIÑO





UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA
POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS
MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

Escala de Trabajo: 1: 25.000
Escala de Impresión.
1:60.000

0 0,5 1 2 3 4 Km

CONVENCIONES

- LIMITE DEL CORREGIMIENTO
- LIMITE VEREDAL
- CURVAS DE NIVEL CADA 200 m
- CARRETERA
- CAMINO
-  CENTRO POBLADO

SISTEMA DE REFERENCIA

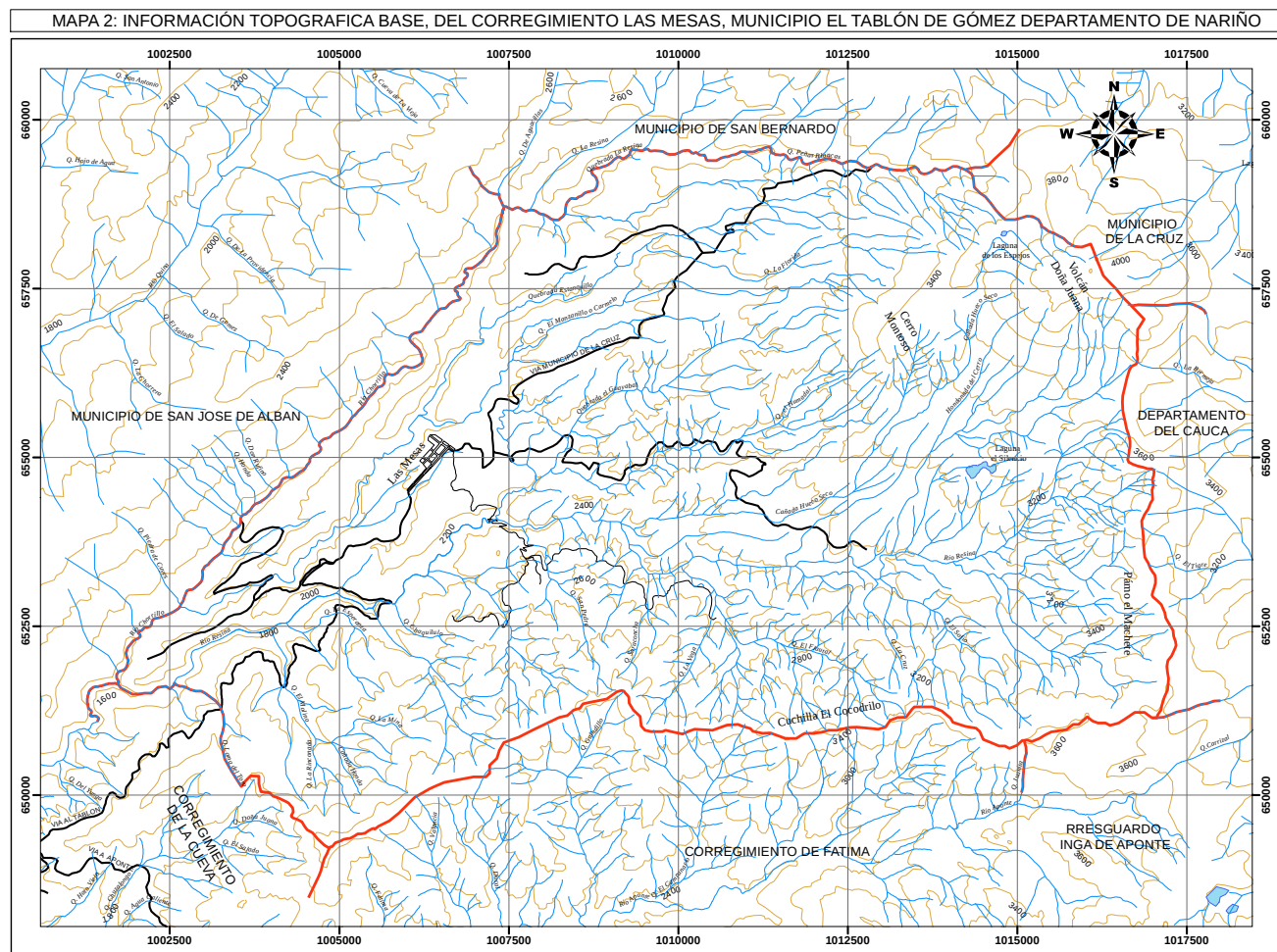
Sistema. de cordenas proyectadas: Magna
Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Sistema de cordenas Geográficas: Magna
Datum: Colombia Oeste

Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo

Fuente: Este estudio
Fecha: Febrero de 2012

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO





UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

Escala de Trabajo: 1: 25.000
Escala de Impresión: 1:60.000

CONVENCIONES

- LIMITE DEL CORREGIMIENTO
- CURVAS DE NIVEL CADA 200 m
- CARRETERA
- CAMINO
- RIOS Y QUEBRADAS
- LAGUNA
- CENTRO POBLADO

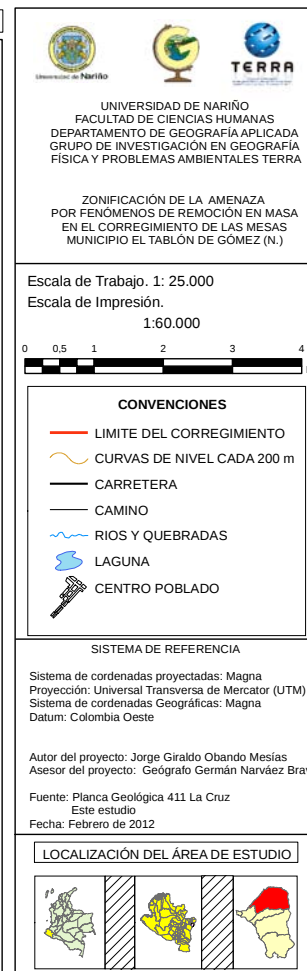
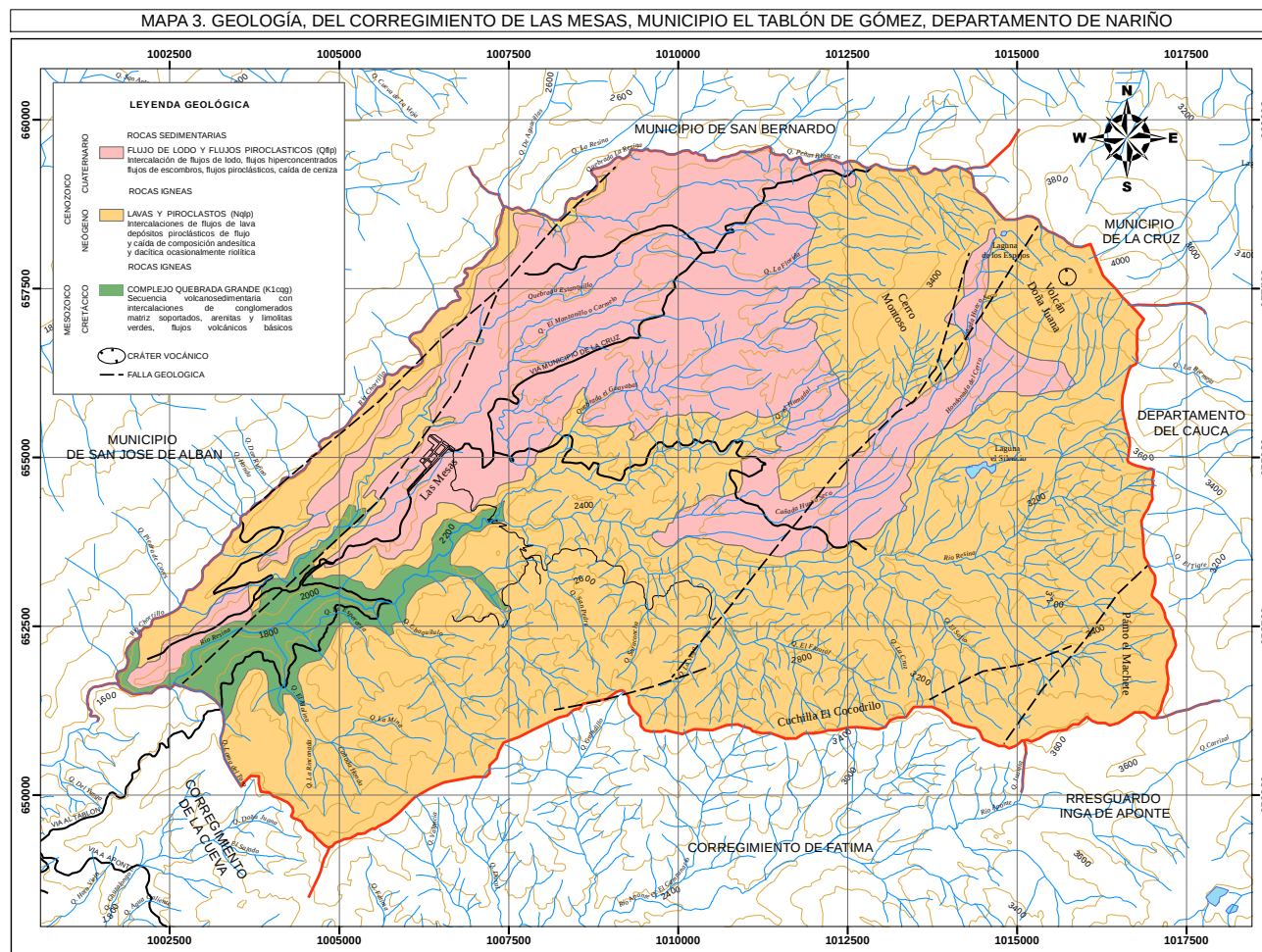
SISTEMA DE REFERENCIA

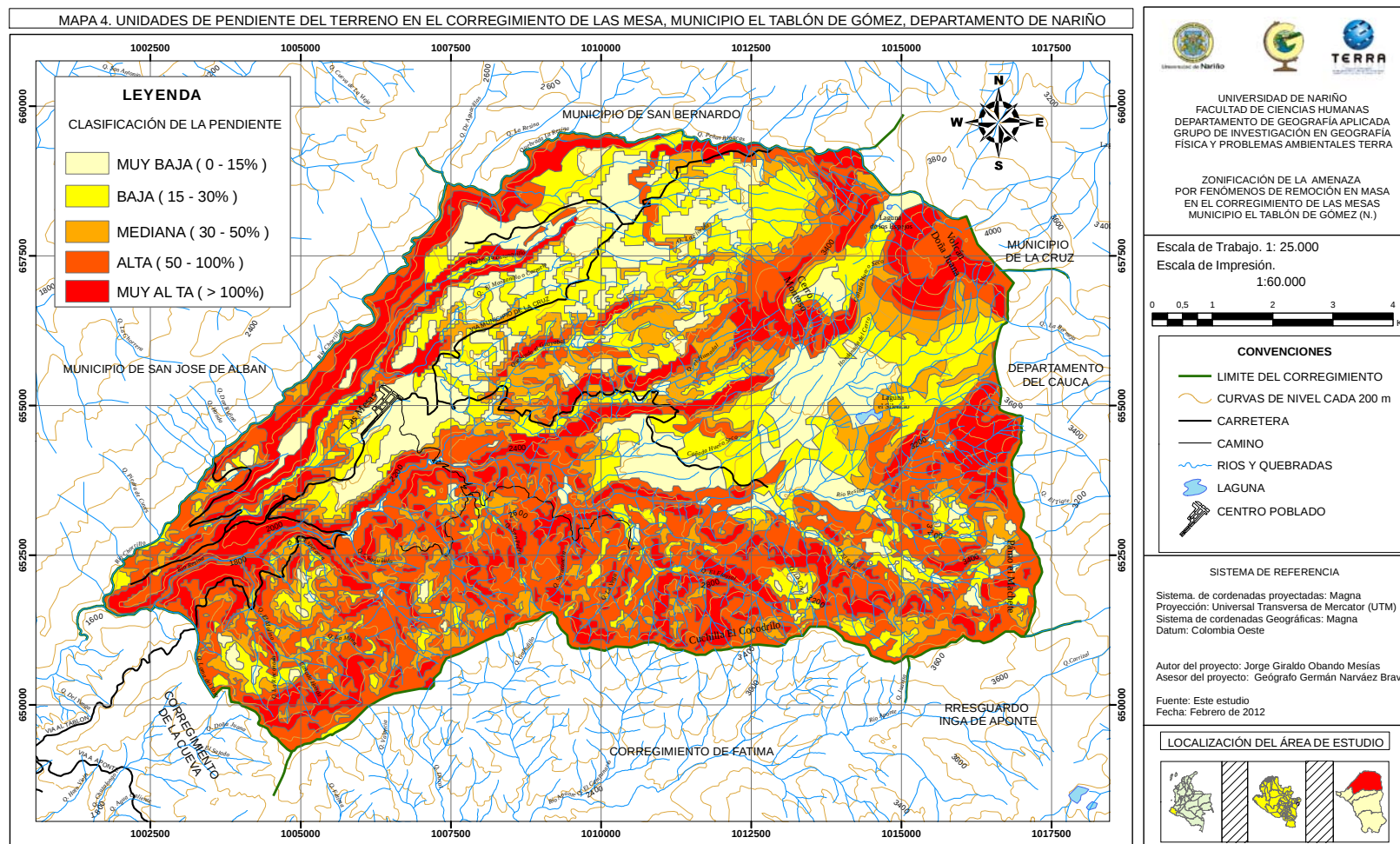
Sistema de coordenadas proyectadas: Magna
Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Sistema de coordenadas Geográficas: Magna
Datum: Colombia Oeste

Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo

Fuente: Este estudio
Fecha: Febrero de 2012

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO





MAPA 5. MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES DEM, CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ, DEPARTAMENTO DE NARIÑO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA
FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA
POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS
MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

LEYENDA

Altura (m.s.n.m.)

	1.600 - 2.121
	2.121 - 2.459
	2.459 - 2.766
	2.766 - 3.092
	3.092 - 3.468
	3.468 - 4.150

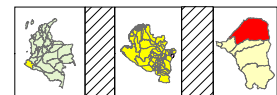
SISTEMA DE REFERENCIA

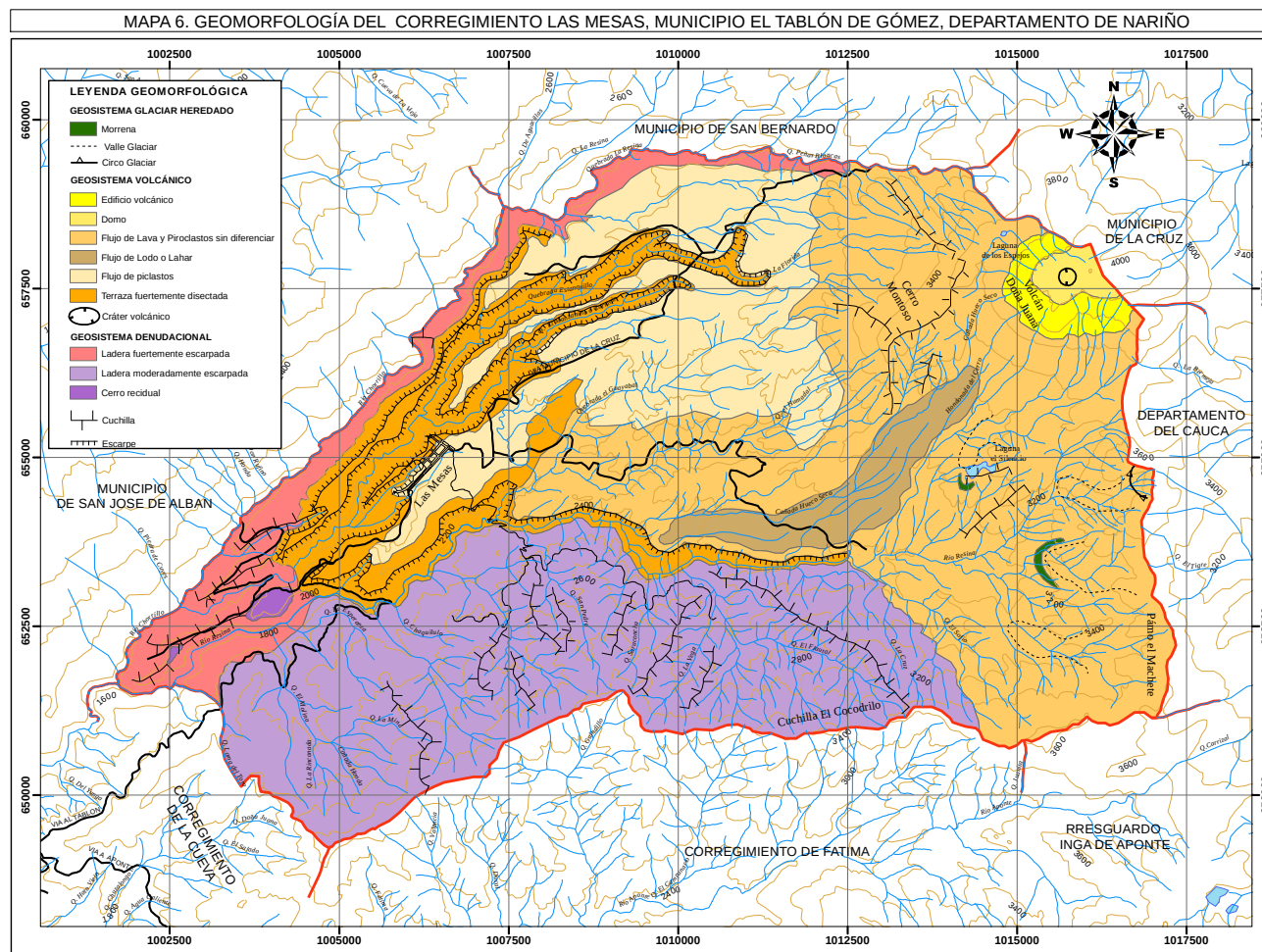
Sistema de coordenadas proyectadas: Magna
Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Sistema de coordenadas Geográficas: Magna
Datum: Colombia Oeste

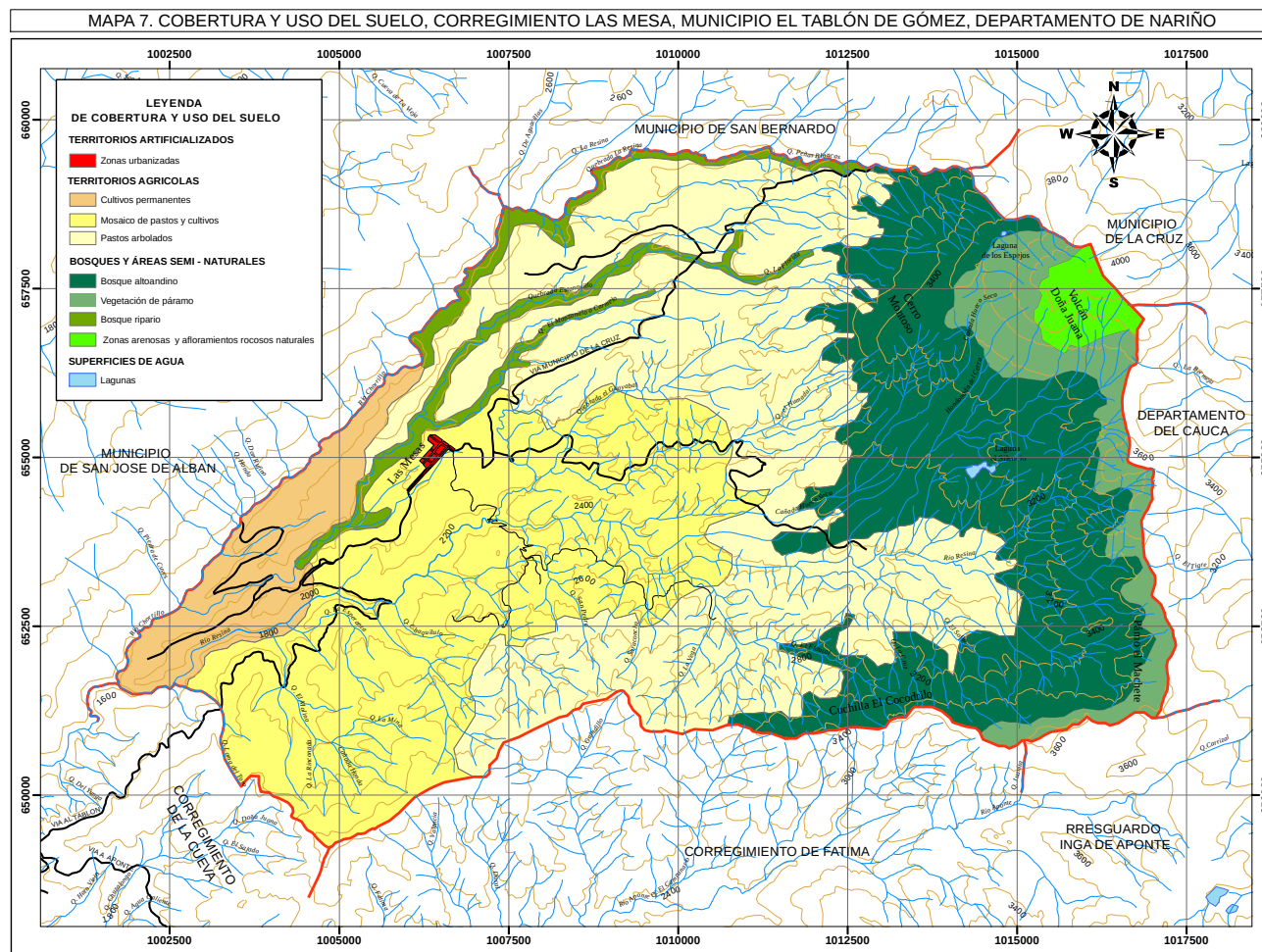
Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo

Fuente: Este estudio
Fecha: Febrero de 2012

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO







UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
 GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

Escala de Trabajo. 1: 25.000
 Escala de Impresión. 1:60.000

0 0.5 1 2 3 4 Km

CONVENCIONES

LÍMITE DEL CORREGIMIENTO
 CURVAS DE NIVEL CADA 200 m
 CARRETERA
 CAMINO
 RIOS Y QUEBRADAS
 LAGUNA
 CENTRO POBLADO

SISTEMA DE REFERENCIA

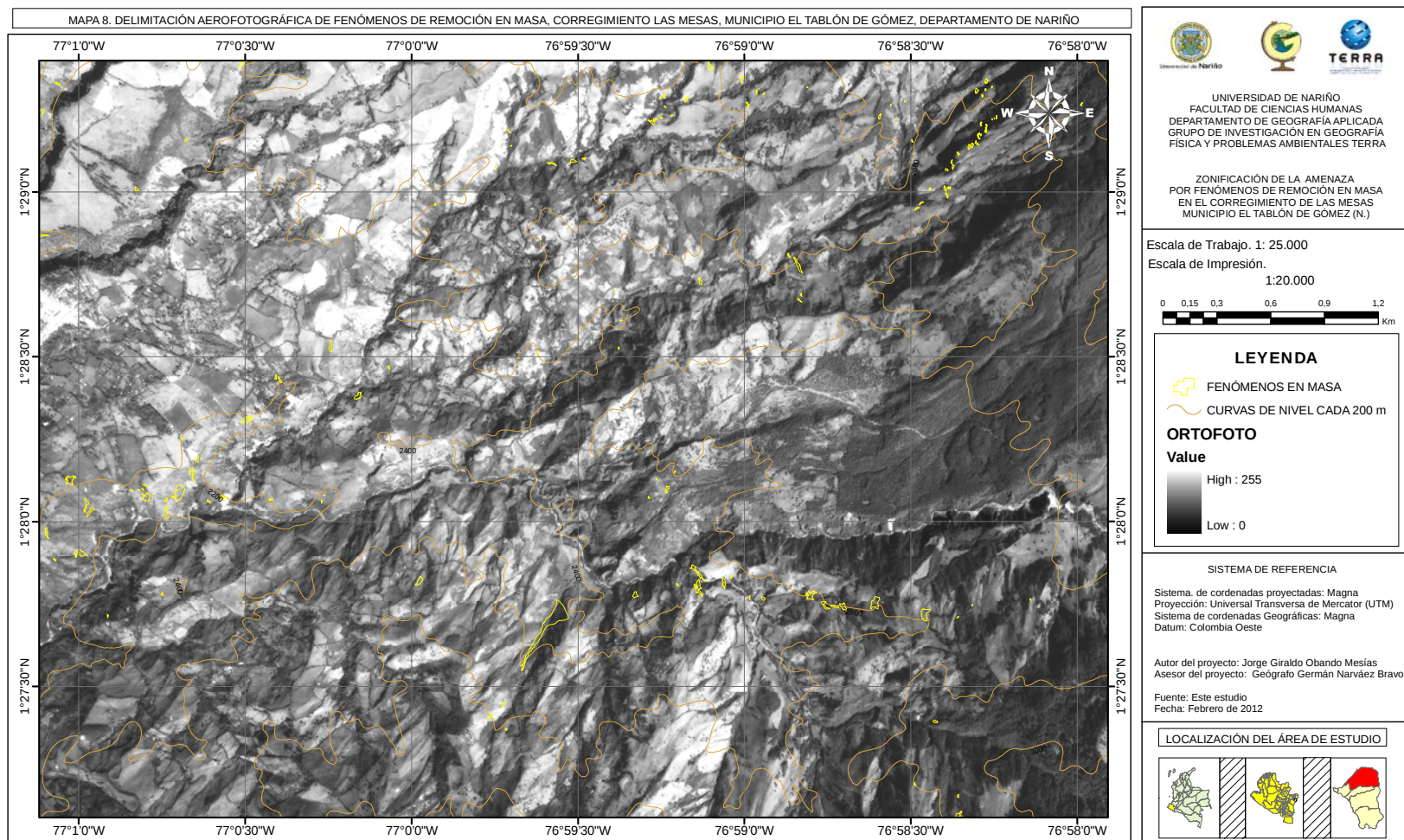
Sistema. de cordenas proyectadas: Magna
 Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Sistema de cordenas Geográficas: Magna
 Datum: Colombia Oeste

Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
 Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo

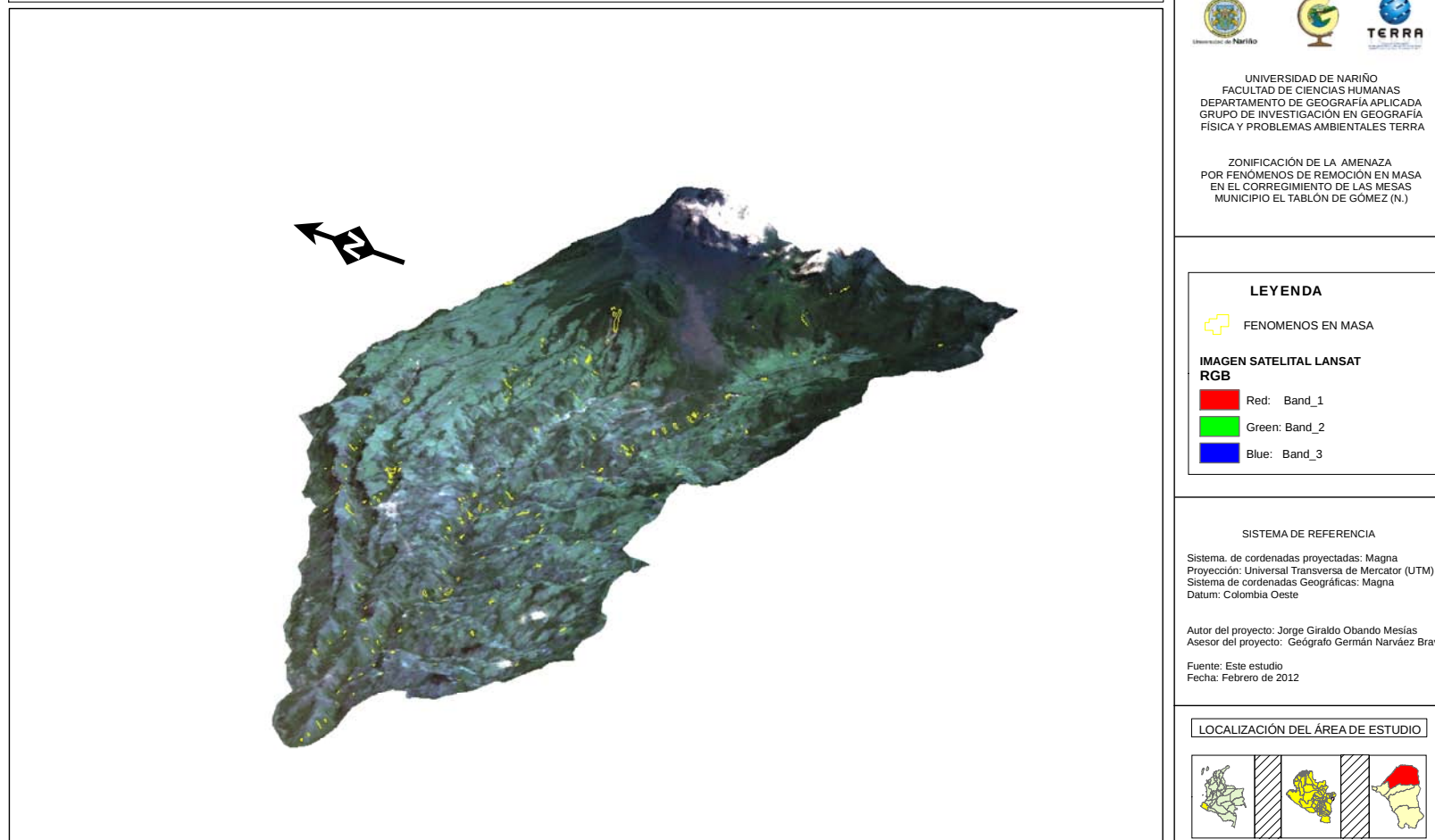
Fuente: Este estudio
 Fecha: Febrero de 2012

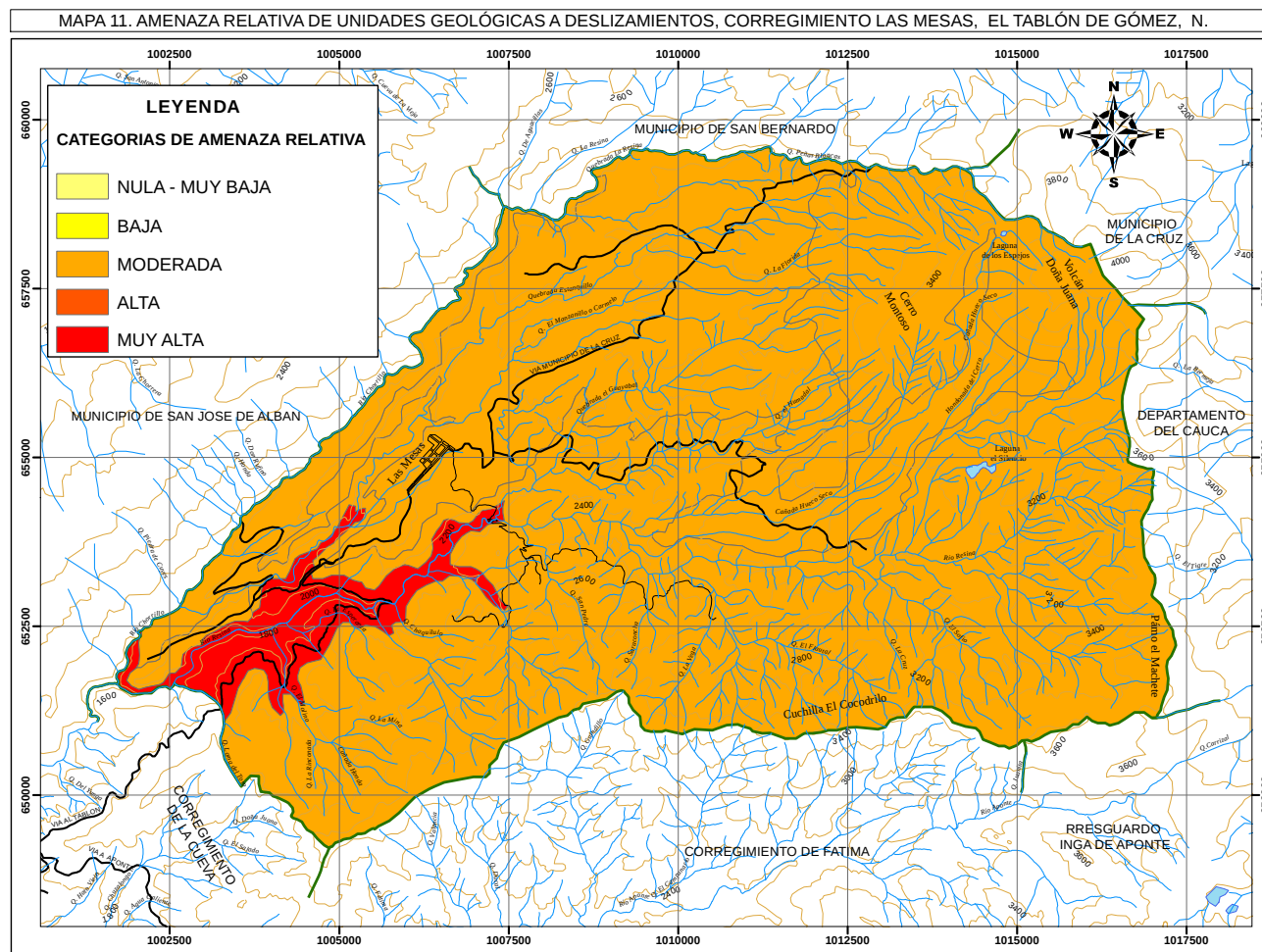
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Mapa de Colombia con el departamento de Nariño resaltado en rojo. Mapa de Nariño con el corregimiento de Las Mesa resaltado en rojo. Mapa de Las Mesa con el área de estudio resaltada en rojo.



MAPA 9. DISTRIBUCIÓN DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, CORREGIMIENTO LAS MESAS, MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ, DEPARTAMENTO DE NARIÑO





UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
 GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

Escala de Trabajo. 1: 25.000
 Escala de Impresión. 1:60.000

0 0.5 1 2 3 4 Km

CONVENCIONES

LIMITE DEL CORREGIMIENTO
 CURVAS DE NIVEL CADA 200 m
 CARRETERA
 CAMINO
 RIOS Y QUEBRADAS
 LAGUNA
 CENTRO POBLADO

SISTEMA DE REFERENCIA

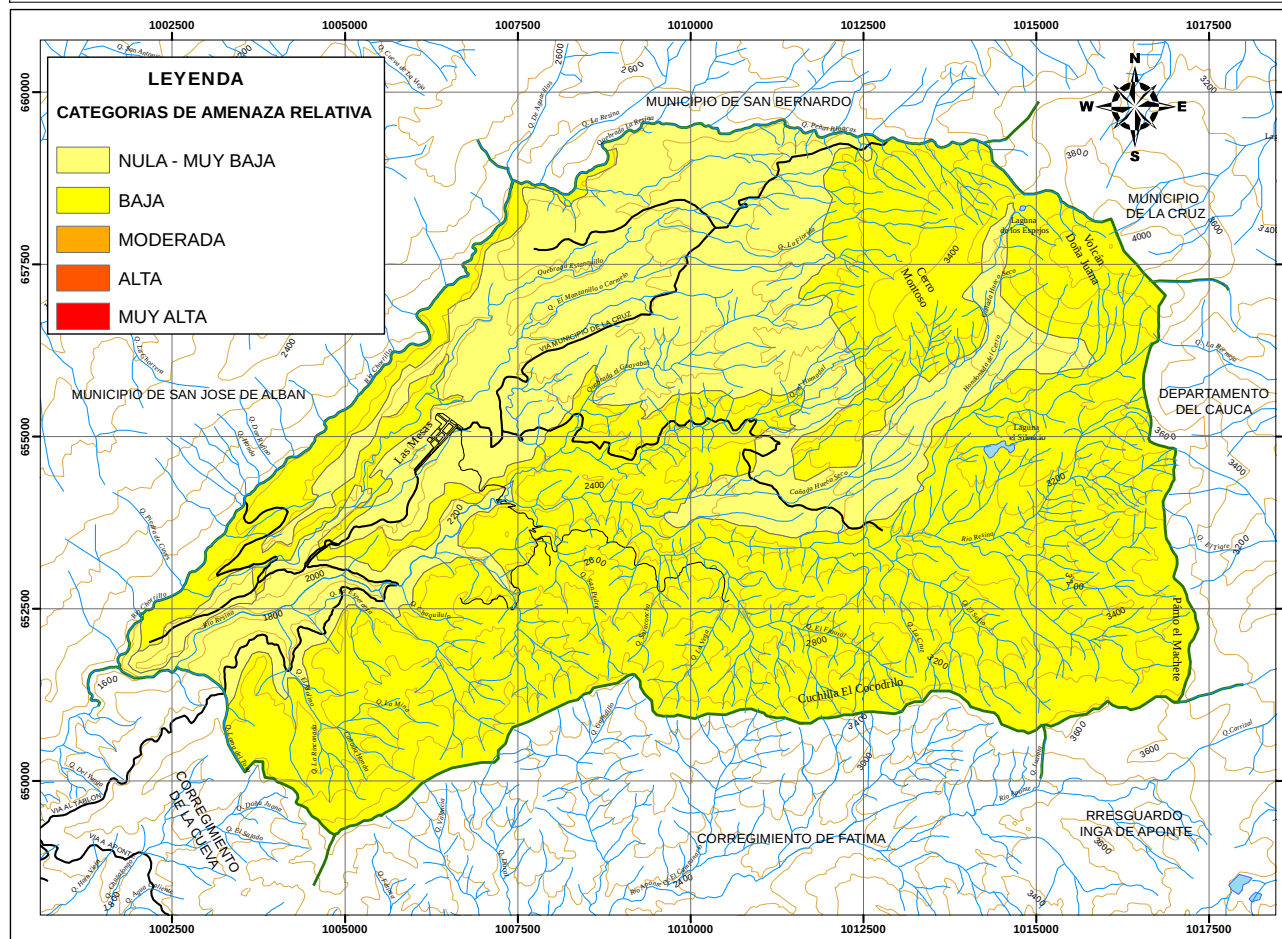
Sistema. de cordenadas proyectadas: Magna
 Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Sistema de cordenadas Geográficas: Magna
 Datum: Colombia Oeste

Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
 Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo

Fuente: Este estudio
 Fecha: Febrero de 2012

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

MAPA 12. AMENAZA RELATIVA DE UNIDADES GEOLÓGICAS A FLUJOS SUELO - DETRITOS, CORREGIMIENTO LAS MESAS, EL TABLÓN DE GÓMEZ, N.



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

Escala de Trabajo: 1: 25.000
Escala de Impresión: 1:60.000

0 0.5 1 2 3 4 Km

CONVENCIONES

- LIMITE DEL CORREGIMIENTO
- CURVAS DE NIVEL CADA 200 m
- CARRETERA
- CAMINO
- RÍOS Y QUEBRADAS
- LAGUNA
- CENTRO POBLADO

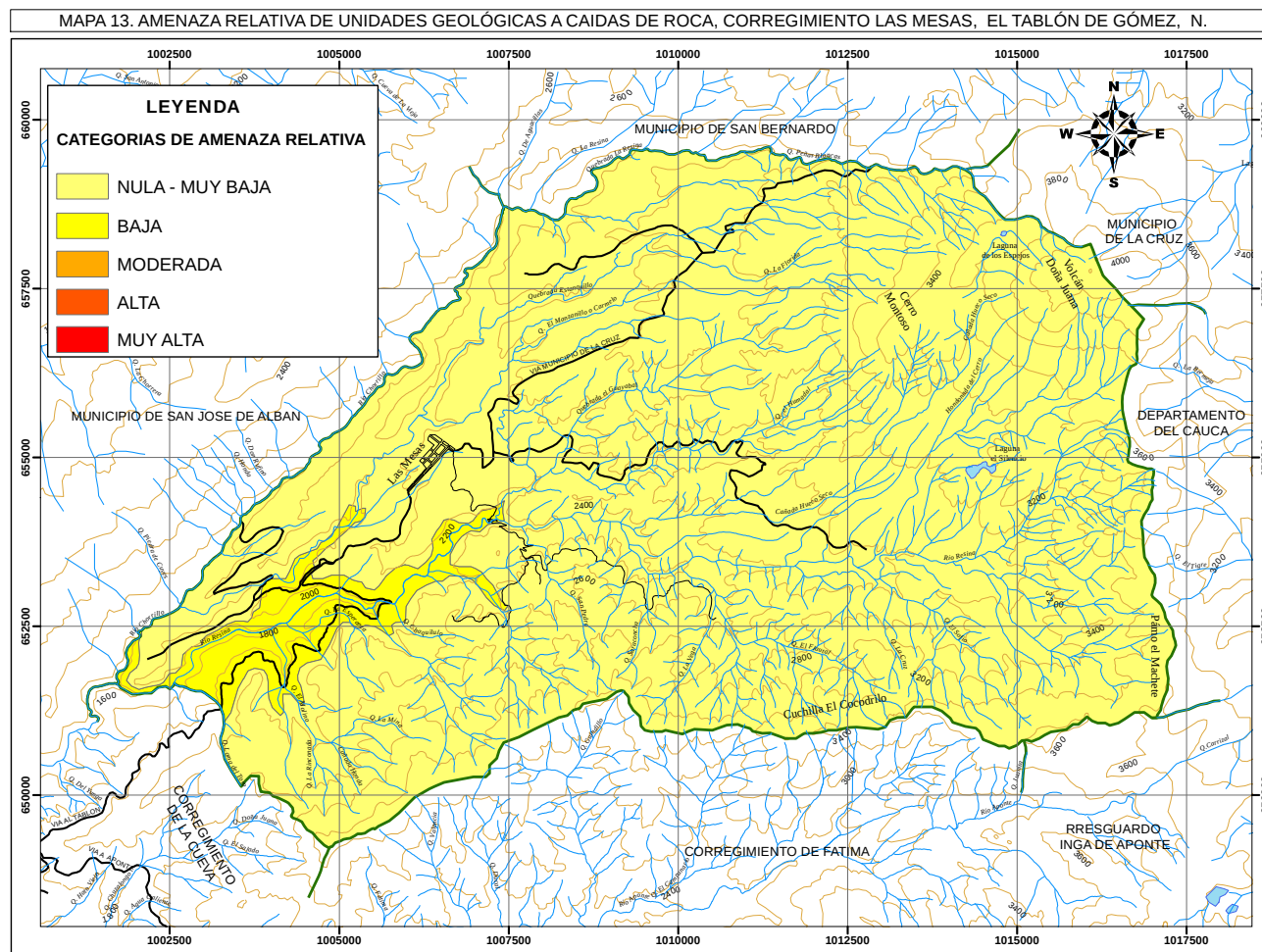
SISTEMA DE REFERENCIA

Sistema. de cordenas proyectadas: Magna
Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Sistema de cordenas Geográficas: Magna
Datum: Colombia Oeste

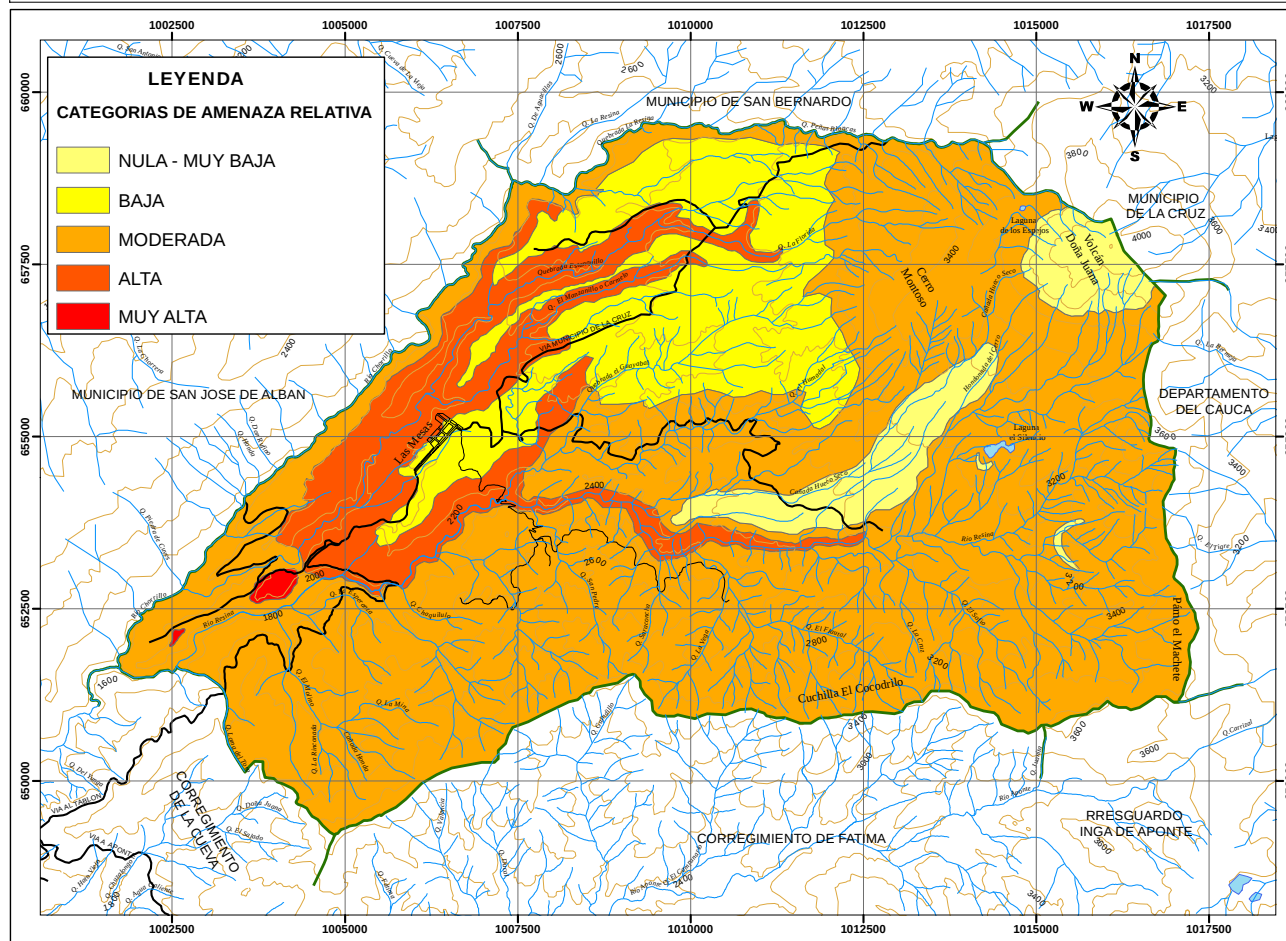
Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo

Fuente: Este estudio
Fecha: Febrero de 2012

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



MAPA 14. AMENAZA RELATIVA DE UNIDADES GEOMORFOLOGICAS A DESLIZAMIENTOS, CORREGIMIENTO LAS MESAS, EL TABLÓN DE GÓMEZ, N.



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
 GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA
 POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA
 EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS
 MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

Escala de Trabajo. 1: 25.000
 Escala de Impresión.
 1:60.000

0 0.5 1 2 3 4 Km

CONVENCIONES

LIMITE DEL CORREGIMIENTO
 CURVAS DE NIVEL CADA 200 m
 CARRETERA
 CAMINO
 RIOS Y QUEBRADAS
 LAGUNA
 CENTRO POBLADO

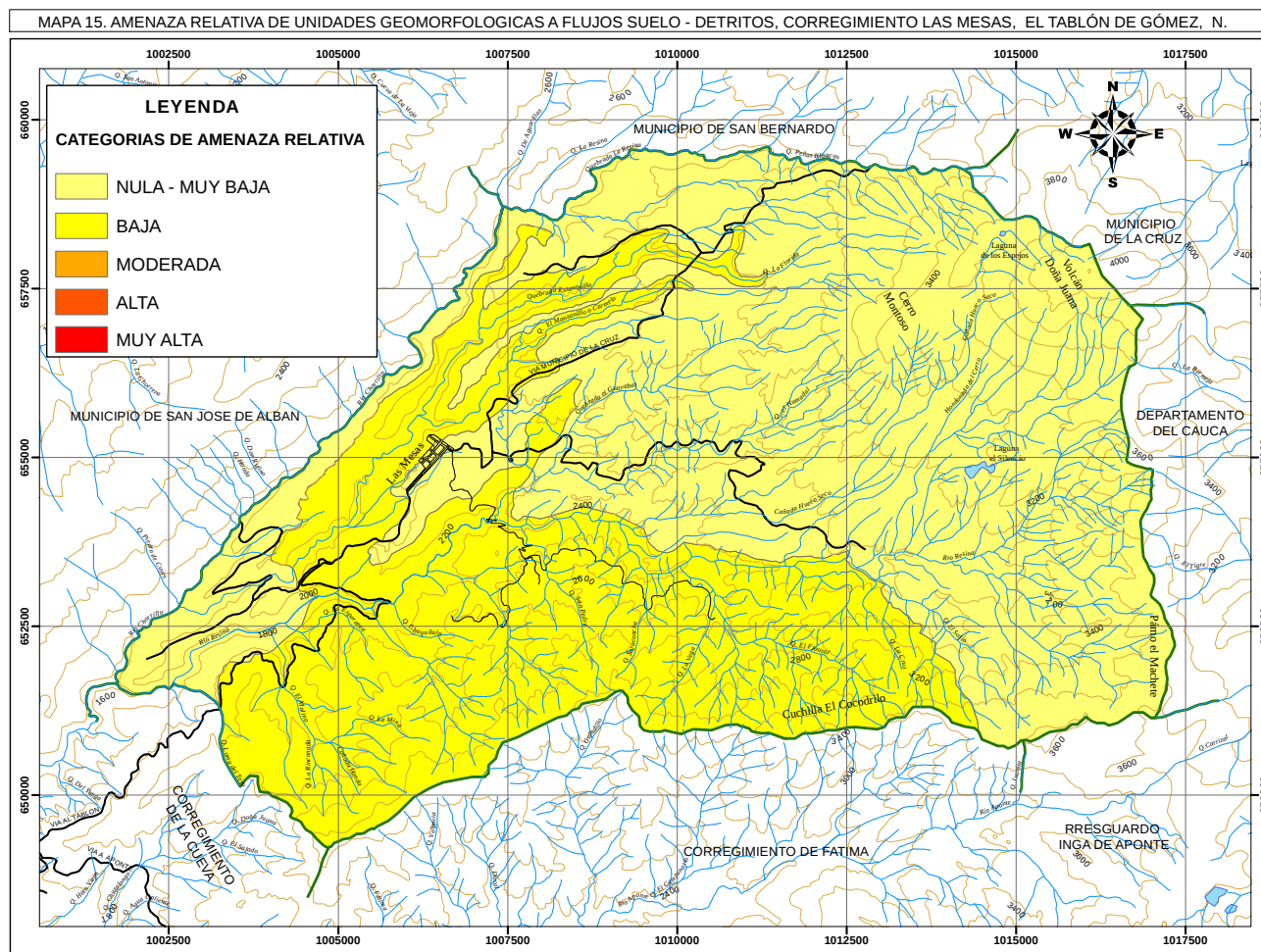
SISTEMA DE REFERENCIA

Sistema. de cordenas proyectadas: Magna
 Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Sistema de cordenas Geográficas: Magna
 Datum: Colombia Oeste

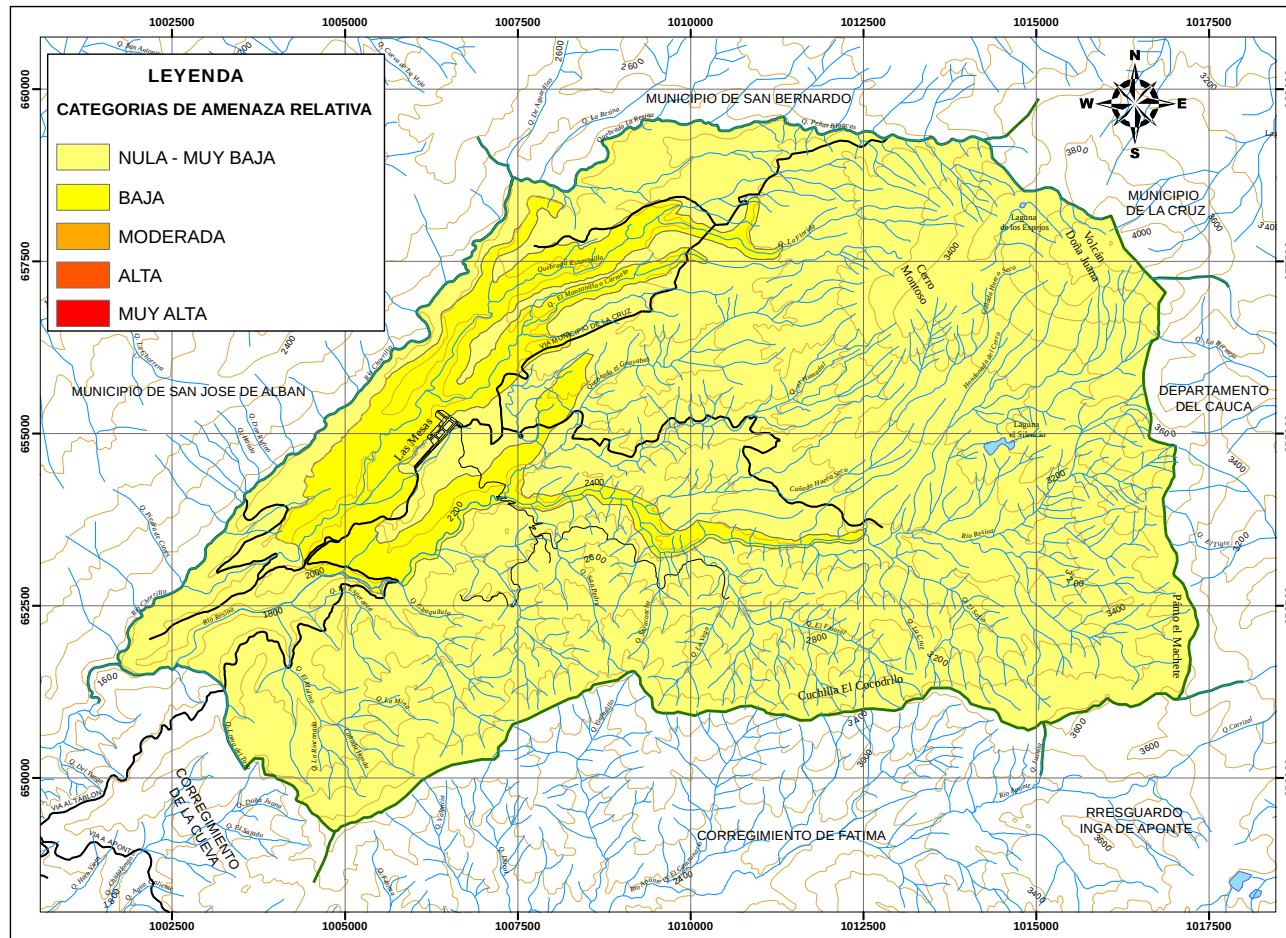
Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
 Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo

Fuente: Este estudio
 Fecha: Febrero de 2012

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



MAPA 16. AMENAZA RELATIVA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS A CAÍDAS DE ROCA, CORREGIMIENTO LAS MESAS, EL TABLÓN DE GÓMEZ, N.



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

Escala de Trabajo: 1: 25.000
Escala de Impresión: 1:60.000

0 0.5 1 2 3 4 km

CONVENCIONES

- LIMITE DEL CORREGIMIENTO
- CURVAS DE NIVEL CADA 200 m
- CARRETERA
- CAMINO
- RÍOS Y QUEBRADAS
- LAGUNA
- CENTRO POBLADO

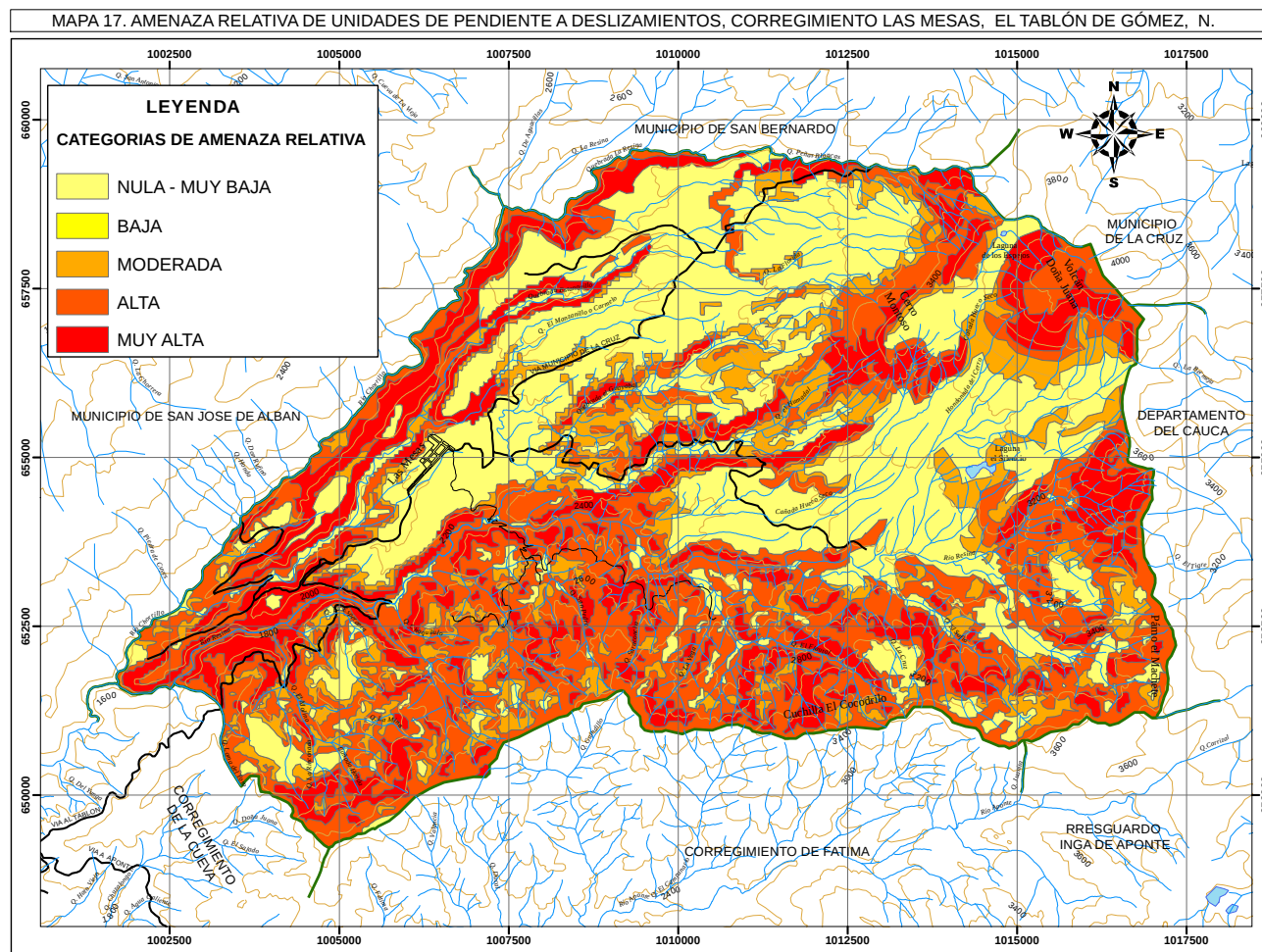
SISTEMA DE REFERENCIA

Sistema. de cordenas proyectadas: Magna
Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Sistema de cordenas Geográficas: Magna
Datum: Colombia Oeste

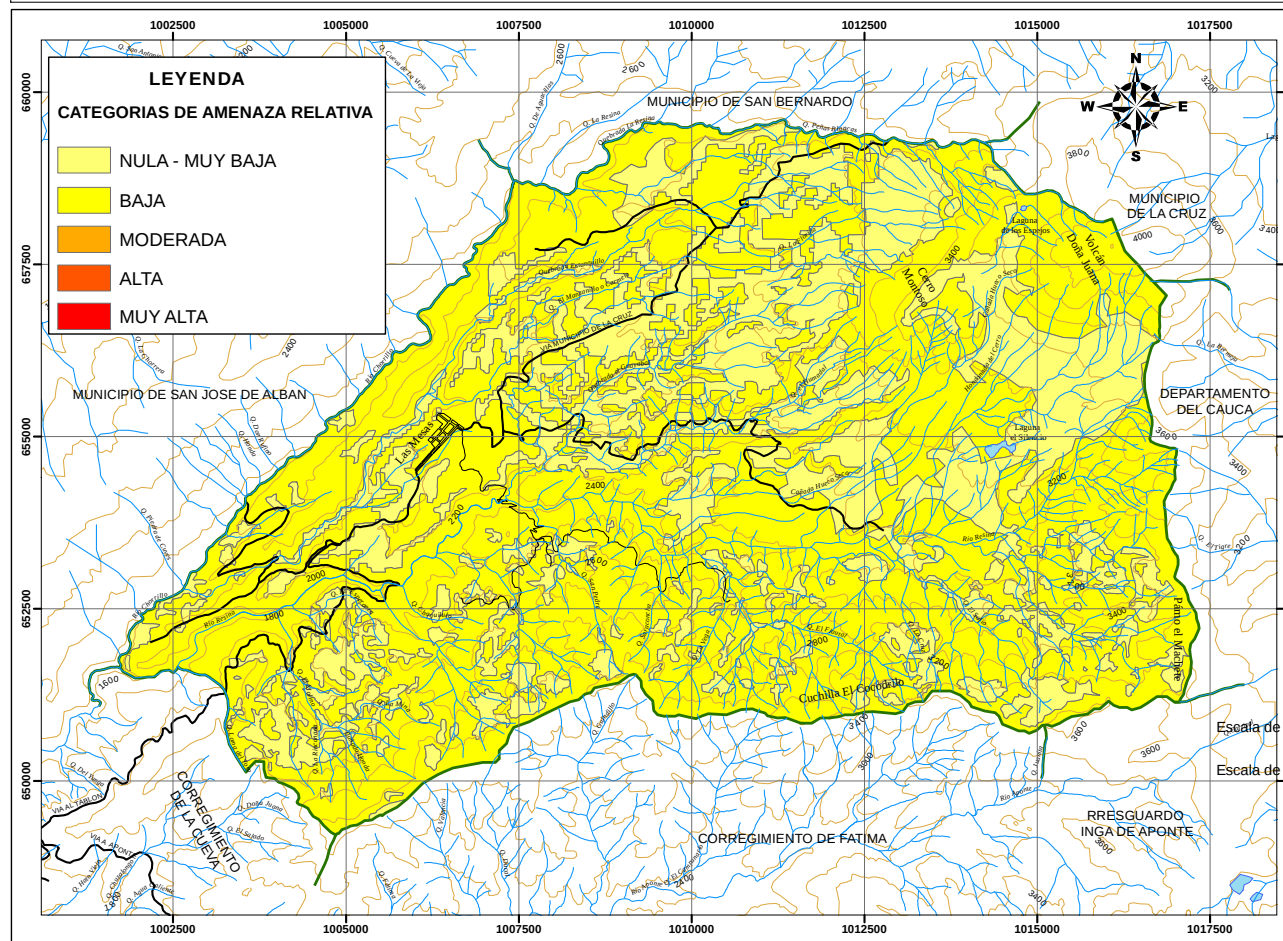
Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo

Fuente: Este estudio
Fecha: Febrero de 2012

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



MAPA 18. AMENAZA RELATIVA DE UNIDADES DE PENDIENTE A FLUJOS SUELO - DETRITOS, CORREGIMIENTO LAS MESAS, EL TABLÓN DE GÓMEZ, N.



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

Escala de Trabajo: 1: 25.000
Escala de Impresión: 1:60.000

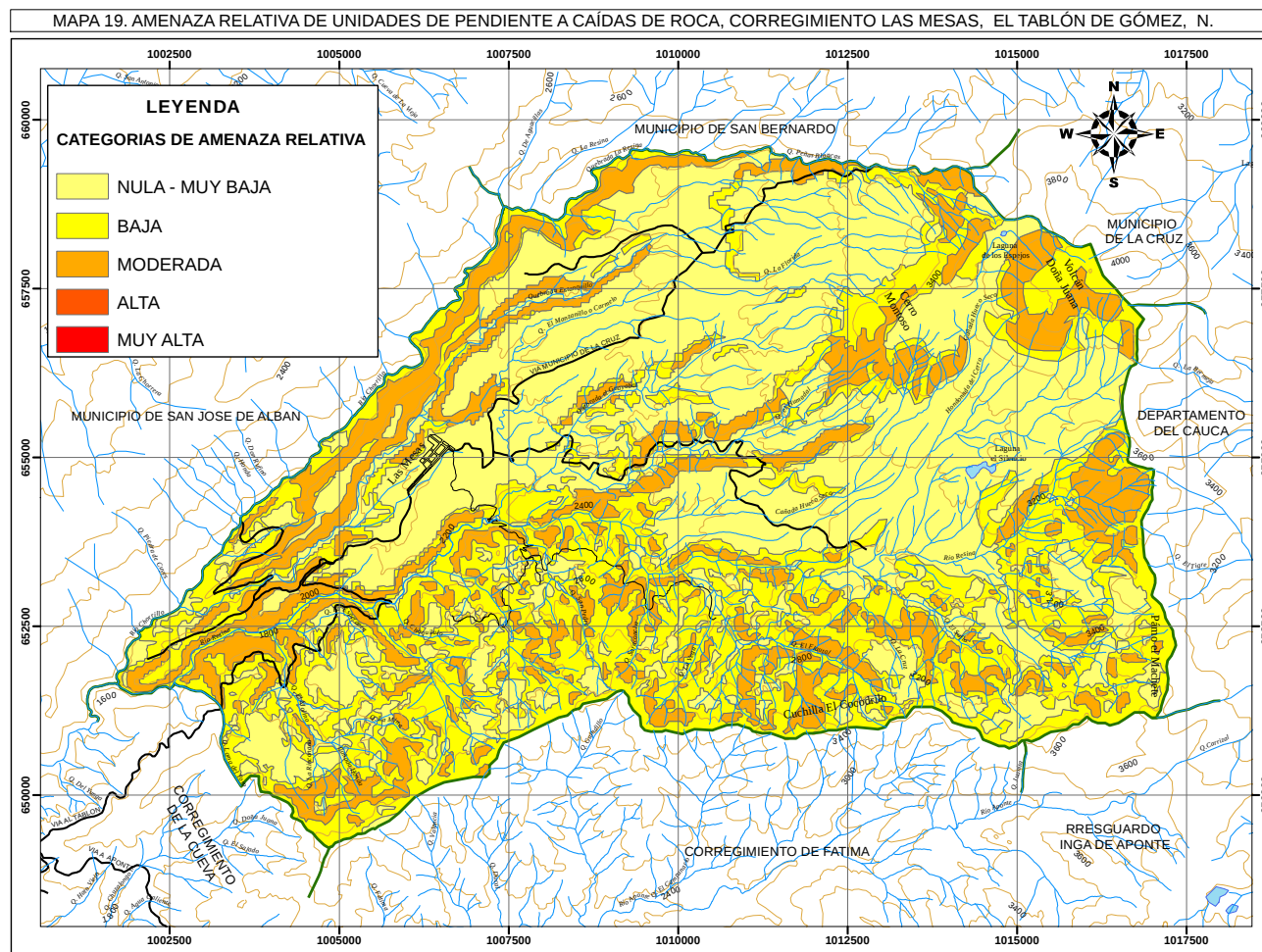
0 0.5 1 2 3 4 Km

SISTEMA DE REFERENCIA

Sistema de coordenadas proyectadas: Magna
Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Sistema de coordenadas Geográficas: Magna
Datum: Colombia Oeste

Escala de Trabajo: 1: 25.000
Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo
Fuente: Este estudio
Fecha: Febrero de 2012

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
 GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

Escala de Trabajo: 1: 25.000
 Escala de Impresión: 1:60.000

0 0.5 1 2 3 4 km

CONVENCIONES

LÍMITE DEL CORREGIMIENTO
 CURVAS DE NIVEL CADA 200 m
 CARRETERA
 CAMINO
 RIOS Y QUEBRADAS
 LAGUNA
 CENTRO POBLADO

SISTEMA DE REFERENCIA

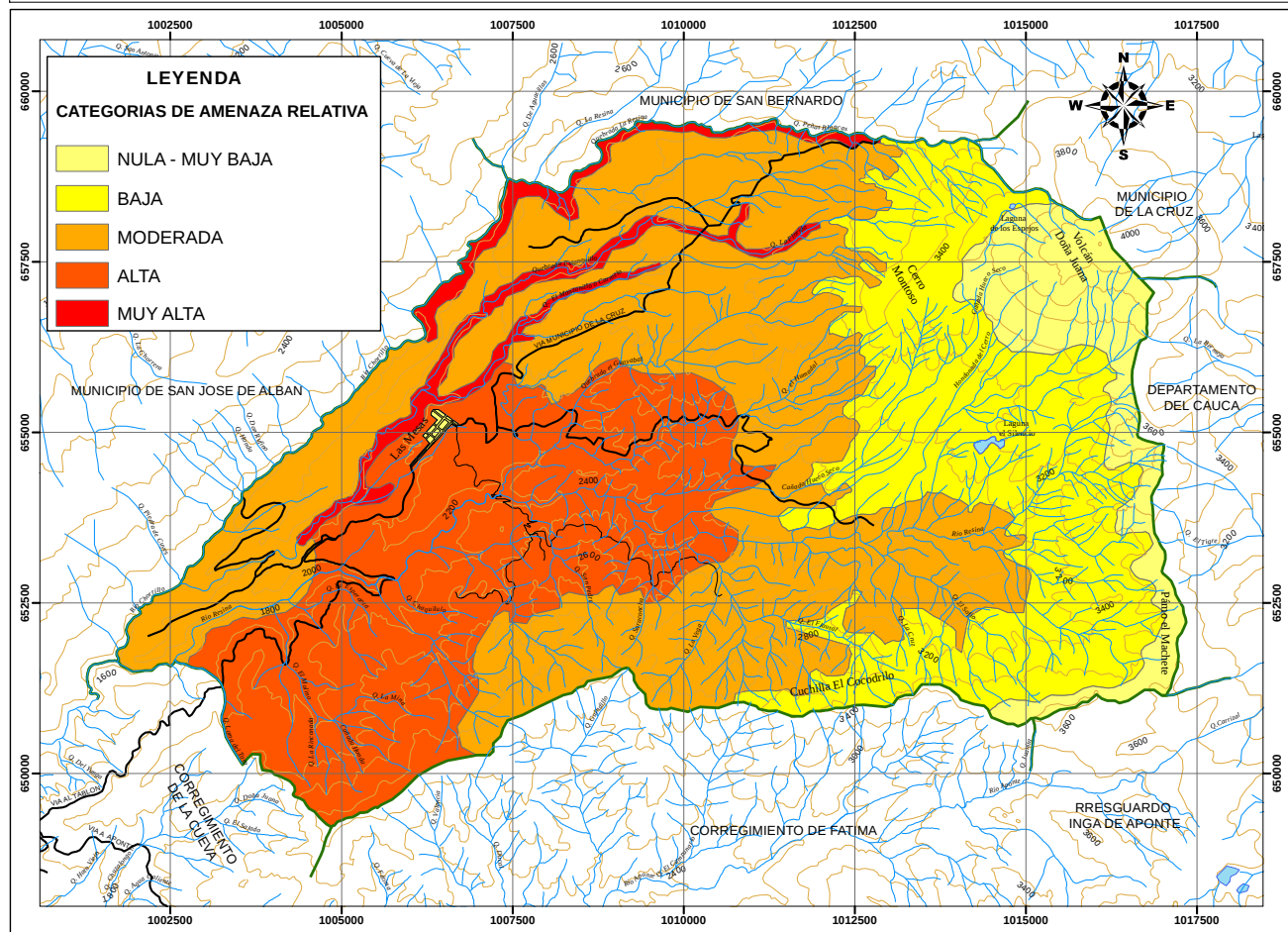
Sistema de coordenadas proyectadas: Magna
 Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Sistema de coordenadas Geográficas: Magna
 Datum: Colombia Oeste

Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
 Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo

Fuente: Este estudio
 Fecha: Febrero de 2012

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

MAPA 20. AMENAZA RELATIVA DE UNIDADES DE COBERTURA Y USO A DESLIZAMIENTOS CORREGIMIENTO LAS MESAS, EL TABLÓN DE GÓMEZ, N.



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
 FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
 DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
 GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA
 POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA
 EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS
 MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

Escala de Trabajo. 1: 25.000
 Escala de Impresión.
 1:60.000

0 0.5 1 2 3 4 Km

CONVENCIONES

LIMITE DEL CORREGIMIENTO
 CURVAS DE NIVEL CADA 200 m
 CARRETERA
 CAMINO
 RIOS Y QUEBRADAS
 LAGUNA
 CENTRO POBLADO

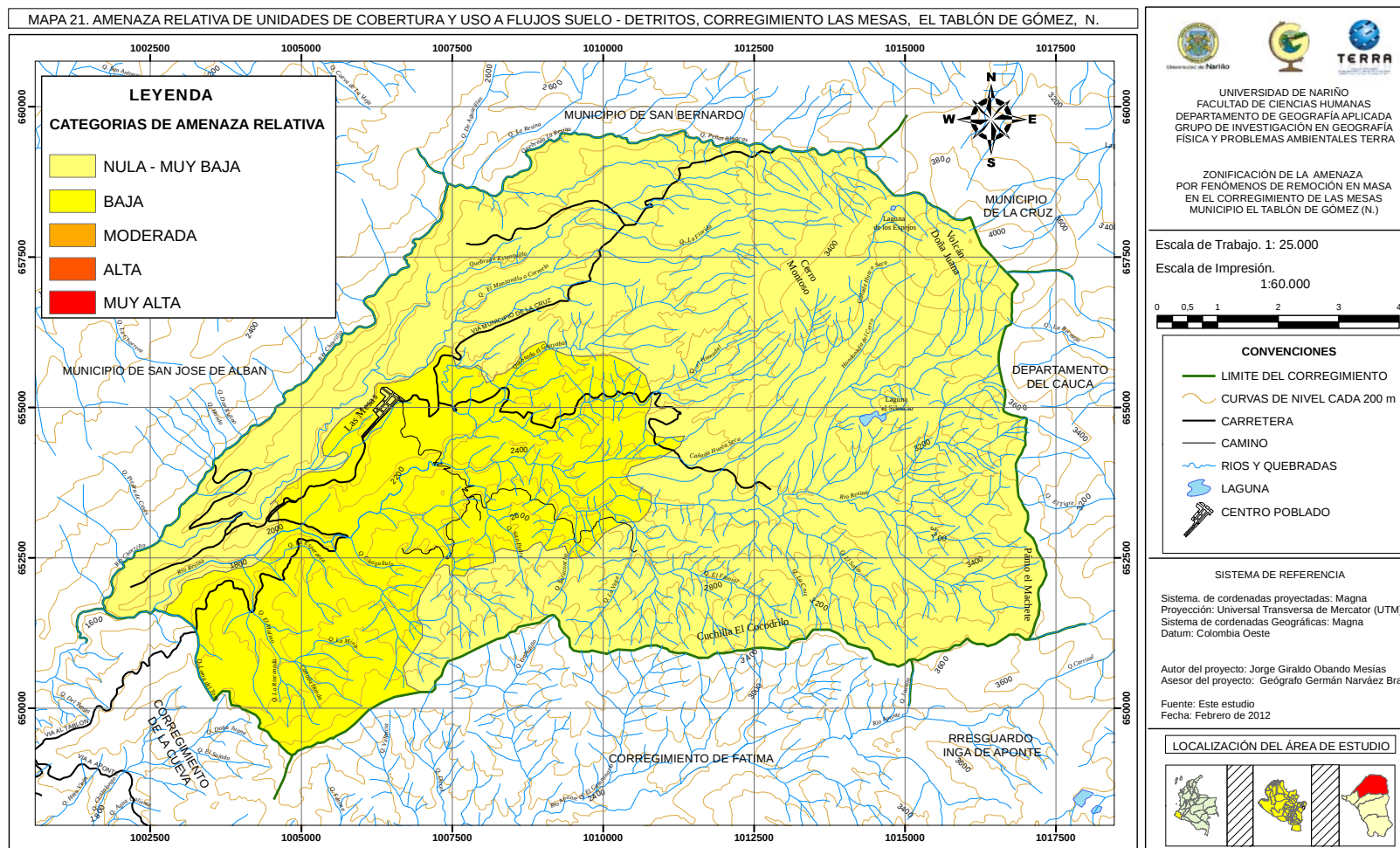
SISTEMA DE REFERENCIA

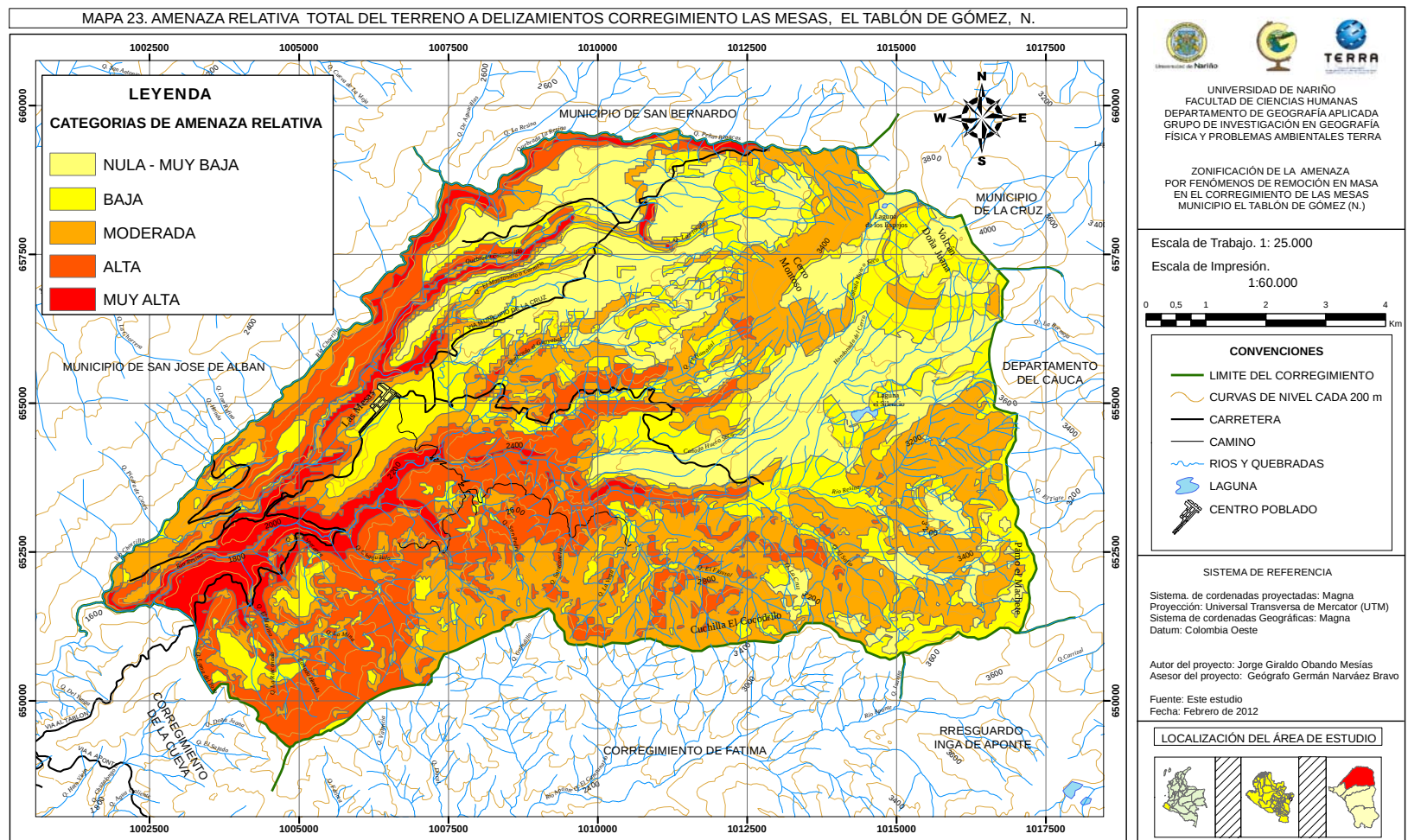
Sistema. de cordenas proyectadas: Magna
 Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Sistema de cordenas Geográficas: Magna
 Datum: Colombia Oeste

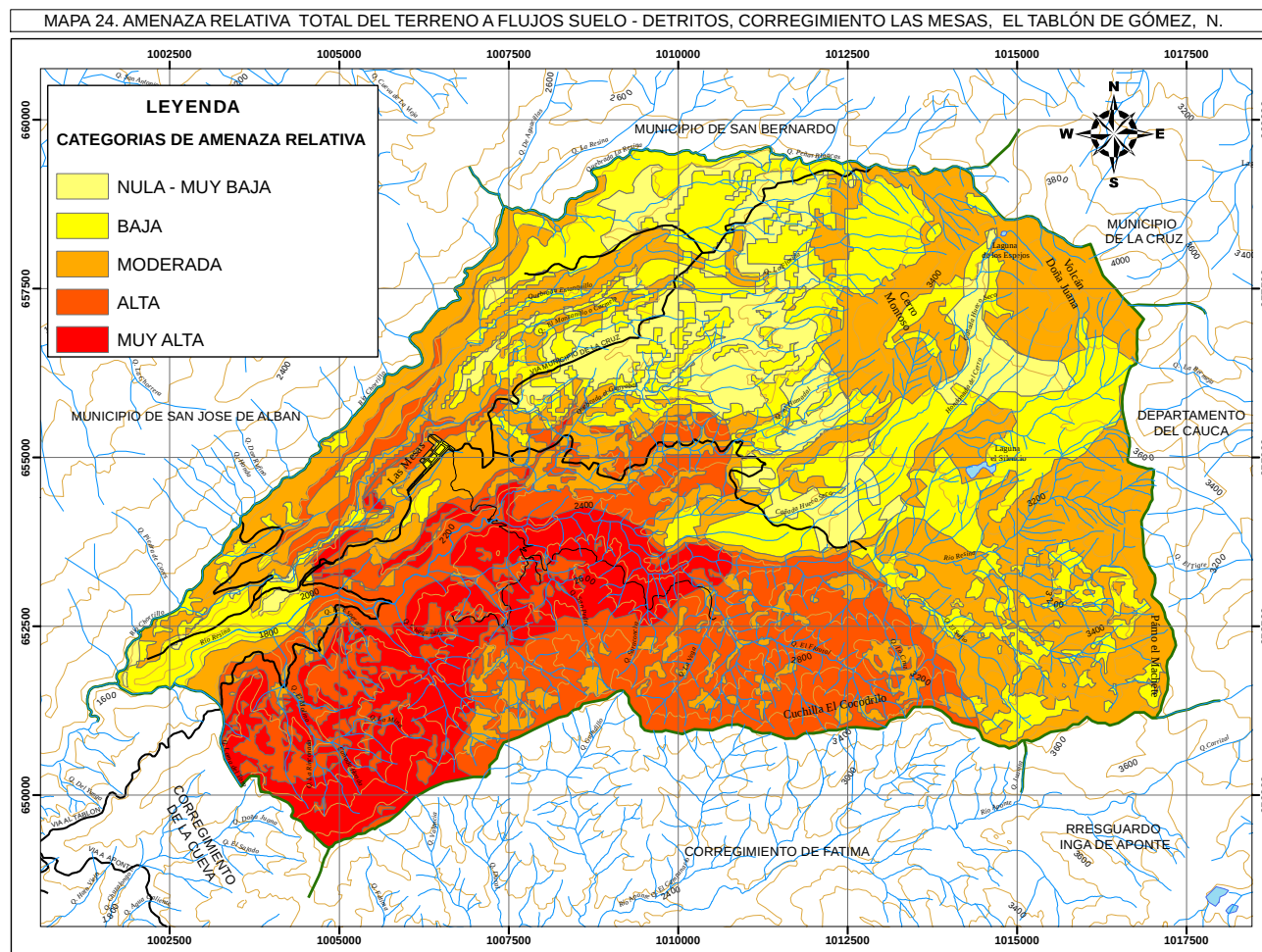
Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
 Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo

Fuente: Este estudio
 Fecha: Febrero de 2012

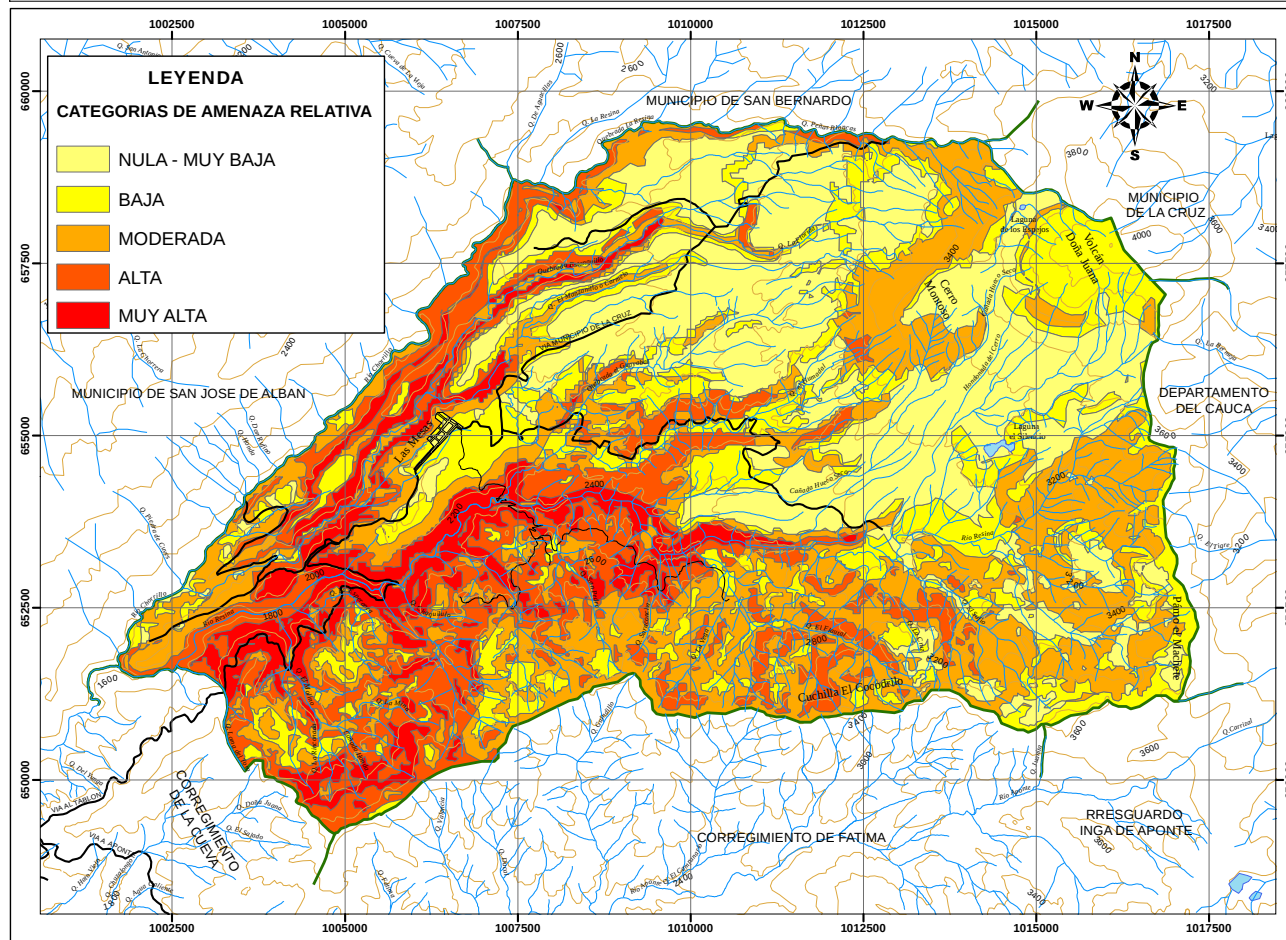
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO







MAPA 26. AMENAZA RELATIVA TOTAL DEL TERRENO A TODOS LOS TIPOS DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, CORREGIMIENTO LAS MESAS, EL TABLÓN DE GÓMEZ, N.



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

Escala de Trabajo: 1: 25.000
Escala de Impresión: 1:60.000

0 0.5 1 2 3 4 Km

CONVENCIONES

- LIMITE DEL CORREGIMIENTO
- CURVAS DE NIVEL CADA 200 m
- CARRETERA
- CAMINO
- RIOS Y QUEBRADAS
- LAGUNA
- CENTRO POBLADO

SISTEMA DE REFERENCIA

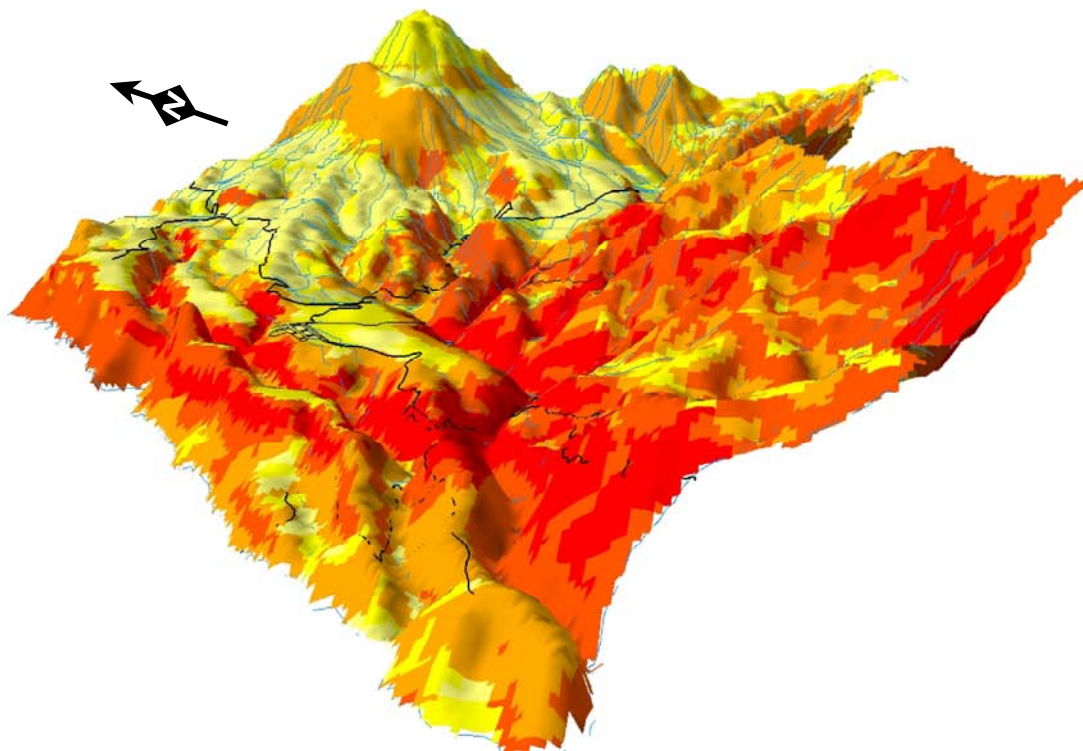
Sistema. de cordenas proyectadas: Magna
Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Sistema de cordenas Geográficas: Magna
Datum: Colombia Oeste

Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo

Fuente: Este estudio
Fecha: Febrero de 2012

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

MAPA 27. VISTA TRIDIMENSIONAL (3D), DE LAS ZONAS DE AMENAZA RELATIVA TOTAL DEL TERRENO A TODOS LOS TIPOS DE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, CORREGIMIENTO DE LAS MESAS, EL TABLÓN DE GÓMEZ, N.



UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA APLICADA
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN GEOGRAFÍA
FÍSICA Y PROBLEMAS AMBIENTALES TERRA

ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA
POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA
EN EL CORREGIMIENTO DE LAS MESAS
MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ (N.)

CONVENCIONES

- CARRETERA
- CAMINO
- ~ RIOS Y QUEBRADAS
- LAGUNA
- CENTRO POBLADO

SISTEMA DE REFERENCIA

Sistema de coordenadas proyectadas: Magna
Proyección: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Sistema de coordenadas Geográficas: Magna
Datum: Colombia Oeste

Autor del proyecto: Jorge Giraldo Obando Mesías
Asesor del proyecto: Geógrafo Germán Narváez Bravo

Fuente: Este estudio
Fecha: Febrero de 2012

LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

