

ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN EL
CORREGIMIENTO LA CUEVA, MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ, NARIÑO

DANIEL ANDRES ORTIZ ORDOÑEZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2016

ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN EL
CORREGIMIENTO LA CUEVA, MUNICIPIO EL TABLÓN DE GÓMEZ, NARIÑO

DANIEL ANDRES ORTIZ ORDOÑEZ

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

Asesor:

OSCAR PUERRES
Geógrafo

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA
SAN JUAN DE PASTO
2016

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, Mayo de 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradezco eternamente a Dios por su infinita bondad. A mi Esposa, mis dos hijas y mi familia, por su apoyo en el proceso de formación personal y profesional. Expreso mi más sincera gratitud al asesor del proyecto, al Geógrafo Oscar Puerres, un profesional íntegro quien con toda su disposición me brindó su tiempo y conocimientos para 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, a sus profesores y a los estudiantes. También un agradecimiento especial a La Universidad de Nariño, ya que sin esta alma mater no podría ser un profesional.

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo a Dios y en especial a mi Familia, que todos estos años han estado incondicionalmente en este camino largo pero que hoy llego a feliz término. A mí querida Esposa Mayerli Gómez y mis hijas María Paula Ortiz y Luciana Isabela. A mis Padres Libardo Alejandro Ortiz y María Gladis Ordoñez por apoyarme toda la carrera profesional y desde mi infancia. También a mis hermanos por los consejos que me dieron cada día. Gracias Totales.....

RESUMEN

En esta investigación, se desarrolla el estudio de susceptibilidad a deslizamientos, originados en el corregimiento de La Cueva, Municipio El Tablón, (N). El documento consta de: caracterización físico natural y de cobertura del suelo, identificación de los tipos de deslizamientos identificando los principales factores detonantes que intervienen en la generación de estos y zonificación de las áreas que presentan mayor susceptibilidad a este tipo de amenaza, para esto se utilizaron herramientas de información geográfica.

El trabajo caracteriza la zonificación de la susceptibilidad de los deslizamientos según el método Mora Vharson Mora, la cual permite obtener una zonificación de la susceptibilidad del terreno a deslizarse, mediante la combinación de la valoración y peso relativo de diversos indicadores morfodinámicos. El grado de influencia que cada variable geoambiental posee sobre los deslizamientos, se definió calculando las áreas afectadas en cada unidad cartográfica de los parámetros evaluados y el resultado de la relación entre sí, como resultado el mapa de susceptibilidad.

El uso de este método, permitió valorar la susceptibilidad del movimiento en masa presente en las variables geoambientales. La metodología permitió desarrollar una aproximación del grado de susceptibilidad al deslizamiento de la región estudiada y de los fenómenos que influyen mayormente esta condición. El modelo metodológico se complementó con la utilización de los Sistemas de Información Geográfica, herramienta que admitió la integración cartográfica de variables temáticas mediante modelamiento geoespacial de la susceptibilidad del terreno por deslizamientos.

El resultado de la zonificación de la susceptibilidad a los deslizamientos se plasmó en mapas, que indican la posibilidad de ocurrencia de deslizamientos, 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 deslizamiento. De esa manera se clasificó la estabilidad relativa respecto a que sectores específicos dentro del área de estudio que son susceptibles a los deslizamientos para ello se establecieron grados de susceptibilidad: moderada y media, asignada a aquellas zonas inestables del terreno que por sus características actuales son consideradas como propicias para la formación de los deslizamientos.

Palabras claves: susceptibilidad, zonificación, Deslizamiento.

ABSTRACT

In research, it develops in Study of Landslide Susceptibility to where the case of the township of La Cueva, Municipality El Tablon, (N). The document consists of: natural physical characterization and land use, identifying the types of landslides, determination of the main trigger factors involved in the generation of landslides, zoning of areas with higher susceptibility to landslides through a system Geographic Information.

The paper presents the zoning of susceptibility of landslides from the implementation of Vharson Mora Mora method, which allows a zoning land susceptibility to slip through the combination of valuation and relative weight of different morphodynamic indicators. The degree of influence each variable has on geoenvironmental landslides, was defined by calculating the areas affected by such movements present in each evaluated parameter mapping unit.

Using this method, susceptibility possible to assess mass movement geoenvironment present in each variable. The methodology allowed developing an approximation of the degree of susceptibility to slippage of the region studied and phenomena that mostly influence this condition. The methodological model was supplemented with the use of GIS, cartographic tool admitted thematic variables by integrating geospatial modeling of landslide susceptibility terrain.

The result of the zoning of landslide susceptibility was embodied in maps that indicate the possibility of occurrence of landslides, according to the assessment of the physical and natural terrain features. And surface areas, where conditions are favorable to them a certain slippage may occur are identified. Thus the relative stability with respect to specific areas within the study area that are susceptible to landslides threatened categories for it settled on was classified as: high, moderate and average assigned to those unstable areas of land for their current characteristics are considered conducive to the formation of landslides. In descending order of severity classes low and very low susceptibility, based on ground surfaces more current stability were established.

Key words: susceptibility zoning Slip.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. PROBLEMA	20
1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	20
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	20
2. OBJETIVOS.....	22
2.1 OBJETIVO GENERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
3. JUSTIFICACIÓN.....	23
4. Localización del área de estudio.....	25
4.1 Ubicación geográfica	25
4.2 localizacion y delimitacion.....	25
5. MARCO REFERENCIAL.....	28
5.1 MARCO TEORICO CONTEXTUAL	28
5.1.1 Contexto Internacional	28
5.1.2 Contexto Nacional.....	30
5.1.3 Contexto Regional	31
5.2 MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	33
5.2.1 Clasificación Deslizamientos.....	33
5.3. MARCO LEGAL	39
5.3.1 Constitución política de Colombia 1991	40
5.3.2 Ley 46 de 1988	40
5.3.3 Decreto 919 de 1989	40
5.3.4 Ley 99 de 1993	40
5.3.5 Ley 388 de 1997	41
5.3.6 Decreto 93 de 1998.	41
5.3.7 Ley 1523 de 2012.	41
6. METODOLOGIA	43
6.1 FASE UNO. CARACTERIZACIÓN FÍSICO NATURAL Y COBERTURA DEL SUELO EN EL CORREGIMIENTO DE LA CUEVA	43

6.1.1. Identificación de las principales fuentes de información secundaria y primaria.....	43
6.2 FASE DOS. IDENTIFICACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	47
6.2.1 Compilación de información sobre sucesos históricos relacionados con la ocurrencia de deslizamientos en el área de estudio.	47
6.2.2 Identificación e inventario de los deslizamientos.	48
6.2.3 Comprobación, actualización y clasificación de los deslizamientos.....	48
6.2.4 Descripción, caracterización y análisis de los deslizamientos inventariados.	48
6.3 FASE TRES. ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR DESLIZAMIENTOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	48
6.3.1 Factores y parámetros utilizados para determinar la susceptibilidad a deslizamientos según la metodología MVM.....	49
6.3.2 Grado de susceptibilidad al deslizamiento.....	49
6.3.3. Descripción de los parámetros de la metodología MVM.....	51
7. CARACTERIZACIÓN FÍSICO NATURAL Y DE COBERTURAS DEL CORREGIMIENTO DE LA CUEVA, MUNICIPIO EL TABLON, (N)	58
7.1 CLIMATOLOGIA.....	58
7.1.1. Precipitación	58
7.2 GEOLOGIA.....	63
7.2.1 Complejo Quebradagrande (K1cqg).	64
7.2.2 Lavas y piroclastos (NQlp).	64
7.2.3 Flujos de lodo y flujos piroclásticos (Qflp).	64
7.2.4 Geología Estructural	65
7.3 GEOMORFOLOGÍA.....	67
7.3.1 Geosistema Denudacional.....	68
7.4 TOPOGRAFIA DEL TERRENO	73
7.4.1 Topografía.....	73
7.4.2 Pendiente del Terreno.....	73
7.5 CARACTERIZACION DE COBERTURAS EN EL CORREGIMIENTO DE LA CUEVA.	78
7.5.1 Territorios Artificializados	78

7.5.2 Territorios Agrícolas	79
7.5.3 Bosques y Áreas Semi-Naturales.	82
8. CLASIFICACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS EN EL CORREGIMIENTO DE LA CUEVA, MUNICIPIO EL TABLON, (N).....	86
8.1 DESLIZAMIENTOS.....	87
8.1.1 Deslizamientos traslacionales.....	87
8.1.2 Deslizamientos rotacionales	94
9. ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO EN EL CORREGIMIENTO DE LA CUEVA, MUNICIPIO EL TABLÓN, (N).....	97
9.1 EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS.....	97
9.1.1 Evaluación del Parámetro Pendiente (S_p).....	97
9.1.2 Evaluación del Parámetro Susceptibilidad Litológica (S_l).....	98
9.1.3 Evaluación del Parámetro Humedad del Terreno (S_h).	100
9.2 ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS	103
9.2.1 Grado de susceptibilidad bajo.....	106
9.2.2 Grado de susceptibilidad moderado	106
9.2.3. Grado de susceptibilidad medio.....	106
9.2.4. Grado de susceptibilidad alto.....	107
9. CONCLUSIONES	108
10. RECOMENDACIONES.....	109
BIBLIOGRAFIA.....	111
NETGRAFIA	112

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Estaciones climatológicas cercanas al corregimiento La Cueva.	44
Cuadro 2. Clasificación de pendientes.....	45
Cuadro 3. Clasificación cobertura del suelo Corine Land Cover, Corregimiento La Cueva	47
Cuadro 4. Formula susceptibilidad a deslizamientos método Mora Vahrson Mora	50
Cuadro 5. Clasificación de la susceptibilidad al deslizamiento.	50
Cuadro 6. Clasificación del factor pendiente.....	51
Cuadro 7. Clasificación del factor litológico.	52
Cuadro 8: Valores asignados a los promedios mensuales de lluvia.	53
Cuadro 9: Valoración del parámetro humedad del terreno (S_h)	53
Cuadro 10. Valoración del parámetro de disparo por lluvias D_{ll}	54
Cuadro 11. Coberturas Geomorfológicas	71
Cuadro 12. Tipo de Pendientes, Corregimiento La cueva	75
Cuadro 13. Cobertura vegetal Corregimiento La Cueva.	78
Cuadro 14. Hectáreas susceptibles a deslizamientos por la pendiente en el corregimiento la Cueva.	98
Cuadro 15. Valoración litológica.	99
Cuadro 16. Valoración Humedad del Terreno	100
Cuadro 17. Categorización del parámetro de humedad del terreno	101
Cuadro 18 . Valor del factor disparo por lluvia	102
Cuadro 19. Áreas susceptibles a deslizamientos corregimiento la cueva.....	106

LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Grafico 1. Valores totales mensuales de Precipitación (mm), estaciones San Bernardo y Aponte.....	59
Grafico 2. Distribución interanual de la Precipitación (mm), estaciones San Bernardo y Aponte.....	62
Grafico 3. Balance hídrico simplificado, Corregimiento La Cueva.	100

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema de caída de rocas.	34
Figura 2. Volcamiento de rocas.	34
Figura 3. Deslizamiento rotacional.....	35
Figura 4.Deslizamiento traslacional.	36
Figura 5. Esquema ilustrativo de deslizamiento tipo flujo.	37
Figura 6. Modelo cartográfico susceptibilidad a deslizamientos	55
Figura 7. Esquema del proceso Metodológico.....	56
Figura 8. Unidad de escarpes localizada hacia el occidente del área de estudio, Rio Janacatú, observada desde la vereda Campo Alegre.....	69
Figura 9. Relieve ondulado, laderas moderadamente escarpadas y fuertemente disectadas, localizada hacia el occidente del área de estudio, rio Juanambú, observada desde la vereda Los Alpes.	70
Figura 10. Relieve Plano Ondulado Laderas Levemente Escarpadas y Disectadas, Rio Janacatu, observada desde la vereda La Victoria.	70
Figura 11. Modelo Digital de Terreno, Corregimiento de La Cueva.	74
Figura 12. Panorámica Centro Poblado La Cueva.....	79
Figura 13. Cobertura de cultivos permanentes, vereda La Victoria	80
Figura 14. Cobertura de pastos enmalezados, vereda La Victoria.	81
Figura 15. Cobertura de pastos y cultivos en la vereda La Victoria	82
Figura 16. Cobertura de pastos y cultivos en la vereda Pitalito Alto.	82
Figura 17. Unidad de bosque Natural fragmentado al fondo, vereda Los Alpes y Pitalito alto.	83
Figura 18. Cobertura de bosque de Galeria, Quebrada Juanoy.	84
Figura 19. Deslizamiento traslacional, carretera La Cueva - El Tablón, vereda La Victoria.....	88
Figura 20. Deslizamiento traslacional, carretera principal La Cueva - El Tablón, vereda La Victoria	89
Figura 21. Deslizamiento traslacional, carretera vereda Pitalito Bajo.	90
Figura 22. Deslizamiento traslacional, localizado al centro norte del área de estudio.	92
Figura 23. Deslizamiento traslacional, Localizado al centro norte del área de estudio.	93
Figura 24. Deslizamiento rotacional, localizado en la vereda Pitalito Alto.	95
Figura 25. Mapa del Factor de Susceptibilidad (Sp)	97
Figura 26. Mapa de Susceptibilidad Litológica.....	99
Figura 27. Mapa Parámetro Humedad del Terreno Corregimiento La Cueva (S _h).	101
Figura 28. Precipitación Máxima Estación Aponte.....	102
Figura 29. Mapa del factor disparo por Lluvias.	103
Figura 30. Mapa de susceptibilidad combinación de elementos pasivos.....	104

LISTADO CARTOGRÁFICO

	pág.
Mapa 1. Mapa base y localización geográfica del Corregimiento La Cueva	26
Mapa 2. División política administrativa del corregimiento La cueva	27
Mapa 3. Geología, corregimiento La Cueva.	66
Mapa 4. Geomorfología, corregimiento La Cueva	72
Mapa 5. Mapa de Pendientes.	77
Mapa 6. Coberturas Terrestres, Corregimiento La Cueva	85
Mapa 7. Mapa de Deslizamientos corregimiento de La Cueva.	96
Mapa 8. Mapa de zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos en el corregimiento La cueva.....	105

GLOSARIO

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.

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.

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

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

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.

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 atravesase sin alterar su estructura interna.

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

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.

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 DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS: división de la superficie terrestre en zonas de acuerdo al grado real o potencial a deslizamientos de tierra en las laderas.

INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan al ser humano, causando miles de muertes y daños en las propiedades como construcciones, fincas, infraestructura, etc.; sin embargo, muy pocas personas son conscientes de su importancia. “El 90% de las pérdidas por deslizamientos son evitables si el problema se identificara con anterioridad y se tomaran medidas de prevención y/o control”.¹

La investigación titulada “estudio de susceptibilidad a deslizamientos en el corregimiento de La Cueva, Municipio de El Tablón de Gómez, 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 deslizamientos, partiendo de su identificación y evaluación.

El hecho que el estudio de la amenaza por deslizamientos, mediante cálculos probabilísticos resulta ser muy lioso debido al gran número de variables que intervienen en el proceso, la investigación que aquí se plantea se basa en el método Mora-Vahrson-Mora el cual permite obtener una zonificación de la susceptibilidad del terreno a deslizarse, mediante la combinación de la valoración y peso relativo de diversos indicadores morfodinámicos (litología, humedad del terreno, pendientes).

La zonificación de la susceptibilidad a los deslizamientos, se orienta mediante el desarrollo de procedimientos que permiten valorar, relacionar, evaluar e identificar variables geoambientales (geología, geomorfología, pendiente y humedad del terreno) y deslizamientos, mediante el método anteriormente descrito. El uso de este método, permite valorar la susceptibilidad del movimiento en masa presente en cada variable geoambiental. La metodología permite desarrollar una aproximación del grado de susceptibilidad al deslizamiento del área de estudio y de los fenómenos que influyen esta condición.

El método Mora Vahrson Mora es valioso en la identificación de áreas críticas y útil en la orientación de prioridades en cuanto al destino de los recursos destinados hacia estudios geotécnicos de detalle, la cual es sencillo de implementar en un sistema de información geográfica (SIG) en donde es importante resaltar que los mapas generados con esta metodología se utilizan y aplican como instrumentos en la toma de decisiones para los procesos de

¹SUREZ DIAZ, Jaime. [En línea]. Estabilidad de Taludes: Caracterización de los movimientos. Santander, Colombia. 2007. p 1. (consultado ,15 Nov.2014). Disponible en la dirección electrónica http://ocw.uis.edu.co/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/clase1/1_caracterizacion_de_los_movimientos.pdf

planificación del uso del terreno, explotación de recursos naturales y el desarrollo de infraestructura, urbanismo y líneas vitales.

El proceso metodológico finalmente permitió determinar la susceptibilidad del terreno frente a la posible ocurrencia de deslizamientos 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 del suelo, identificación de tipos de deslizamientos y zonificación de la susceptibilidad a los deslizamientos; lineamientos, conceptos, normatividad y políticas vigentes relacionadas con el estudio y tipificación de la susceptibilidad dentro del desarrollo físico espacial de Colombia; aspectos de investigación tanto a nivel local, regional e internacional y definición de tres 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 y gráficos diseñados por el autor de este estudio, acompañados de trece mapas temáticos a escala 1:25.000, que muestran el análisis de las variables físico naturales y el proceso de zonificación de la susceptibilidad del terreno a deslizamientos 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, deslizamientos y susceptibilidad del terreno a deslizamientos. Frente a ello se estable que la definición de variables físico naturales y la susceptibilidad del terreno a deslizamientos permitiendo caracterizar áreas de mayor susceptibilidad, estableciéndose así la zonificación de la susceptibilidad a los deslizamientos en el corregimiento de La Cueva, Municipio de El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño.

1. PROBLEMA

1.1 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cómo medir los principales eventos amenazantes, teniendo en cuenta las condiciones ambientales, en relación a posibles deslizamientos en el corregimiento de la Cueva, Municipio el Tablón de Gómez, en el Departamento de Nariño?

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ocurrencia de deslizamientos, considerados como generadores de amenaza, los cuales afectan la infraestructura básica, las actividades humanas y la vida de la población del Corregimiento de La Cueva, Municipio de El Tablón de Gómez, Departamento de Nariño.

1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El corregimiento de La Cueva, se ubica en el municipio de El Tablón de Gómez, hacia la zona nororiental del departamento de Nariño. Su extensión territorial es de 10.195,86 hectáreas, distribuidas entre el centro poblado La Cueva y siete (7) veredas, de las cuales un 60% presentan deslizamientos; 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 deslizamientos ocasionando impactos negativos sobre la población y el medio físico natural.

Los deslizamientos son generados principalmente por la fisonomía del relieve, las lluvias intensas y el inadecuado uso del suelo de la región. En los últimos años el incremento de las lluvias debido al fenómeno de la niña y el uso incorrecto del suelo de la comunidad han acrecentado más los deslizamientos.

Como consecuencia la presencia de deslizamientos 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, ante esto es importante realizar 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 los deslizamientos ha provocado en el corregimiento de La Cueva, municipio El Tablón de Gómez, Nariño, la intervención y ocupación de espacios geográficos que actualmente enfrentan un nivel de incidencia alto, debido al incremento de deslizamientos, los cuales alcanzan dimensiones considerables propagando de manera potencial y constante su poder permitiendo ocupar áreas donde se encuentran activos o como vestigios de su paso, por lo tanto la población al carecer de otra alternativa no le queda otra opción que someterse a habitar áreas expuestas al peligro.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de susceptibilidad a deslizamientos en el corregimiento de La Cueva, municipio El Tablón de Gómez, Nariño como una herramienta para la planificación y el ordenamiento del territorio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar la caracterización físico natural y cobertura del suelo en el corregimiento de La Cueva, municipio El Tablón de Gómez, Nariño.
- Identificar los tipos de deslizamientos en el corregimiento de La Cueva, municipio El Tablón de Gómez, Nariño.
- Zonificar las áreas que presentan susceptibilidad a deslizamientos en el área de estudio a través de un sistema de Información geográfico.

3. JUSTIFICACIÓN

La investigación tiene como objeto realizar un estudio de susceptibilidad a deslizamientos en el corregimiento de la Cueva, Municipio El Tablón de Gómez (Nariño). La importancia de la realización de la zonificación de las áreas de susceptibilidad a los deslizamientos en el área de estudio, radica en que el corregimiento de La Cueva tiene afectación en cuanto a la presencia de deslizamientos principalmente en la red vial que interconecta los corregimientos de Pompeya, Fátima, Las Mesas, el resguardo Indígena Inga de Aponte y la cabecera municipal de El Tablón, además el crecimiento poblacional del corregimiento de La Cueva ha conllevado a la construcción de gran cantidad de viviendas, algunas de ellas hasta de tres pisos al lado de la vía principal que intercomunica todo el municipio de El Tablón de Gómez, en las cuales la pendiente del terreno es mayor a cuarenta y cinco grados (45°) acrecentando más la amenaza por el fenómeno de deslizamiento.

La zonificación de la susceptibilidad a deslizamiento 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 deslizamientos en el corregimiento de La Cueva, que requieren manejo prioritario para ser incorporadas dentro del Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del Municipio de El Tablón de Gómez y de esta manera poder conseguir y destinar recursos e implementar acciones que mitiguen, minimicen o eviten el problema físico y social por deslizamientos en este corregimiento.

Este estudio es importante ya que a partir de sus resultados se satisfacen las necesidades de investigación que permiten a la comunidad local y a las autoridades a tomar decisiones acertadas ya que cuentan con fuente de información confiable, que establece las áreas susceptibles a deslizamientos; puesto que los resultados de la investigación se aplican como un instrumento de planificación y desarrollo en el corregimiento de La Cueva, con miras a un ordenamiento territorial acorde con las condiciones y características físico naturales de dicho espacio geográfico.

Es preciso aclarar que la geografía como ciencia que estudia las interacciones del hombre con la naturaleza permite realizar investigaciones y buscar solución a problemas aplicados al medio geográfico, mediante el desarrollo de estudios como los de prevención de las amenazas en áreas, zonas y regiones propias

susceptibles a deslizamientos y a otros fenómenos de remoción en masa, que son influenciados por factores físico, climáticos y antrópicos.

4. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El presente proyecto se desarrolló en el Corregimiento La Cueva (Mapa 1) del municipio del Tablón de Gómez, se encuentra localizado al oriente de la cabecera municipal a una distancia de 5,5 km, presenta alturas comprendida entre los 1450 a 2850 m.s.n.m., El centro poblado, está localizado al sur del corregimiento sobre una terraza fluvio volcánica, bañada en su costado sur por el río Juanambú.

La zona de estudio se enmarca dentro de las siguientes coordenadas geográficas Latitud Norte: 1° 23' 56"; 1° 26' 49" y Longitud Oeste 77° 02' 03"; 77° 05' 28"

4.2 LOCALIZACION Y DELIMITACION.

El corregimiento de La Cueva se encuentra conformado por los siguientes límites territoriales:

NORTE: Con el corregimiento de Las Mesas y municipio de Albán

SUR: Con municipio de Buesaco

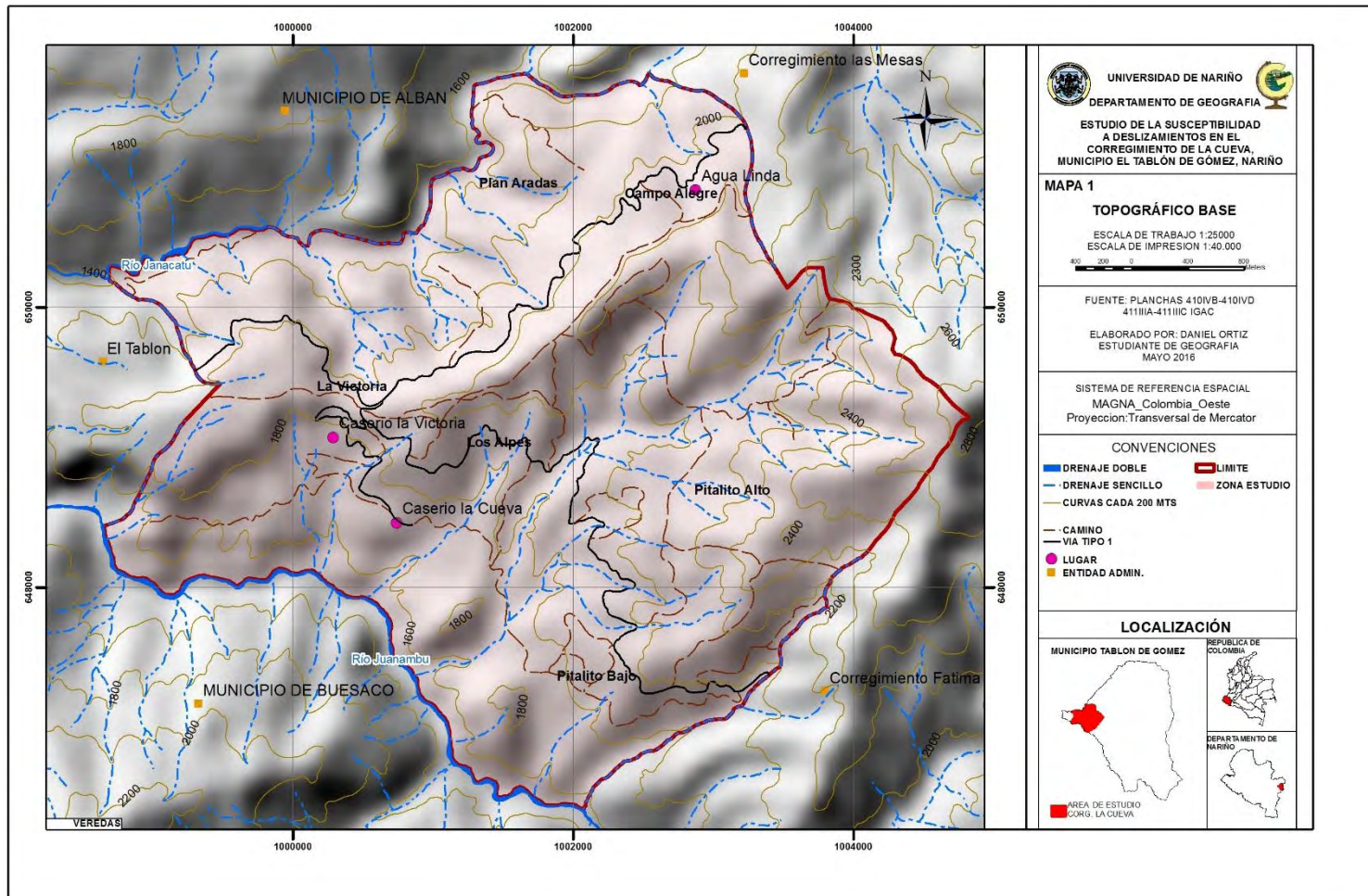
OCCIDENTE: Con el municipio de Buesaco y Cabecera Municipal

ORIENTE: Con los corregimiento de Fátima y Las Mesas

El área del estudio 1844 hectáreas y su división política administrativa (Mapa 2) la conforman la cabecera corregimental denominada La Cueva y las veredas: Pitalito Bajo, Pitalito Alto, Los Alpes, La Victoria, Campo Alegre, Plan Aradas y Puerto Nuevo².

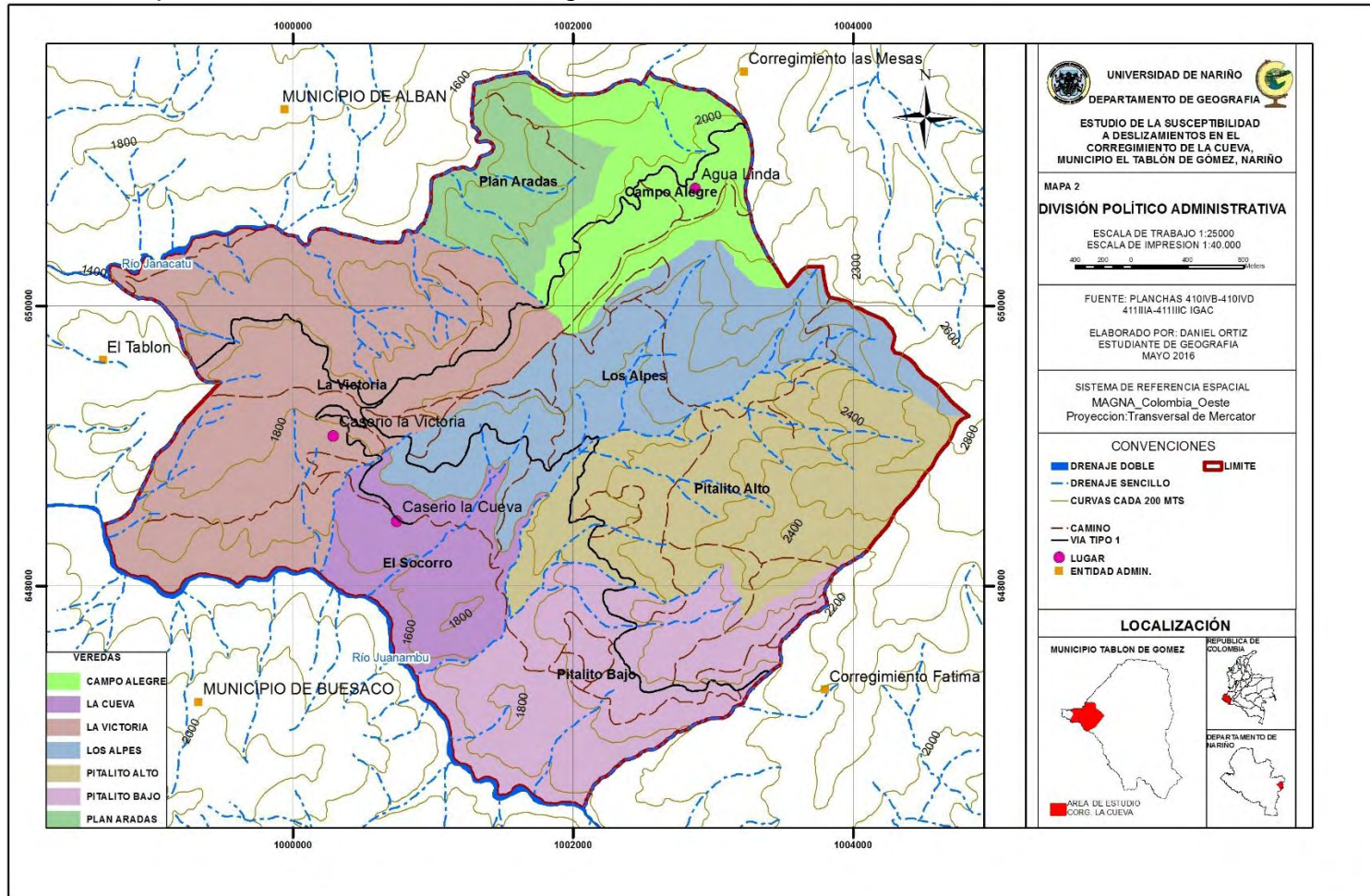
² ALCALDÍA EL TABLÓN DE GÓMEZ. ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Capítulo 2: Dimensión político administrativa. p. 13- 16.

Mapa 1. Mapa base y localización geográfica del Corregimiento La Cueva



Fuente: esta investigación.

Mapa 2. División política administrativa del corregimiento La cueva



Fuente: esta investigación

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 MARCO TEORICO CONTEXTUAL.

Los deslizamientos son catalogados como elementos potencialmente peligrosos, debido a los efectos devastadores que generan a su paso, es por ello que en los diferentes contextos se ha mostrado particular interés frente al tema, pues se han desarrollado distintas investigaciones que permiten conocer y evaluar el comportamiento de la amenaza de tal manera que a través de estudios programados se disminuya mediante acciones planificadas la amenaza tanto en áreas urbanas como rurales. A continuación se nombran algunas de las investigaciones elaboradas en distintos ámbitos, constituyéndose en un valioso aporte como antecedentes de referencia teórica y metodológica para el desarrollo de la presente investigación.

5.1.1 Contexto Internacional. Las amenazas naturales específicamente las relacionadas con deslizamientos se han convertido en un problema que afecta a muchos países, por este motivo en varios países se han adelantado investigaciones relacionadas con el estudio de la susceptibilidad a deslizamientos.

Como antecedente importante en cuanto a la inclusión de procesos metodológicos de la susceptibilidad a deslizamientos en Latinoamérica y principalmente en Centro América, destaca lo siguiente:

El Magister Tupak Obando³ Ingeniero en geología realizó el estudio “Evaluación y monitoreo de la amenaza por deslizamientos en terrenos de la comarcas de Golfo Arriba y La Chata (Jinotega, Nicaragua)”. Investigación en la cual se determinan las características estructurales de las grietas, fracturas, deslizamientos y flujos de tierra en los terrenos de las comarcas del Golfo Arriba y La Chata en Nicaragua y evalúa su grado de peligro y amenaza.

Esta investigación resalta los parámetros medioambientales como la geología, el relieve, el clima y el uso del suelo los cuales favorecen la ocurrencia de deslizamientos, que acabo se interpreta en la investigación del estudio de la susceptibilidad por deslizamientos en el corregimiento de La Cueva, municipio El Tablón de Gómez, Nariño.

³ OBANDO, Tupack. Evaluación y monitoreo de la amenaza por deslizamientos en terrenos de la Comarca de Golfo arriba y La Chata (Jinotega, Nicaragua) [En línea]. En Monografías (2012); p 1. (Consultado, 28 de Febrero 2011). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/amenaza-deslizamientos-terrenos-golfo-chata/amenaza-deslizamientos-terrenos-golfo-chata.pdf>.

A sí mismo el geólogo magister Rolando Mora Chinchilla⁴ desarrolló las investigaciones: “Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica” y “zonificación de la susceptibilidad al deslizamiento: resultados obtenidos para la península de papagayo mediante la modificación el método mora vahrson. Las cuales aplican una nueva metodología llamada método Mora-Vahrson-Mora (MVM), en ellas se establecen los sectores potenciales de presentar deslizamientos en caso de lluvias de intensidad alta y sismos de magnitud importante o una combinación de ambos.

El desarrollo de la metodología Mora Vahrson Mora es fundamental en la investigación del estudio de susceptibilidad por deslizamientos en el corregimiento de La Cueva, municipio El Tablón de Gómez, Nariño y se pretende aplicar a escala 1:25000, modificando algunos parámetros que más adelante serán nombrados.

Por otro lado Rosalva Pérez Gutiérrez⁵ en su artículo “análisis de la vulnerabilidad por los deslizamientos en masa, caso: Tlacuitlapa, Guerrero” del boletín de la sociedad geológica mexicana, resalta la determinación de la vulnerabilidad de la zona donde se llevó a cabo la cartografía geológica que incluyó la ubicación y caracterización de áreas afectadas por deslizamiento de bloques de roca y suelo.

En el continente de Suramérica y en especial en Ecuador se ha realizado la tesis “susceptibilidad al deslizamiento de los suelos y rocas de la Provincia de Manabí” por la estudiante de ingeniería civil María Verónica Aguirre Herrera⁶, en la cual se enfoca a la caracterización de los taludes y formaciones geológicas correspondientes, de acuerdo a su susceptibilidad al deslizamiento, con el fin de poder prevenir posibles movimientos de masas.

Estas investigaciones tan importantes a nivel del continente Americano, se convierten en una guía para desarrollar investigaciones a nivel local, específicamente en el corregimiento de La Cueva, municipio El Tablón de Gómez, Nariño, ya que con ellas es posible orientar estudios específicos y más detallados, a nivel territorial, municipal o corregimental e igualmente destacables para la población de corregimiento de La Cueva, por ende con el estudio de

⁴ MORA CHINCHILLA, Rolando. Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento en el Cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica. [En Línea]. En proyecto FUNDEVI 0960 servicios especializados de laboratorio de suelos y rocas, Fundación de la universidad de Costa Rica para la investigación (2004); (Consultado, 28 de Febrero 2012). Disponible en la dirección electrónica: http://www.femica.org/areas/modambiental/archivos/foro/deslizamiento_canton_san_jose.pdf

⁵ PEREZ GUTIERREZ, Rosalva. [En línea] Análisis de la vulnerabilidad por los deslizamientos en masa, caso: Tlacuitlapa, Guerrero. (Consultado, 3 de Abril 2012). Disponible en la dirección electrónica: [http://www.boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5902/\(3\)Perez.pdf](http://www.boletinsgm.igeolcu.unam.mx/epoca04/5902/(3)Perez.pdf)

⁶ AGUIRRE HERRERA, María Verónica. [En línea] Susceptibilidad al deslizamiento de los suelos y rocas de la Provincia de Manabí. (Consultado, 6 de Abril 2012). Disponible en la dirección electrónica: www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/149/1/183.pdf

susceptibilidad a deslizamiento se pueden tomar decisiones acertadas para la continuidad de la vida.

5.1.2 Contexto Nacional. A nivel nacional se han desarrollado trabajos de gran importancia, es así como en el país diversas instituciones se han encargado de liderar investigaciones en cuanto al tema de las amenazas por deslizamiento caso específico Servicio Geológico Colombiano, otrora INGEOMINAS, organismo con mayor experiencia en Colombia en el manejo de las amenazas geoambientales, ha liderado varios proyectos en algunos municipios del territorio nacional, entre ellos se nombran los siguientes.

“Zonificación de amenazas por deslizamientos en casco urbano del municipio de Dolores, Tolima”⁷, investigación que se basó en la identificación de las amenazas a través de la aplicación de métodos empíricos, aspecto que consiste en la asignación al terreno de grados de posible ocurrencia de un deslizamiento. Evaluación efectuada directamente en campo y a criterio de especialistas, quienes en base a su experiencia definen la susceptibilidad de las laderas a la generación de movimientos en masa tomando como base algunos factores detonantes en función de ciertas variables geoambientales.

En el departamento de Antioquia se destacan estudios “geomorfología aplicada a la ocurrencia de deslizamientos en el valle de Aburra” y “análisis de los deslizamiento en la cuenca de la quebrada la iguana de la ciudad de Medellín a partir de la integración lluvia, pendiente, formación geológica” realizado por los doctores en geotecnia y geología Edier Aristizábal y Shuichiro Yokota⁸ y el ingeniero civil Oscar Echeverry y la doctora en geotecnia Yamile Valencia⁹ respectivamente para la revista DYNA (revista de la facultad de minas de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín), el objetivo del primer artículo es enfocado a la relación entre la evolución del paisaje y la ocurrencia de deslizamientos en el Valle de Aburrá, además de discutir un esquema geomorfológico que permite una adecuada evaluación de la susceptibilidad y amenaza, y el segundo se analizan las relaciones de la ocurrencia de deslizamientos con los registros de precipitación precedente, la pendiente de la

⁷ 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.. (consultado ,6 Mar.2012). Disponible en la dirección electrónica:

http://www.ingeo Minas.gov.co/component/option.com_docman/task.cat_view/gid.302/Itemid.99999999/

⁸ ARISTIZÁBAL, Edier y YOKOTA, Shuichiro. [En línea] Geomorfología aplicada a la ocurrencia de deslizamientos en el Valle de aburra. En: Revista de la Facultad de Minas (DYNA), julio 2006; vol. 79; número 143, pp. 5-16, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. (Consultado, 6 de Abril 2012). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.revista.unal.edu.co/index.php/dyna/article/viewFile/807/1265>

⁹ ECHEVERRY, Oscar y VALENCIA, Yamile. [En línea] Análisis de los deslizamiento en la cuenca de la quebrada la iguana de la ciudad de Medellín a partir de la integración lluvia, pendiente, formación geológica. En: Revista de la Facultad de Minas (DYNA), julio 2004; vol. 71; número 142, pp. 33-45, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. (Consultado, 6 de Abril 2012). Disponible en la dirección electrónica: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/496/49614204.pdf>

ladera y las distintas formaciones geológicas superficiales locales y así reconocer la susceptibilidad al deslizamiento de cada formación superficial y las pendientes más propensas a los movimientos en masa como los deslizamientos.

5.1.3 Contexto Regional. Existen algunos monografías realizados a nivel regional que abordan el tema de la susceptibilidad al deslizamiento, caso concreto las desarrolladas como trabajo de grado por parte de estudiantes de la Universidad de Nariño en algunos municipios del departamento, que a pesar de no enfatizar demasiado en el tema de los deslizamientos, se ha considerado pertinente citarlas puesto que su aporte particularmente podría ser significativo para el desarrollo de esta investigación.

El trabajo de grado de Obando¹⁰, llamado “zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de Las Mesas, El Tablón de Gómez, Nariño”, la cual desarrolla la zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa, con técnicas y herramientas como el método estadístico univariado y sistemas de información geográfica (SIG).

La monografía realizada por Muñoz¹¹, titulada “determinación de zonas de amenaza por deslizamientos en la cuenca del Guamues mediante fotointerpretación”. Quien plantea la identificación e inventario de los deslizamientos a través técnicas de fotointerpretación, donde la zonificación se efectúa mediante delimitación de áreas geomorfológicas homogéneas producto de la evaluación estereoscópica, donde finalmente definir áreas con mayor o menor probabilidad de ocurrencia de fenómenos en masa.

El trabajo más reciente ejecutado para el área objeto de esta investigación y cuyos aportes se destacan puesto que contribuye con información de índole físico natural. Es el desarrollado en conjunto entre el ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial, la corporación autónoma regional de Nariño, la corporación autonomía regional del Cauca, corporación de desarrollo sostenible del sur de la amazonia, en convenio con el instituto de hidrológica meteorología y estudios ambientales IDEAM (2003), quienes publicaron el estudio:

“Plan de ordenamiento y manejo ambiental del complejo volcánico Doña Juana, cerro Juanoy y su área de influencia”, cuyo propósito fundamental fue la construcción de la zonificación y el plan de manejo el cual permitiera resolver conflictos y cimentar actividades productivas y de servicios sostenibles para el desarrollo socioeconómico y cultural. Esto fundamentado en el desarrollo de los

¹⁰ OBNADO, Jorge. Zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en el corregimiento de Las Mesas, El Tablón de Gómez, Nariño. Monografía para optar al título de Geógrafo. Pasto. Trabajo de grado Universidad de Nariño. 2012. p. 222

¹¹ MUÑOZ, Mayerling. Determinación de zonas de amenaza por deslizamientos en la cuenca del Guamues mediante fotointerpretación. Monografía para optar al título de Ingeniero civil. Pasto. Trabajo de grado Universidad de Nariño. 1996. p. 206

siguientes objetivos específicos: acopiar, organizar, sistematizar y evaluar información físico-biótica y socio-económica con el fin de conocer las condiciones actuales y las tendencias de cambio del área de estudio, zonificar, ordenar, priorizar el uso y manejo de los recursos, proporcionar elementos para su protección frente a amenazas de degradación o cambios de uso inseguros y formular un plan de manejo general e indicativo para la zona, indicando los proyectos básicos de desarrollo sostenible, consignando las recomendaciones pertinentes a efecto de redireccionar los planes de ordenamiento territorial y la formulación detallada de proyectos¹².

¹² 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. p.34

5.2 MARCO TEORICO CONCEPTUAL

Cuando se habla de susceptibilidad a deslizamientos es necesario incluir aquellas variables que en mayor o menor medida contribuyen a predisponer al terreno a sufrir un deslizamiento en particular. Es así como se hace necesario el estudio de las unidades geológicas (rocas) o edafológicas (suelos), la topografía y la pendiente, la humedad propia del terreno y los patrones de lluvias diarias, mensuales y anuales en la región de estudio.

Al mismo tiempo, es necesario reconocer los diferentes tipos específicos de deslizamientos y cuáles de ellos pueden ser reconocidos con tal o cual metodología en particular.

5.2.1 Clasificación Deslizamientos. A continuación se realiza una descripción breve de los principales tipos de deslizamientos.

La cinemática de los deslizamientos, es decir, el movimiento que gobierna el desplazamiento de la masa de material, es uno de los principales criterios para su clasificación. Esta visión es congruente con el hecho de que el tipo de movimiento es uno de los principales criterios que deben ser utilizados para el diseño e implementación de las medidas correctivas o de mitigación.

Los cuatro tipos de movimientos que se pueden presentar en un deslizamiento son: caída (fall), Volcamiento (topple), deslizamiento (slide), y flujo (flow)¹³.

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

- **Caída.** “Un evento de caída de material se inicia con el desprendimiento de suelo o roca desde la parte alta de una ladera empinada y su posterior desplazamiento (cayendo, rodando, rebotando o mixto) a lo largo de la ladera”¹⁴.

Para Varnes citado por Rolando Mora Chinchilla “son masas desprendidas de pendientes muy fuertes o escarpes, que se mueven en caída libre, dando tumbos (saltos) o ruedan ladera abajo”¹⁵.

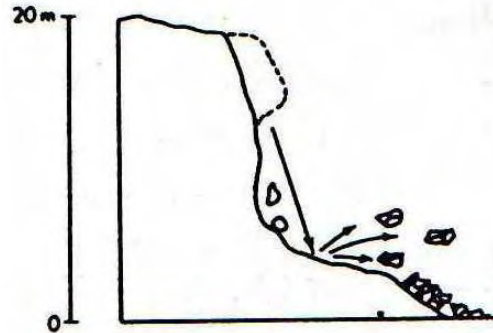
¹³BARILLAS, Edy Manolo. [En línea]Evaluación de zonas susceptibles a deslizamientos. En: www.google.com.co (Consultado, 3 de Abril 2012). Disponible en la dirección electrónica: www.geociencias.com.gt/foto/propuesta.pdf. p3.

¹⁴Op. cit., p. 2

¹⁵MORA CHINCHILLA, Rolando. [En línea] Fundamentos sobre deslizamientos. En: www.google.com.co (Consultado, 1 de Abril 2012). Disponible en la dirección electrónica: www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf. p1.

La velocidad de ocurrencia de este tipo de movimiento es normalmente entre rápido a extremadamente rápido. En la figura 3 se muestra un esquema ilustrativo para este tipo de deslizamiento.

Figura 1. Esquema de caída de rocas.

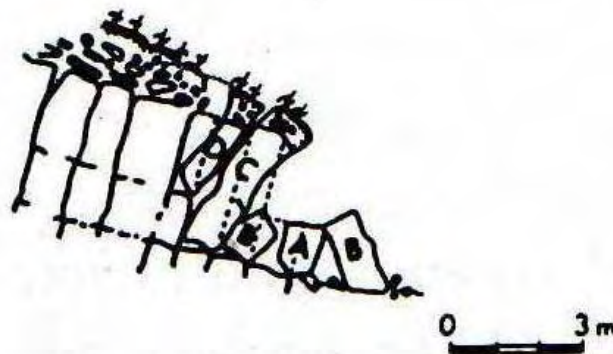


Fuente: Cruden y Varnes.

- **Volcamiento.** Este tipo de movimiento se define como “la rotación hacia el frente y hacia fuera con base en un punto o eje de rotación ubicado bajo el centro de gravedad de la masa desplazada (caída de dominó)”¹⁶.

En muchas ocasiones, este tipo de movimiento es el detonante para movimientos posteriores de caída o de deslizamiento del material. La velocidad de ocurrencia de este tipo de movimiento varía de extremadamente lento a extremadamente rápido algunas veces acelerándose como producto del propio movimiento. La figura 4 muestra un esquema ilustrativo para este tipo de deslizamiento.

Figura 2. Volcamiento de rocas.



¹⁶Op. cit., p. 3

Fuente: Cruden y Varnes.

- **Deslizamiento.** Este tipo de movimiento ocurre cuando una masa de roca o suelo se desliza predominantemente a lo largo de una o varias superficies de ruptura o de una delgada zona de intensa deformación de material. Este movimiento no ocurre inicialmente en forma simultánea sobre lo que eventualmente será dicha superficie de ruptura sino más bien se inicia en forma local y luego se extiende en una o varias direcciones. Normalmente, los primeros signos para este tipo de movimiento son las fracturas o grietas en superficie en donde luego se podrá formar el escarpe del deslizamiento¹⁷.

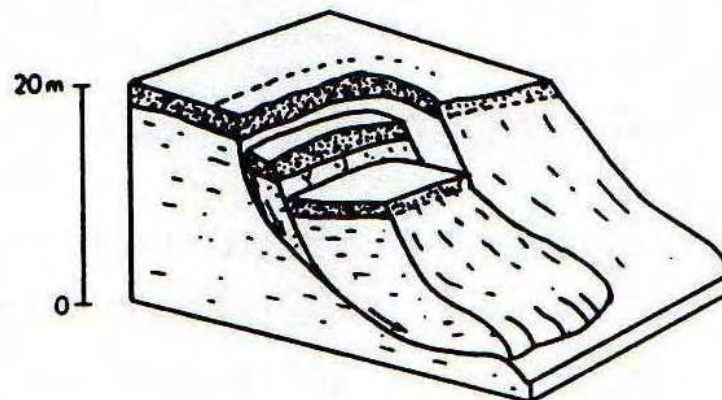
Este tipo particular de movimiento está subdividido en dos categorías en función de las características de la superficie de ruptura.

- **Los deslizamientos rotacionales.** “Son aquellos en donde la superficie de ruptura tiene una forma curva y cóncava. Este tipo de movimientos ocurren más frecuentemente en materiales homogéneos. Normalmente, en la zona alta del deslizamiento observamos “gradas” debido al desplazamiento casi vertical de la masa deslizada”¹⁸.

Cabe aclarar que “el movimiento rotacional se da donde la superficie de ruptura es curva, la masa rota hacia atrás alrededor de un eje paralelo a la ladera”¹⁹.

Es muy común encontrar acumulaciones de agua en esta parte alta del deslizamiento lo cual mantiene el material con tal contenido de humedad que el movimiento puede perpetuarse en el tiempo. A continuación el esquema ilustrativo para este tipo de deslizamiento.

Figura 3. Deslizamiento rotacional.



Fuente: Cruden y Varnes

¹⁷Op. cit., p. 4

¹⁸Op. cit., p. 4

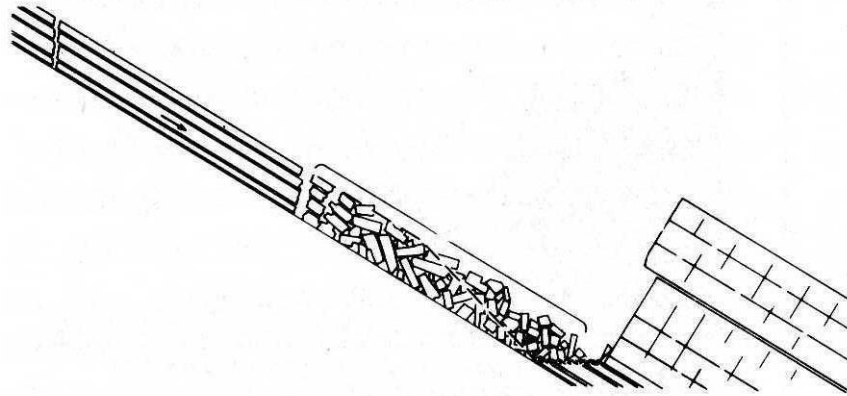
¹⁹MORA CHINCHILLA, Rolando. Op. cit. p. 1

- **Los deslizamientos traslacionales.** Son aquellos en donde:

El material se desliza a lo largo de una superficie de ruptura plana u ondulada. Estas superficies de ruptura (o traslado) normalmente coinciden con discontinuidades geológicas como fallas, fracturas o planos de estratificación aunque también es normal que se formen a lo largo del contacto entre el basamento rocoso y la capa superficial de suelo o material residual en cuyo caso tendrán una forma irregular. Tan pronto como el deslizamiento traslacional progresa la masa desplazada puede quebrarse, particularmente si su velocidad o contenido de agua se incrementa, y entonces puede convertirse en un flujo de material.²⁰

La Figura 4 muestra un esquema ilustrativo para este tipo de deslizamiento.

Figura 4.Deslizamiento traslacional.



Fuente: Cruden y Varnes.

- **Flujo.** Un flujo es “un movimiento espacialmente continuo en el cual las superficies de fricción son de corta duración, poco espaciadas y usualmente no preservadas”²¹.

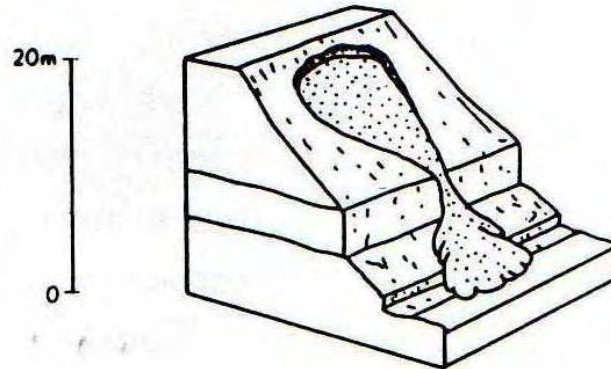
En muchas ocasiones pueden observarse evoluciones de otros movimientos que se convierten en flujos en función de su contenido de agua y su movilidad y la pendiente del terreno.

Normalmente, los flujos de detritos (fragmentos mayores de 2 centímetros) pueden tener velocidades extremadamente altas conforme el material desplazado pierde cohesión, incrementa su contenido de agua o encuentra pendientes más fuertes. La Figura 7 muestra un ejemplo ilustrativo para este tipo de fenómeno.

²⁰BARILLAS, Edy Manolo. Op. cit. p. 5

²¹Op. cit. p. 5

Figura 5. Esquema ilustrativo de deslizamiento tipo flujo.



Fuente: Cruden y Varnes

Es entonces lógico deducir, que para cada uno de los tipos de deslizamientos presentados existen metodologías específicas de análisis ya que los mecanismos y patrones de movimientos son diferentes.

- **Susceptibilidad a Deslizamientos.** 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”²².

Frente a lo anterior la susceptibilidad o amenaza relativa “hace alusión a aspectos en donde está, 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”²³.

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.

²²DUQUE, 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>

²³Ibid., p.3.

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 deslizamientos²⁴.

A diferencia de la susceptibilidad se define la amenaza por deslizamientos 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”²⁵.

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”²⁶.

Con el fin de establecer la categorización de la susceptibilidad a deslizamientos, para el corregimiento de La Cueva, municipio El Tablón de Gómez, Nariño, se toma la definición por Sarkary Kanungo. Adopta con el fin de caracterizarlas zonas de susceptibilidad o amenaza relativa a los deslizamientos, independientemente del método de evaluación aplicado, la definición de cada una de ellas se presenta a continuación.

- **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

²⁴SUREZ DIAZ, Jaime. [En línea]. Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Santander Colombia, 2007. p. 4 - 5. En: [www. google.com](http://www.google.com). (consultado ,11 Nov.2013). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.erosion.com/>

²⁵RODRIGUEZ, 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.

²⁶VARNES, David. J. [En línea]. Landslide Hazard Zonati6n: a Review of principles and practice. Francia. 1984. p.10. (Consultado, 17 Mar. 2009). Disponible en la direcci6n electr6nica: <http://www.unesdoc.unesco.org/images/0006/.../063038EB.pdf>.

discontinuidades favorables, donde no existen indicios que permitan predecir deslizamientos.

- **Susceptibilidad Muy baja.** Laderas no meteorizadas con discontinuidades desfavorables que no presentan ningún síntoma de que puedan ocurrir deslizamientos²⁷.

En todo proceso de zonificación de susceptibilidad 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 medioambiente, 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”²⁸.

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 naturales”²⁹.

5.3. 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 consecuencias de los desastres ocurridos específicamente a partir de la erupción del volcán nevado del Ruiz en 1985, el estado Colombiano buscó desarrollar instrumentos y acciones para prevenir y mitigar los riesgos existentes. Fue entonces como se adoptaron

²⁷Sarkar y Kanungo. Citado por: Suarez Díaz Jaime. Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Escuela de Ingeniería Civil Universidad Industria de Santander. Bucaramanga Santander Colombia, 2002. p. 535

²⁸UBOLDI, 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.

²⁹ODÓÑEZ, Celestino y MARTINEZ, Roberto. Sistemas de Información Geográfica, aplicaciones prácticas Con Idrisi 3.2 al análisis de riesgos naturales y problemáticas medioambientales. México: Alfaomega.2003p.3

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”³⁰

Entorno 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.

5.3.1 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 preverla conservación de espacios seguros minimizando al máximo acciones de deterioro que finalmente terminan convirtiéndose en amenazas para la población.

5.3.2 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.

5.3.3 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.

5.3.4 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

³⁰MINISTERIO 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

ambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA).

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.

5.3.5 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.

5.3.6 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 territorial es 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.

5.3.7 Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres y se dictan otras disposiciones.

La gestión del riesgo de desastres, en adelante la gestión del riesgo, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el

manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

6. METODOLOGIA

La metodológica es el conjunto de operaciones intelectuales y técnicas de obtención y tratamiento de información que resultan adecuadas para abordar un problema. El diseño de la estrategia metodológica consistió en elaborar una planificación previa, de todo de la temática a abordar con el fin de minimizar los errores técnicos y definir acciones acertadas.

El estudio de la susceptibilidad a deslizamientos en el corregimiento de La Cueva se enmarca dentro de la línea de investigación definida por el programa de Geografía de la Universidad de Nariño, “Planificación Regional” y las sub-líneas “prevención de desastres y caracterización biofísica del espacio geográfico”. Y se aborda desde el enfoque de investigación cuantitativa ya que se utilizan métodos aplicados al análisis espacial utilizando herramientas SIG. Y se realiza un análisis descriptivo de la información de los diferentes mapas temáticos.

A continuación se expone el proceso metodológico planteado para el desarrollo de esta investigación, el cual se ha considerado convenientes fases investigativas para lograr los objetivos propuestos por este estudio, las tres fases a estudiarse se denominan: caracterización físico natural y cobertura del suelo, identificación de los deslizamientos y zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos en el corregimiento de La Cueva.

6.1 FASE UNO. CARACTERIZACIÓN FÍSICO NATURAL Y COBERTURA DEL SUELO EN EL CORREGIMIENTO DE LA CUEVA

El objetivo de la caracterización de las variables físico-naturales y cobertura del suelo consistió en recopilar información, para ello se lleva a cabo las siguientes actividades:

6.1.1. Identificación de las principales fuentes de información secundaria y primaria. Esta actividad comprende la revisión minuciosa de publicaciones escritas sobre el tema de deslizamientos y factores que hacen que una zona sea más susceptible a este tipo de amenazas, etc. Aspecto que se enfocó en la visita a entidades a nivel, regional y local, las cuales tienen dentro de su misión institucional estudiar la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo, entre ellos el Servicio Geológico Colombiano, Instituto Nacional de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, la Corporación Autónoma Regional de Nariño CORPONARIÑO, Comité Regional de Prevención y Atención de Desastres CREPAD, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, Planeación Municipal del municipio del El Tablón, entre otras, en las cuales se solicita información técnica, archivos de datos, material cartográfico y demás aspectos de base, contribuyendo

en el estudio de los deslizamientos en el área que comprende el corregimiento de La Cueva, por otro lado la información primaria como la recopilación e inventario de información de sucesos históricos ocurridos en el corregimiento de La Cueva que involucran la presencia de deslizamientos es de igual forma muy importante, como previo se indagó acerca del evento si fue antecedido por la ocurrencia de un factor en particular (lluvia, sismo, deforestación, actividades antrópicas, etc.) que genere el deslizamiento, para ello se aplicaron técnicas e instrumentos de investigaciones capacitaciones y entrevistas con representantes de las entidades gubernamentales las anteriores enunciadas y la comunidad en general.

A partir de la de la consulta de información secundaria de estudios realizados sobre la zona se procedió a establecer las características fisicobioticas del corregimiento La Cueva, para ello se consideró los siguientes aspectos Clima, geología, geomorfología y pendientes, aspectos que se tendrán en cuenta como factores intrínsecos dentro de la susceptibilidad a deslizamientos según metodología MVM.

• **Clima.** Este aspecto se describe según estudios realizados y según lo estipulaos en el EOT del Municipio el Tablón de Gómez en esta zona y por los datos de estaciones climatológicas cercanas, pues en la zona de estudio se carece de estaciones climatológicas.

Se identificó dos estaciones meteorológicas cercanas al corregimiento de La Cueva, municipio El Tablón de Gómez, Nariño, a partir de las cuales se obtuvieron información instrumental. Estas estaciones se las relaciona en el cuadro número uno. Para el estudio se analiza y describe variables meteorológicas como precipitación y climatología.

Cuadro 1. Estaciones climatológicas cercanas al corregimiento La Cueva.

Nombre de la estación	Municipio de localización	Tipo de estación	M.s.n.m	Corriente	Fecha de instalación
San Bernardo	San Bernardo	Climatológica	2020	Juanambú	01/08/1958
Aponte	El Tablón	Pluviométrica	1800	Juanambú	01/08/1972

Fuente: datos IDEAM, 2013.

• **Geología.** El proceso de análisis de esta variable se fundamentara en la revisión de información producto del trabajo de campo y de carácter textual posteriormente es completado con la caracterización del producto del mapa geológico base digital plancha 411 La Cruz y 412 La Unión de INGEOMINAS, a partir de la cual se entró a definir las unidades geológicas del área de estudio y exploración directamente en campo. Como consecuencia se realiza la elaboración del mapa a escala 1:25000.

• **Geomorfología.** Su análisis permite establecer aspectos relacionados con la identificación de las principales geoformas del relieve. El proceso metodológico que se llevó a cabo en el presente estudio se describe a continuación:

Su evaluación es el resultado del desarrollo de las siguientes actividades: interpretación de fotografías aéreas a escala 1: 42000 estas imágenes son producidas por el IGAC y corresponden a la fecha 30 de Septiembre 1994, las cuales interpretadas de manera manual y mediante el análisis estereoscópico se identificaron los principales rasgos morfológicos del relieve, a partir de las geoformas identificadas se definió los diferentes ambientes morfogenéticos en la zona de estudio. Los resultados obtenidos de la fotointerpretación se editaron digitalmente sobre los sensores remotos georeferenciados para finalmente obtener el mapa de las unidades geomorfológica del corregimiento de La Cueva. La comprobación de este mapa se hizo con registro fotográfico del área de estudio.

• **Pendientes.** Como insumo principal para el análisis de la inclinación del relieve, se utilizaron las curvas de nivel a escala 1:25.000 de las planchas topográficas 410IVB, 410IVD, 411IIIA, 411IIIC cuya fuente es el IGAC, en el cual mediante la utilización de técnicas de trabajo digital como los Sistemas de Información geográfica (SIG). Con el empleo del software ArcGIS 10.2 se procedió a establecer y clasificar las pendientes del terreno, para ello en primer lugar se realizó la interpolación de las curvas de nivel, generando un TIN con el uso de la extensión “3D Analyst” y el comando “Create TIN from features” del programa ArcMap 10.2.

Posteriormente se convierte la superficie a formato raster generando como producto un Modelo Digital de Terreno-MDT y se reclasifica (Reclassify) las pendientes en siete clases según el cuadro 2 luego se pasó la información a polígonos con el complemento ArcToolbox herramienta “conversión tools”. Como producto de esta actividad se obtuvo el mapa de pendientes para el Corregimiento de La Cueva.

Cuadro 2. Clasificación de pendientes.

Rangos de pendientes (grados)	Procesos y condiciones característicos del terreno	Colores en convención
0 – 2	Plano o casi completamente	Medio verde oscuro
2 – 4	Inclinación suave	Verde ligero
4 – 8	Pendientes inclinadas	Amarillo ligero
8 – 16	Modelo escarpado	Amarillo anaranjado
16 – 35	Escarpado	Rojo claro
35 – 55	Muy escarpado	Rojo oscuro a medio
> 55	Extremadamente escarpado	Púrpura oscura

Fuente. Van Zuidam, 1986

• **Cobertura del Suelo.** La cobertura del suelo hace referencia 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 relacionadas con el surgimiento de deslizamientos 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 hecho de conocer la cobertura del suelo se define como, el mecanismo más eficiente para establecer el ordenamiento de una región, una zona o un área específica.

La definición y el análisis de las coberturas del suelo en el área de estudio correspondiente el corregimiento de La Cueva, se definen en base a la metodología “Corine Land Cover” adaptada para Colombia, con ella es posible realizar una clasificación a partir de la cual, se elabora el mapa de cobertura del suelo para el Corregimiento de La Cueva.

De acuerdo con 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”³¹.

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 Territorios artificializados, Territorios agrícolas y Bosques y áreas seminaturales, categorías bajo las cuales se identificaron 7 tipos de coberturas como se indica en el siguiente cuadro.

³¹ 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.

Cuadro 3. Clasificación cobertura del suelo Corine Land Cover, Corregimiento La Cueva

Nivel_1		Nivel_2		Nivel_3	
1	Territorios artificializados	1.1	Zonas urbanizadas	1.1.1	Tejido urbano continuo
2	Territorios agrícolas	2.2	Cultivos permanentes	2.2.1	Cultivos permanentes herbáceos
		2.3	Pastos	2.3.1	Pastos enmalezados o enrastrados
		2.4	Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2	Mosaico de pastos y cultivos
3	Bosques y áreas semi naturales	3.1	Bosques	3.1.3	Bosque natural fragmentado
				3.1.4	Bosque de galería y ripario
		3.2	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.2	Arbustos y matorrales

Fuente. Este estudio

La delimitación de coberturas se realizó según la imagen SPOT del año 2007 y aerofotografías C 2571-51 y C2571-230 y la corroboración en campo, se utilizó esta información debido a que en la zona las imágenes Landsat 8 presentan alto porcentaje de nubosidad, más sin embargo el trabajo de campo permitió corroborar las coberturas identificadas en la imagen y fotografías.

Para delimitar las coberturas en la imagen satelital se realizó utilizando el software ArcGIs, utilizando la combinación de las siguientes bandas multiespectrales 3,4,2 y se procede a realizar una clasificación supervisada identificando en la imagen las coberturas establecidas en el cuadro 2. Se define como unidad mínima de mapeo según de 2 hectáreas para la escala de trabajo 1:25000.

6.2 FASE DOS. IDENTIFICACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Se desarrollaron las siguientes actividades:

6.2.1 Compilación de información sobre sucesos históricos relacionados con la ocurrencia de deslizamientos en el área de estudio. Se indago principalmente con los habitantes de la comunidad del corregimiento de La Cueva, sobre la presencia de algunos deslizamientos, donde a través del dialogo se obtiene datos respecto a las posibles causas y lugares específicos

afectados. Para ello se efectuó entrevistas sobre los deslizamientos con la comunidad local, con el fin de obtener un primer acercamiento con la población y con el problema de estudio.

6.2.2 Identificación e inventario de los deslizamientos. El inventario de los deslizamientos se hizo mediante interpretación de fotografías aéreas a escala: 1:42000 generadas por el instituto geográfico Agustín Codazzi IGAC. Digitalmente mediante el uso del sistema de información geográfica SIG, se identificó cada deslizamiento para su edición e incorporación al mapa de deslizamientos.

6.2.3 Comprobación, actualización y clasificación de los deslizamientos. Mediante chequeo directo en campo, se procedió al reconocimiento y monitoreo de los deslizamientos establecidos en los mapas producto de informe del numeral anterior. Aspecto que permitió determinar su clasificación.

En cada deslizamiento cartografiado se establecieron puntos de localización GPS, en la zona cabeza centro y base del movimiento del fenómeno, tratando en lo posible de bordearlo en todo su perímetro, siendo necesario llevar una ficha de campo en la cual se consignó información relevante, esta información posteriormente se tabulo y analizo con la ayuda del enfoque de investigación cuantitativo y con ello se obtuvo el mapa de deslizamientos.

6.2.4 Descripción, caracterización y análisis de los deslizamientos inventariados. Como resultado del análisis del mapa de deslizamientos inventariados y exploraciones directas en campo, se consolido la caracterización individual y tipificación de cada deslizamiento localizado. Cada deslizamiento es descrito, 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 y tipo de material entre otros aspectos relevantes.

6.3 FASE TRES. ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR DESLIZAMIENTOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

En esta fase que se dirigió en función de la definición del grado de susceptibilidad del terreno de acuerdo con sus características físico naturales a la generación de deslizamientos, así como también definió la susceptibilidad del terreno a deslizarse.

El método Mora-Vahrson-Mora - MVM permitió obtener una zonificación de la susceptibilidad del terreno a deslizarse, mediante la combinación de la valoración y peso relativo de diversos indicadores morfodinámicos, la cual se implementó en un sistema de información geográfica (SIG). Dividió el área correspondiente al

corregimiento de La Cueva en sectores de comportamiento similar y posteriormente se provee una base de datos entendiendo las características de cada uno de estos sectores.

La metodología a nivel general es simple de utilizar y entendible; cada uno de sus factores es claro y preciso y la terminología utilizada es ampliamente aceptada; incluye los factores más significativos desde el punto de vista de la inestabilidad de laderas; se basa en parámetros que pueden determinarse de manera rápida y barata tanto en el campo como en la oficina, así como, en valoraciones que incluyen el peso relativo de los parámetros a estudiarse, los cuales son el parámetro pendiente, la susceptibilidad litológica y la humedad del terreno.

“La metodología Mora Vahrson Mora permite desarrollar una aproximación del grado de susceptibilidad al deslizamiento de la región estudiada y de los fenómenos que influyen mayormente esta condición. Es valiosa en la identificación de áreas críticas y útil en la orientación de prioridades en cuanto al destino de los recursos destinados hacia estudios geotécnicos de detalle”³².

Adicionalmente, fuera de un concepto general, la metodología Mora Vahrson Mora tiene como una de sus limitantes la carencia de técnicas que permitan pronosticar el tipo de deslizamiento que podría presentarse.

6.3.1 Factores y parámetros utilizados para determinar la susceptibilidad a deslizamientos según la metodología MVM. Esta metodología se aplicó mediante la combinación de factores (Lluvias Intensas, sismicidad) y parámetros (litología, pendiente y humedad del terreno), los cuales se obtienen de la observación y medición de indicadores morfodinámicos y su distribución espacio-temporal. En este trabajo se utilizó una base topográfica 1:25000, con una resolución de 100 m², es decir un tamaño de píxel de 10x10 m

La combinación de los factores y parámetros se realizó considerando que los deslizamientos ocurren cuando en una ladera compuesta por una litología determinada, con cierto grado de humedad y con cierta pendiente (elementos pasivos), se alcanza un grado de susceptibilidad. Bajo estas condiciones, los factores externos y dinámicos, como son la sismicidad y las lluvias intensas (elementos activos), actúan como factores detonantes que perturban el equilibrio de las laderas, la mayoría de las veces precario, el cual se mantiene en la ladera estable.

6.3.2 Grado de susceptibilidad al deslizamiento. El grado de susceptibilidad al deslizamiento es el producto de los elementos pasivos y de la acción de los

³²MORA CHINCHILLA, Rolando. Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento en el Cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica. Op. cit., p. 5

factores detonantes. Para una mayor comprensión literaria se resume en el siguiente cuadro

Cuadro 4. Formula susceptibilidad a deslizamientos método Mora Vahrson Mora

Formula	Descripción
$H = EP * D$	H: grado de susceptibilidad al deslizamiento EP: valor producto de la combinación de los elementos pasivos D: valor del factor detonante.
$EP = S_l * S_h * S_p$	Sl: valor del parámetro de susceptibilidad litológica. Sh: valor del parámetro de humedad del terreno. Sp: valor del parámetro de la pendiente.
$D = D_s + D_{ll}$	Ds: valor del parámetro detonante por sismicidad. DII: valor del parámetro detonante por lluvia.

Fuente. Esta investigación

Del cuadro anterior sustituyendo los parámetros apropiados, la ecuación original se puede expresar como:

$$H = (S_l * S_h * S_p) * (D_s + D_{ll})$$

De esta ecuación se pueden derivar las relaciones:

$$H_s = (S_l * S_h * S_p) * (D_s)$$

$$H_{ll} = (S_l * S_h * S_p) * (D_{ll})$$

Donde:

H_s : susceptibilidad al deslizamiento por sismicidad

H_{ll} : susceptibilidad al deslizamiento por lluvias.

Para los resultados de la combinación de todos los factores se dificulta establecer una escala de valores única, pues los mismos dependen de las condiciones de cada área estudiada. Por este motivo, la metodología MVM sugiere dividir el rango de valores obtenidos, en cinco clases de susceptibilidad y asignar los calificativos que se presentan en el cuadro 5. El calificativo de susceptibilidad es una representación cuantitativa de los diferentes niveles de amenaza, que muestra solamente el rango de amenaza relativa en un sitio en particular y no la amenaza absoluta.

Cuadro 5. Clasificación de la susceptibilidad al deslizamiento.

Clase	Calificativo de susceptibilidad al deslizamiento	Característica
I	Muy baja	Sectores estables, no requiere medidas correctivas. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta.

II	Baja	Sectores estables que requieren medidas correctivas menores, solamente en casos especiales. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta.
III	Moderada	No se debe permitir la construcción de infraestructura sino se mejora la condición del sitio
IV	Alta	Probabilidad de deslizamiento alta en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Se deben realizar estudios a nivel de detalle.
V	Muy alta	Probabilidad de deslizamiento muy alta en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Se deben realizar estudios a nivel de detalle.

Fuente: Mora 2002 (continuación cuadro 5)

Es importante hacer énfasis en que esta clasificación relativa de la susceptibilidad, se basa en la influencia que tienen las diferentes condiciones físicas y climáticas examinadas en un área específica; es decir, las áreas de susceptibilidad determinadas para un determinado sitio en este caso el corregimiento de La Cueva son válidas únicamente para este sitio. Condiciones similares, encontradas fuera del sitio, pueden producir un resultado diferente por una pequeña diferencia en alguno de los factores.

6.3.3. Descripción de los parámetros de la metodología MVM. Es pertinente aclarar que esta metodología se modificó para esta investigación ya que la información sísmica por su complejidad no existen datos detallados para esta zona; a continuación se describe cada parámetro y factor con relación al método de estudio para la realización de esta investigación.

- **Parámetro de la Pendiente (Sp):** representa la topografía del área de estudio. El método de Mora y Vahrson, originalmente utiliza datos de relieve relativo, sin embargo, Salazar posteriormente realiza una variación y cambia esta variable por pendientes y utiliza los rangos propuestos por Van Zuidam, pues actualmente con los SIG es más fácil la obtención de estos datos. El cuadro 6 muestra la clasificación general de la pendiente. Esta clasificación comprende pesos relativos que van desde 0 a 6, valorando las pendientes desde extremadamente bajas a extremadamente fuertes.

Cuadro 6. Clasificación del factor pendiente.

Rangos de pendientes (grados)	Peso asignado (Sp)	Calificación Sp
0 – 2	0	Muy baja
2 – 4	1	
4 – 8	2	Baja
8 – 16	3	Moderada

16 – 35	4	Media
35 – 55	5	Alta
> 55	6	Muy Alta

Fuente: Van Zuidam (1986)

El proceso para obtener este factor se realizó a partir del Mapa de pendientes (figura 15) en ArcMap en la tabla de atributos se crean el campo Sp (Suceptibilidad de Pendiente) y se califica su grado según lo establecido en el cuadro 6, posteriormente se rasteriza el polígono con la tabla de atributos Sp para obtener este mapa.

- Parámetro de Susceptibilidad Litología (S_l): este factor representa la influencia de los tipos de suelos y rocas en la activación de los deslizamientos. El cuadro 7 muestra una clasificación general de diferentes litologías y el peso asignado.

Cuadro 7. Clasificación del factor litológico.

Litología	Clasificación	Factor (S _l)
Aluviones: gruesos, permeable, compacto, con nivel freático bajo. Calizas: duras, permeables. Intrusivos: poco fisurados, bajo nivel freático. Basaltos, andesita, ignimbritas y similares: sanas, permeables y poco fisuradas. Rocas metamórficas: sanas, poco fisuradas, nivel freático bajo.	Bajo	1
Rocas sedimentarias: poco alteradas, estratificación maciza (decamétrica o métrica), poco fisuradas, nivel freático bajo. Rocas intrusivas, calizas duras, lava, ignimbritas o metamórficas: medianamente fisuradas o alteradas, nivel freático o profundidades intermedias.	Moderado	2
Rocas sedimentarias, rocas intrusivas, calizas duras, lava ignimbritas, tobas poco soldadas o metamórficas: medianamente alteradas. Coluvios, lahares, arenas, suelos regolíticos levemente compactados: drenaje poco desarrollado, niveles freáticos relativamente altos.	Medio	3
Aluviones fluvio-lacustres, suelos piroclásticos poco compactados, sectores de alteración hidrotermal, rocas fuertemente alteradas y fracturadas con estratificaciones y foliaciones a favor de la pendiente, con rellenos arcillosos, niveles freáticos someros.	Alto	4
Materiales aluviales, coluviales y regolíticos de muy baja calidad mecánica: con estado de alteración avanzado, drenaje pobre, se incluyen las categorías 3 y 4 con niveles freáticos muy someros, sometidos	Muy Alto	5

a gradientes hidrodinámicos muy elevados.		
---	--	--

Fuente: Vharson y Mora

Para determinar el grado de susceptibilidad litológica del corregimiento La cueva se a partir del Mapa de Geológico, en ArcMap se crea un campo SI y se categoriza según el cuadro 7 de clasificación litológico para ello se crea un campo en la tabla de atributos de mapa y con esta clasificación se convierte a formato raster.

- Parámetro de Humedad del Terreno (S_h): Para el caso del factor de humedad del terreno se utilizaron los datos de balance hídrico estimados por el IDEAM. En dichas estimaciones se utilizaron datos diarios, mensuales y anuales de lluvia y evapo-transpiración para el período comprendido entre los años 1992 a 2010. En forma general, esta información de balance hídrico se adoptó como la humedad natural del suelo ya que para su estimación se han restado los valores diarios, mensuales y anuales de evapo-transpiración a los valores diarios, mensuales y anuales de precipitación pluvial. Para efectos de este estudio se utilizó los valores máximos del período analizado con el método Gumbel, con el fin de evaluar el “peor escenario” de humedad. La evaluación se llevó a cabo mediante la ejecución del siguiente proceso:

Se recurre a los promedios mensuales de precipitación, efectuando con ellos un balance hídrico simplificado, en donde se asume una evapotranspiración potencial de 125 mm/mes, por lo tanto, precipitaciones mensuales inferiores a 125 mm no conducen a un aumento de la humedad del terreno, mientras que una precipitación entre 125 y 250 mm si la incrementa, y precipitaciones mensuales superiores a 250 mm conducen a una humedad del suelo muy alta.

Seguidamente, a los promedios mensuales se les asignan los valores del cuadro 8 se efectúa la suma de estos valores para los doce meses del año, con lo que se obtiene un valor que puede oscilar entre 0 y 24 unidades. El resultado refleja los aspectos relacionados con la saturación y la distribución temporal de humedad en el terreno. La valoración del parámetro se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 8: Valores asignados a los promedios mensuales de lluvia.

Promedio de precipitación mensual [mm]	Valor Asignado
< 125	0
125-250	1
> 250	2

Fuente: Vharson y Mora

Cuadro 9: Valoración del parámetro humedad del terreno (S_h)

Suma de valores asignados a cada mes	Descripción	Valoración del parámetro S_h
0-4	Muy bajo	1

5-9	Bajo	2
10-14	Medio	3
15-19	Alto	4
20-24	Muy Alto	5

Fuente: Vharson y Mora

- **Factor de disparo o detonante por lluvia (D_{II}):** por la dificultad de información sísmica del corregimiento de La Cueva, municipio El Tablón de Gómez, Nariño, se estima conveniente escoger el factor de disparo o detónante por lluvia de la metodología Mora Vahrson Mora para esta investigación.

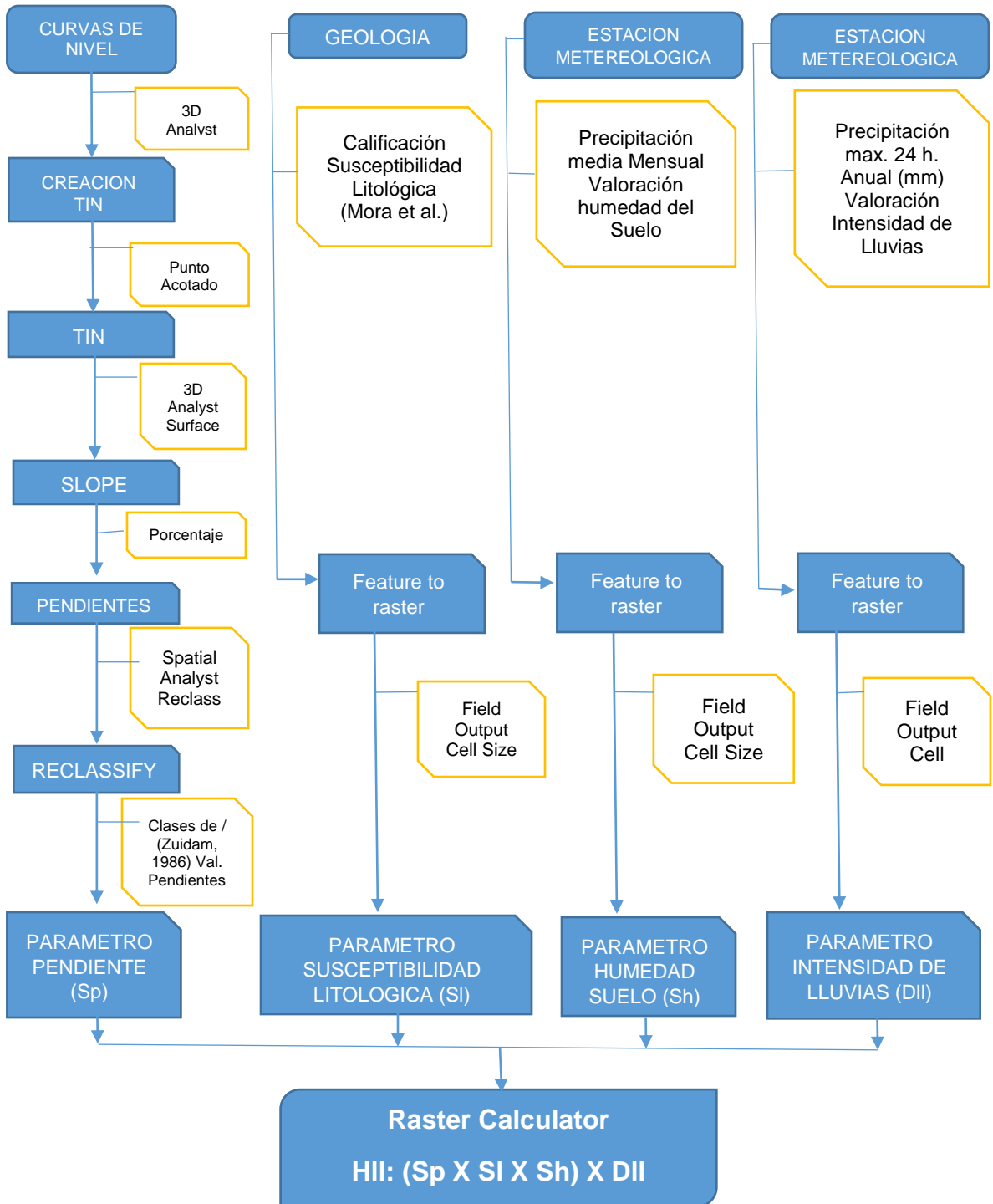
En este parámetro se consideran las intensidades de lluvias potencialmente generadoras de deslizamientos, se utiliza la lluvia máxima en 24 horas con un período de retorno de 100 años, aplicando la distribución de valores extremos Gumbel tipo I a series temporales con más de 10 años de registro . En el cuadro 6 se aprecia la valoración del parámetro D_{II} .

Cuadro 10. Valoración del parámetro de disparo por lluvias D_{II} .

Lluvia máxima en 24 horas, período de retorno 100 años [mm]	Descripción	Valor del parámetro D_{II}
< 100	Muy bajo	1
100-200	Bajo	2
200-300	Medio	3
300-400	Alto	4
> 400	Muy Alto	5

Fuente: Vharson y Mora

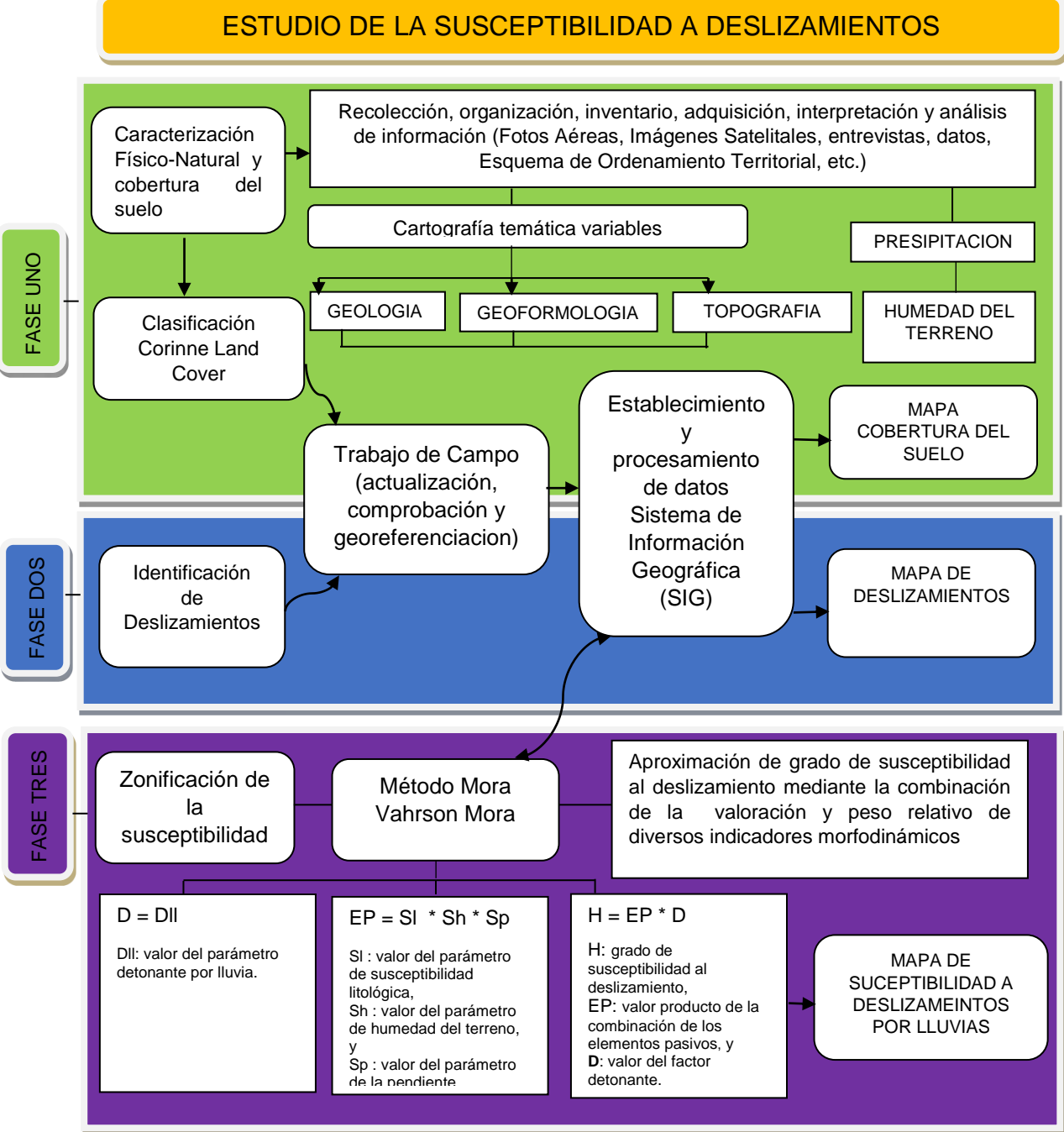
Figura 6. Modelo cartográfico susceptibilidad a deslizamientos



↓

Susceptibilidad a deslizamientos por lluvias intensas

Figura 7. Esquema del proceso Metodológico



Fuente: Esta investigación

7. CARACTERIZACIÓN FÍSICO NATURAL Y DE COBERTURAS DEL CORREGIMIENTO DE LA CUEVA, MUNICIPIO EL TABLON, (N)

7.1 CLIMATOLOGIA.

7.1.1. 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 año”³³

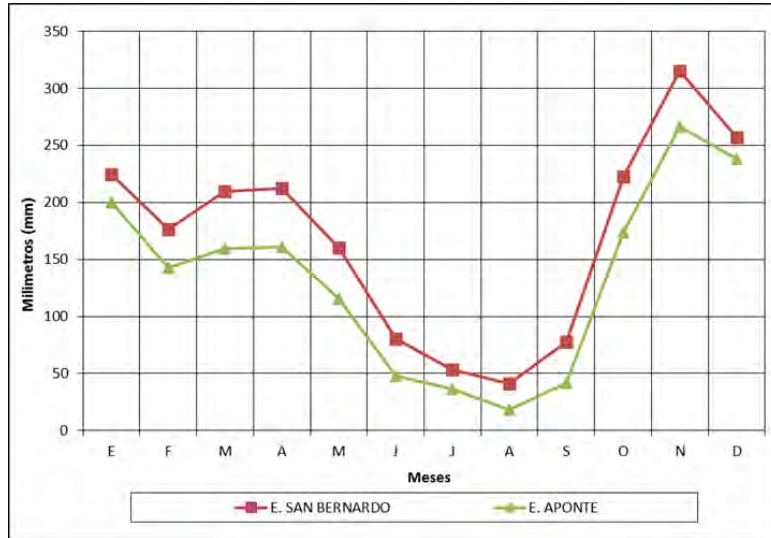
Las características climatológicas y pluviométricas del área de estudio, se establecieron a partir del análisis e interpretación de valores totales de precipitación y evapotranspiración a nivel mensual, anual y precipitación máximos mensuales en 24 horas, periodo comprendido desde el año 1992 a 2010, correspondiente a las estaciones Aponte y San Bernardo, descritas en el cuadro 1, la información fue suministrada el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

El corregimiento de La Cueva recibe la influencia de las masas de aire cálido y con escasa humedad ascienden convectivamente desde la vertiente hidrográfica del río Juanambú 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.

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

³³ 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

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



Fuente. Datos IDEAM, 2015. 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 dos 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.

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 dos 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 aun cuando el régimen pluviométrico es el mismo para las dos estaciones evaluadas, el análisis comparativo demuestra un contrastare entre ellas, empezando por las estaciones San Bernardo 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 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 convección 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.

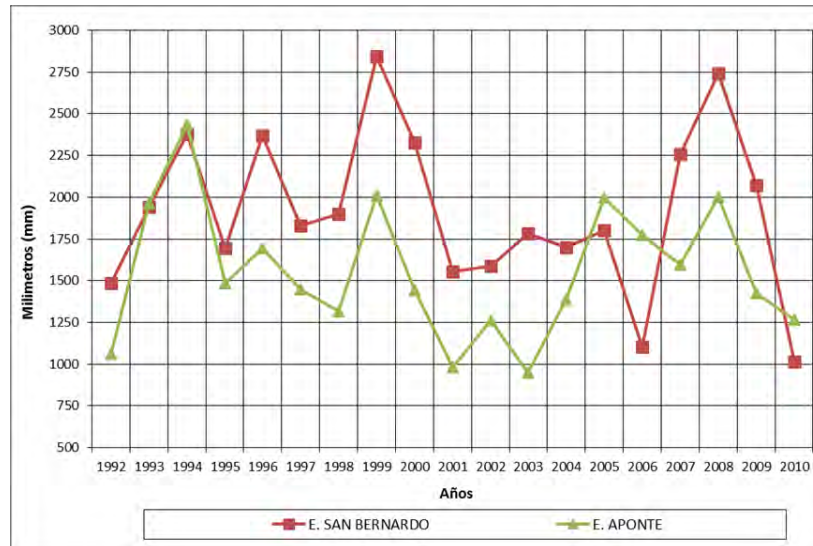
- Precipitación Total Anual. Respecto al comportamiento de la precipitación en el área de estudio en el grafico 2, se observa su distribución interanual des el año 1992 a 2010, tanto para las estaciones San Bernardo y Aponte.

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 pacífico 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 Pacífico. 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 Pacífico, 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 dos estaciones analizadas (San Bernardo y Aponte) indica una disminución en los niveles de precipitación durante los años 1992, 1995, 1997 y 1998, además 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 y Aponte.



Fuente. Datos IDEAM, 2015. 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 dos 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”³⁴. 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

³⁴ INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM. [En línea]. Los fenómenos calidos del pacífico (el Niño) y frío 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/EI%20Ni%C3%B1o%20y%20la%20Ni%C3%B1a%20y%20la%20estabilidad%20de%20Laderas%20en%20Colombia.PDF>

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, 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 mes.³⁵

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 prolongó 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 Hidrología, 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 tierra.³⁶

7.2 GEOLOGÍA

La evaluación litológica para el área de estudio, se fundamenta en la revisión del mapa Geológico 411 La Cruz y 410 La Unión, publicado por el Instituto Colombiano de Geología y Minas INGEOMINAS en el año 2002, a partir de ellos, se identificaron tres formaciones o unidades Geológicas para el área de estudio

³⁵ INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM, boletín informativo sobre el monitoreo del fenómeno de el Niño, Op. cit., p.1.

³⁶ Op. cit., p.1.

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.

7.2.1 Complejo Quebradagrande (K1cqg). Representada por el color verde oscuro. Esta unidad es la que cubre la mayor parte del área de estudio, “la Formación Quebradagrande es un conjunto de rocas volcánicas de composición intermedia a básica y rocas sedimentarias de edad mesozoica; constituida por areniscas, grauvacas, limolitas, chert, brechas, tobas, basaltos amigdalares y almohadillados y diabasas , se encuentran especialmente en los cauces de los ríos y quebradas que drenan esta parte central del corregimiento de La Cueva, los cuales atraviesan la cobertera volcanosedimentaria que recubre los sectores aledaños a los volcanes Doña Juana, Petacas y Las Ánimas por lo regular muy meteorizados que dan suelos arcillosos amarillos. En la carretera que comunica a El Tablón con Aponte, el tipo de roca denominado Complejo Quebradagrande y consta de tobas brechosas con interposiciones de arenitas y limolitas tobáceas, estratificadas en capas medias a delgadas, recubiertas por mantos volcánicos del Neógeno - Cuaternario.

7.2.2 Lavas y piroclastos (Nqlp). Las rocas correspondientes a lavas y piroclastos representada por el color rosado claro es la denominación que agrupa una gran cantidad de depósitos volcánicos y volcanosedimentarios, tanto flujos de lava como lahares y depósitos piroclásticos de flujo y caída, irregular, generalmente ondulada, cuando hay abundancia de material piroclástico se suaviza la topografía; recubren diferentes tipos de rocas desde el Proterozoico hasta depósitos del Holoceno.

Gran parte de la unidad geológica o litológica 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; 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; También se observa niveles de flujos piroclásticos, compuestos por bloques y cantos distribuidos caóticamente, compuestos por dacitas, riolitas y pumitas; éstos son matriz soportados en un material volcánico tamaño lapilli.

7.2.3 Flujos de lodo y flujos piroclásticos (Qflp). Rocas representadas por el color amarillo. Los flujos de lodo y flujos piroclásticos se encuentran en el sector oeste de la Plancha 411 La Cruz; los de mayor magnitud están relacionados con los volcanes Doña Juana, Petacas y Las Ánimas. El más extenso de estos depósitos desarrolla una morfología plana, ligeramente inclinada hacia el sur oeste

principalmente en el área en donde se sitúa el corregimiento de Las Mesas; otros rellenan el valle del río Mayo entre el noreste de la cabecera municipal de La Cruz y el occidente de San Pablo; Están conformados por acumulaciones muy potentes de más de 100 m de espesor, de intercalaciones de flujos de lodo, flujos hiperconcentrados, flujos de escombros y flujos piroclásticos y caídas de ceniza; todo el conjunto tiene color gris dominante y por lo regular están poco consolidados.

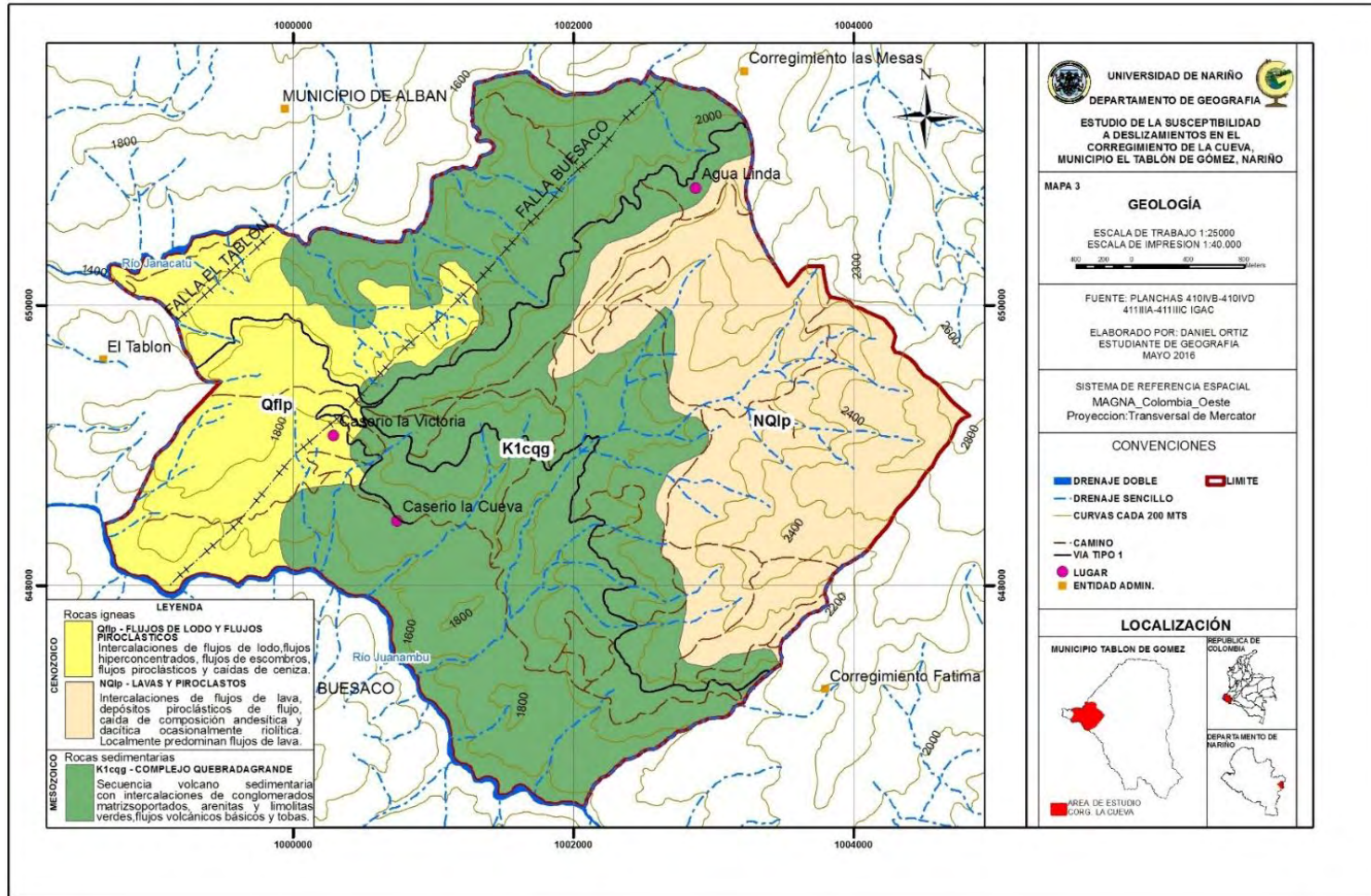
Dan lugar a una morfología plana con taludes muy verticales en los bordes; son fácilmente erosionables y de ellos se extrae material para construcción, principalmente arena y triturado, este último realizado a mano por los moradores de la región. Se identificaron depósitos de avalanchas ardientes, flujos 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, subredondeados 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 lapilli y ceniza fina. Se puede apreciar 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.

7.2.4 Geología Estructural: en la zona de estudio se identifican un sistema de fallas denominado la Falla Silvia – Pijao, dentro del cual se encuentra la falla Buesaco y la falla Tablón de Gómez.

• **La Falla Silvia - Pijao**, en el sentido que marca el límite entre el Complejo Quebradagrande y las metamórficas correlacionales con el Complejo Arquía. En el área, esta estructura tiene tres grandes ramales, el más occidental es la Falla Silvia

– Pijao propiamente dicha, mientras que los otros dos corresponden a las denominadas Falla Buesaco y Falla El Tablón - Silvia. La primera de las nombradas tiene divergencia oriental y aparece como un retrocabalgamiento; su trazo es muy marcado en la morfología de la zona y bastante rectilíneo, lo que sugiere un alto ángulo de buzamiento. El segundo ramal está cubierto en la mayor parte de su trayecto por depósitos volcánicos; hacia la quebrada Tajumbina tiene varios pórfidos asociados, y al suroeste alinea el curso del río Resina. La Falla Buesaco releva a la Falla El Tablón y continúa hacia el suroeste en la plancha geológica 410 La Unión.

Mapa 3. Geología, corregimiento La Cueva.



Fuente: Plancha Geológica 410 y 411, Este estudio

7.3 GEOMORFOLOGÍA

De acuerdo con investigaciones sobre el paisaje andino Nariñense, realizadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi³⁷, quien establece que hacia el periodo terciario superior (Plioceno), se inició 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 a la 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.

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 volcanismo reciente y a otros factores externos como el clima, elementos de gran relevancia en el momento de propiciar condiciones geomorfológicas en la región.

Después de analizar la teoría facilitada por INGEOMINAS, se concluye que en el área del corregimiento de La Cueva fue posible la identificación de unidades geomorfológicas relacionada con el geosistemas denudacional, cuya

³⁷ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras departamento de Nariño. 2004. Bogota. p. 34 - 43.

representación espacial se establece en el mapa 4, la descripción del ambiente y unidades relacionada se presenta a continuación.

7.3.1 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”.³⁸

Para la zona del corregimiento de La Cueva las unidades geomorfológicas identificadas pertenecientes al geosistema denudacional son: laderas fuertemente escarpadas y disectadas, relieve ondulado, laderas moderadamente escarpadas y fuertemente disectadas y relieve plano ondulado laderas levemente escarpadas y disectadas.

- **Laderas fuertemente escarpadas y disectadas.** Se identifica esta geoforma hacia la zona borde de los principales afluentes del sector como son el río Juanambú y Janacatú caracterizada por la influencia del modelado de dichas vertientes, presentando pendientes muy fuertes que van de 35° a 55° clasificadas según el método Zuidam(1986), son zonas de laderas inestables donde pueden encontrarse procesos de escurrimientos difuso y tipo pata de vaca y desprendimientos, esta disectada por corrientes como quebrada Guacaso, Granadillo, quebrada La Calera, quebrada Hato Viejo, zanjón El Pural, zanjón Yunga, zanjón Laderas, zanjón Pitalito y río Janacatú.

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 08, se exterioriza la línea del escarpe, que bordea la unidad de terrazas fuertemente disectadas y la unidad de laderas fuertemente escarpadas, donde se ha identificado la zona del escarpe, con una línea de color morado.

³⁸ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI, Op. cit., p. 89

Figura 8. Unidad de escarpes localizada hacia el occidente del área de estudio, Rio Janacatú, observada desde la vereda Campo Alegre.



Fuente: Este estudio: fotografía Daniel Ortiz (2016)

- **Relieve ondulado**, laderas moderadamente escarpadas y fuertemente disectadas. Esta geomforma comprende la mayor parte de la zona de estudio constituyéndose como el lugar de transición a la zona de escarpes, se encuentran pendientes entre los 16 a 35 grados clasificadas según el método Zuidam(1986), en pendientes fuertes, en estos tipos de relieve puede presentarse procesos de soliflucción, golpe de cuchara y terrazetas, esta disectada por corrientes como quebrada El Salado, quebrada Doña Juana, quebrada La Calera, quebrada Hato Viejo y zanjon El Pural, zanjon Pitalito y quebrada Chuzalongo.

En la figura 09, se identifica la unidad de relieve ondulado y laderas moderadamente escarpadas, en ellas se evidencia 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.

También en esta figura es posible evidenciar la unidad laderas disectadas, en ellas se observa como el río Janacatú y sus afluentes han marcado 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 9. Relieve ondulado, laderas moderadamente escarpadas y fuertemente disectadas, localizada hacia el occidente del área de estudio, río Juanambú, observada desde la vereda Los Alpes.



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2016)

- Relieve plano ondulado laderas levemente escarpadas y disectadas.

Esta unidad se identificó en cercanías al casco urbano del municipio de El Tablón, lugar exacto en la vereda La Victoria, sector conocido como Los Llanos y algunos sectores poco representativos especialmente en el borde de algunas corrientes de agua, se encuentran pendientes de 0° a 4° clasificadas según el método Zuidam(1986) como planicies y pendientes bajas, también se encontraron cerros residuales, producto de la acumulación de material originado por procesos morfodinámicos. Las terrazas fuertemente disectadas se componen a la vez de pequeñas terrazas semi-escalonadas separadas por taludes muy escarpados que configuran pendientes mayores a 55 grados, debido a procesos de modelado y socavamiento lateral, efectuado por los afluentes hídricos que las circundan, entre ellos Los ríos Juanambú, Janacatú y sus quebradas, donde los procesos de disección, los podemos observar en la figura 10.

Figura 10. Relieve Plano Ondulado Laderas Levemente Escarpadas y Disectadas, Río Janacatu, observada desde la vereda La Victoria.



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2016)

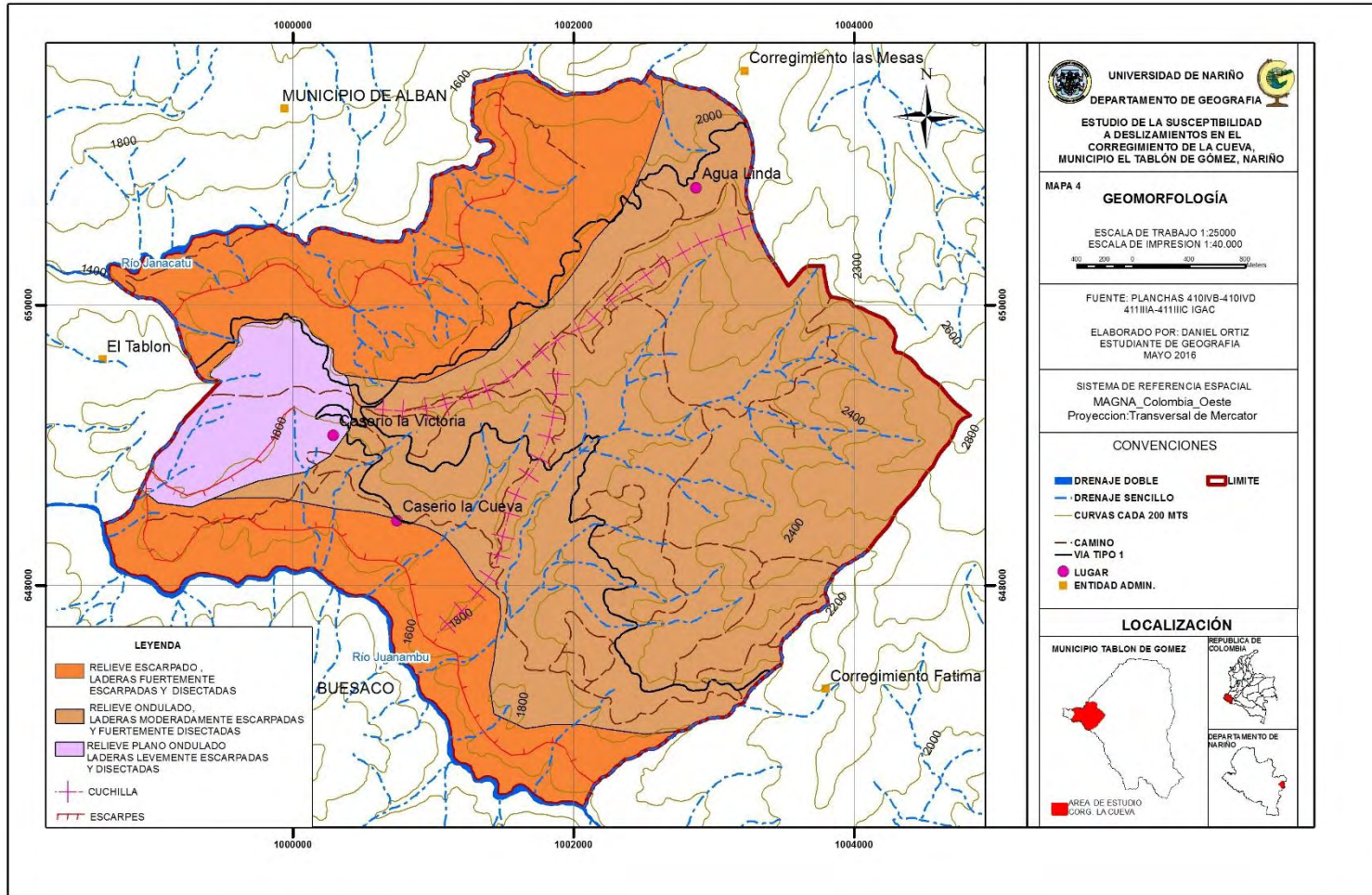
En el cuadro 11 se especifica los tipos de geoformas correspondiente al corregimiento de La Cueva, en este cuadro se especifica 4 tipos estructuras geomorfológicas con sus respectiva área y porcentaje.

Cuadro 11. Coberturas Geomorfológicas

Porcentaje coberturas geomorfológicas	Has	%
Relieve escarpado ,laderas fuertemente escarpadas y	637,7	34,5
Relieve ondulado, laderas moderadamente escarpadas y fuertemente disectadas	1086,2	59
Relieve plano ondulado laderas levemente escarpadas y disectadas	120,3	6,5
Total has	1844.2	100

Fuente. Este estudio

Mapa 4. Geomorfología, corregimiento La Cueva



Fuente. Este estudio

7.4 TOPOGRAFIA DEL TERRENO

7.4.1 Topografía. En el área de estudio, es posible encontrar alturas desde los 1400 a 2800 m.s.n.m, configurando relieves planos a escarpados con pendientes que varían entre 2 y mayor de 55 grados de inclinación, asociadas con características geomorfológicas propias de relieves volcánicos y estructuras tectónicas locales.

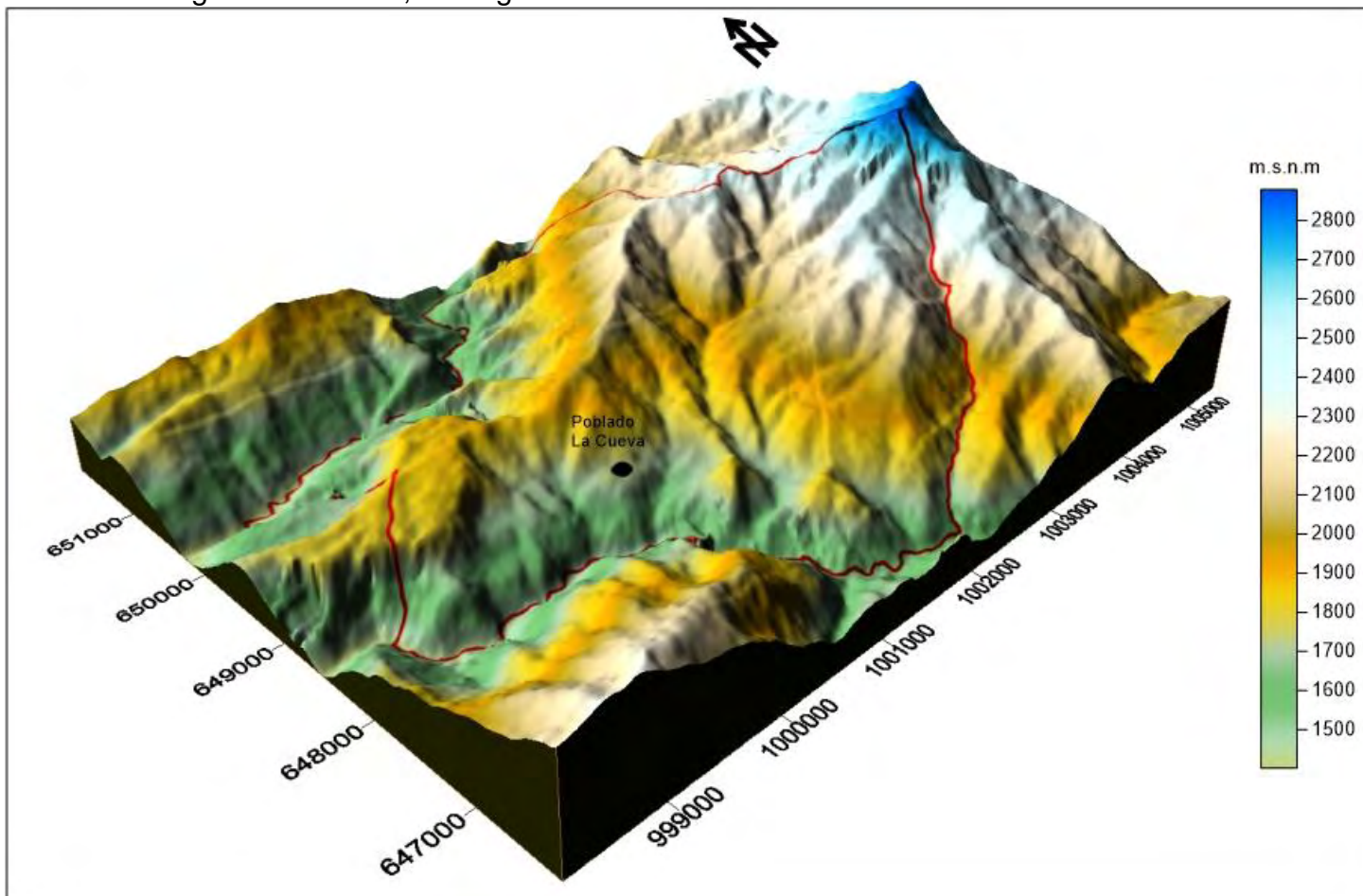
El Modelo Digital del Terreno MDT (Figura 14), evidencian la existencia de alturas menores al occidente y norte del corregimiento de La Cueva entre 1400 m.s.n.m. Cuyo relieve pauta la figura de formas variadas entre las que se destacan pequeños cerros residuales, cuchillas y depresiones, que en su gran 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 1800 m.s.n.m, una superficie que indica la existencia de áreas planas, lugar donde se localiza el centro poblado La Cueva, 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 Juanoy a 2800 m.s.n.m.

7.4.2 Pendiente del Terreno. El análisis morfométrico del área de estudio correspondiente al corregimiento de La Cueva, 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 deslizamientos, puesto que se considera directamente proporcional a la ocurrencia de dichos movimientos.

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

Respecto a la figura 6 modelo digital de terreno, se especificaron y caracterizaron para el área de estudio siete clases de pendiente que se discriminaron según su ángulo de inclinación en porcentajes de la siguiente manera:

Figura 11. Modelo Digital de Terreno, Corregimiento de La Cueva.



Fuente: Esta investigación.

Las pendientes se clasificaron de acuerdo a la metodología Van Zuidam (1986) identificando 7 tipos de pendientes, las cuales se detallan en el cuadro 12, se logró generar el mapa de pendientes gracias al geoprocesamiento de las curvas de nivel con intervalos de 50 mts.

Cuadro 12. Tipo de Pendientes, Corregimiento La cueva

Grados	Descripción	Has	%
0-2	Planicie	110	6
2-4	Pendiente muy baja	30	1.7
4-8	Pendiente baja	61	3.3
8-16	Pendiente moderada	177	9.9
16-35	Pendiente fuerte	1089	59.3
35-55	Pendiente muy fuerte	366	19.9
> 55	Pendiente extremadamente fuerte	2	0,1
Área total		1834	100

Fuente: Esta investigación.

- **Pendiente Planicie y muy Baja.** Para el área de estudio lo configuran la pendiente entre 0 y 4 grados, de orientación plano ubicada a lo largo del corregimiento y principalmente en la vereda La Victoria, se encuentra altitudinalmente desde los 1400 hasta los 2.600 m.s.n.m.

También 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.

- **Pendiente Baja.** Para el área de estudio lo configuran la pendiente entre 4 y 8 grados, de orientación se mi plano ubicada en la mayoría del corregimiento, se encuentra altitudinalmente desde los 1400 hasta los 2.600 m.s.n.m. Geológicamente pertenece a la formación flujos de lodo y flujos piroclásticos.

- **Pendiente Moderada.** Hacia el suroeste del área de estudio predomina la pendiente moderada, cuyo ángulo de inclinación comprende 8 a 16 grados, con orientación oeste y sur, su localización se conforma por el centro poblado La Cueva y al norte en las veredas La Victoria, El Socorro, Pitalito Alto y Pitalito Bajo, se encuentra altitudinalmente en alturas menores a 2000 m.s.n.m.

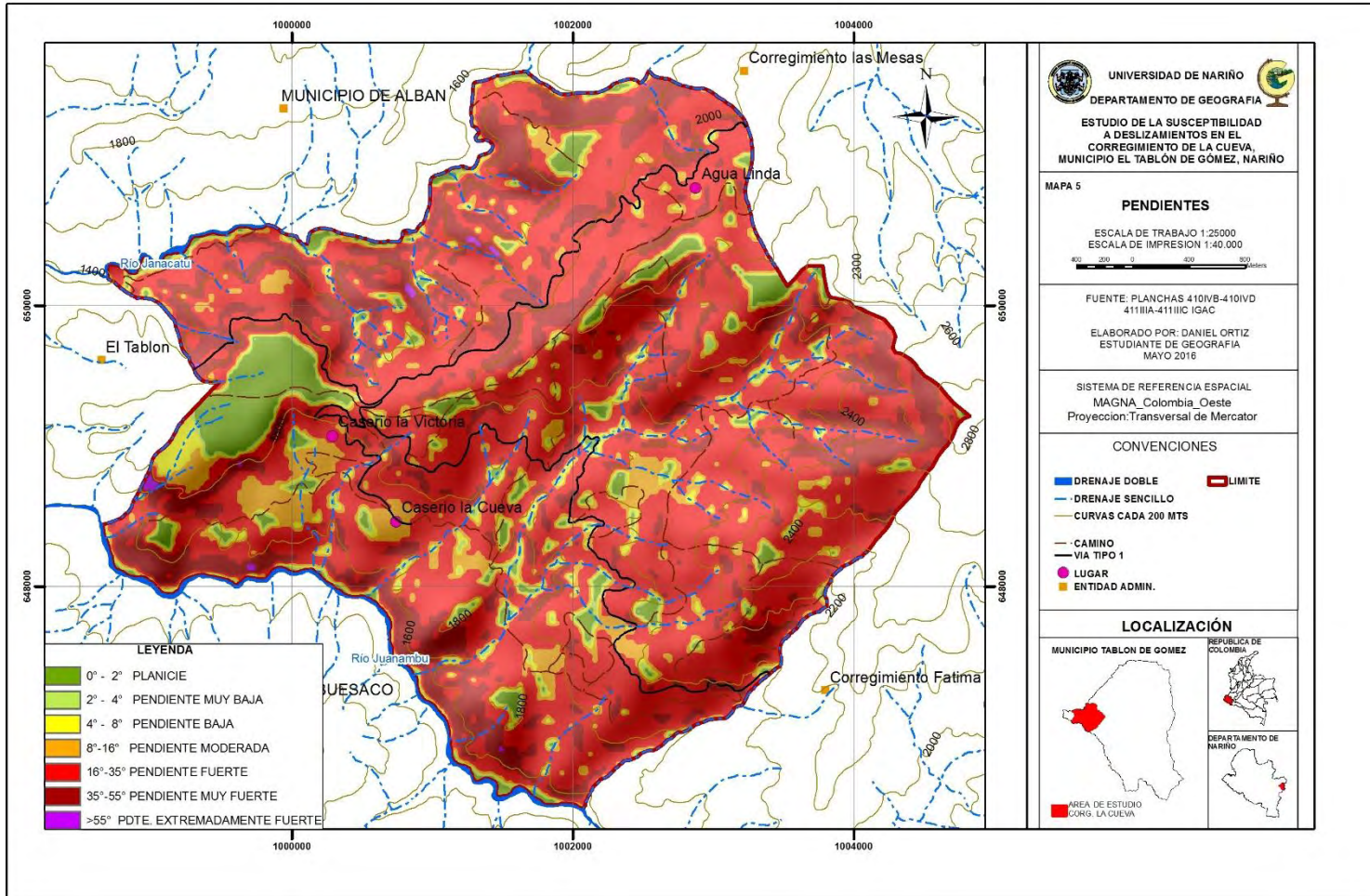
Este tipo de pendiente presenta zonas de relieve dominados por la presencia de flujos de piroclastos, lo que indica un modelado de relieve suavizado, su geología revela presencia de formaciones como las unidades de Flujos de Lodo y Flujos Piroclásticos al igual que Lavas y Piroclastos, lo cual ha favorecido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

- **Pendiente Fuerte.** Comprende ángulos de inclinación mayores a 16 y menores a 35 grados, con orientación noreste, se encuentra cubriendo la mayoría del área del corregimiento, veredas Pitalito alto y Los Alpes, su distribución se concreta en mayor proporción territorial en la zona centro oriental, dentro de esta categoría se pueden encontrar pequeños valles intramontanos los cuales son aprovechados por los agricultores para el establecimiento de parcelas de cultivo y la construcción de carreteras entre ellas la vía que comunica entre El Resguardo Inga de Aponte, Corregimiento de Fátima, Corregimiento de Las Mesas y la cabecera Municipal, 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 Deslizamientos.

- **Pendiente Muy Fuerte.** De extensión e inclinación mayor que la primera, presenta inclinación mayor o igual a 35 y menos del 55 grados, con orientación noroeste, su localización se concentra con mayor extensión hacia el sur y Norte del corregimiento en las veredas Las Aradas, Campo Alegre, La Victoria y Pitalito Bajo, altitudinalmente se ubica entre 1400 a 2800 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 piroclástos. A pesar de las condiciones morfométricas de alta pendiente, actualmente se desarrollan en ella, procesos de colonización espacial, identificándose la instauración de actividades agropecuarias.

- **Pendiente extremadamente fuerte.** Es la de menor extensión en el área de estudio del corregimiento de La Cueva, presenta inclinación igual o mayor a 55 °, se encuentra, distribuida de la rivera de los zanjones en la vereda de las Aradas, la Victoria y Pitalito bajo.

Mapa 5. Mapa de Pendientes.



Fuente:

Esta

investigación

7.5 CARACTERIZACION DE COBERTURAS EN EL CORREGIMIENTO DE LA CUEVA.

Esta caracterización para el área de estudio se realizó según el mapa de coberturas (Mapa 6), generado a partir de la interpretación y procesamiento de las imágenes Spot, fotografías aéreas y trabajo en campo. Se identifican coberturas según la metodología Corine Land Cover Europa adaptada para Colombia por PPN y por IDEAM-IGAC-CORMAGDALENA (2008). En el cuadro 13 se identifican 7 tipos de coberturas terrestres correspondientes a tejido urbano, cultivos permanentes, pastos enmalezados o enrastrados, mosaico de pastos y cultivos, bosque natural fragmentado, bosque ripario y de galería, arbustos y matorrales.

Cuadro 13. Cobertura vegetal Corregimiento La Cueva.

Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Has	%
1	Territorios artificializados	1.1	Zonas urbanizadas	1.1.1	Tejido urbano continuo	3	1
2	Territorios agrícolas	2.2	Cultivos permanentes	2.2.1	Cultivos permanentes herbáceos	35	2
		2.3	Pastos	2.3.1	Pastos enmalezados o enrastrados	268	15
		2.4	Áreas agrícolas heterogéneas	2.4.2	Mosaico de pastos y cultivos	1217	66
3	Bosques y áreas semi naturales	3.1	Bosques	3.1.3	Bosque natural fragmentado	26	1,5
				3.1.4	Bosque de galería y ripario	37	2
		3.2	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.2	Arbustos y matorrales	258	14
Área total						1844	100

Fuente. Esta investigación

7.5.1 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.

- **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, habitad y oferta de bienes y servicios primarios (comercio, saneamiento básico, salud y educación).

La superficie de la unidad representa una extensión de 2,8 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 La Cueva, cuya definición del entorno cartográfico se estableció según el límite perimetral urbano.

El Corregimiento de La Cueva se considera como eminentemente rural, puesto que no se identificaron más unidades relacionadas con territorio artificializados, aun cuando se aclara la existencia de áreas urbanizadas dispersas cercanas como la vereda La Victoria 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 de área urbana.

En la figura 12 , se ilustra la zona urbana, pertenecientes al centro poblado La Cueva y la Vereda La Victoria, 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 12. Panorámica Centro Poblado La Cueva.



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2016)

7.5.2 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.

- **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 35 hectáreas, las cuales se distribuyen en las veredas Plan Aradas , Campo Alegre y La Victoria.

La unidad de cultivos permanentes se encuentra altitudinalmente entre 1600 a 1800 m.s.n.m. Se caracteriza por presentar pendientes medias a altas entre 0 y 16 grados. 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 del corregimiento de Las Mesas y la Cabecera Municipal.

En la figura 18, es posible apreciar la unidad de cultivos permanentes, donde se puede observar una plantación de café en asocio con plátano y otros cultivos.

Figura 13. Cobertura de cultivos permanentes, vereda La Victoria



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2016)

- **Pastos Enmalezados o Enrastrados.** Cobertura correspondiente pastos con especies arvenses (consideradas por algunos productores como malezas para el cultivo principal), son frecuentes estas asociaciones debidas principalmente a la falta de escasas prácticas de manejo que permiten el crecimiento de las especies distintas al pastizal, con alturas menores a 1,5 metros.

Hacia el área suroccidental del área de estudio se destaca las superficies ocupadas por cobertura de pastos enmalezados , donde se estructuran potreros con presencia de arbustos, la unidad cubre una extensión de 267 hectáreas, las cuales se distribuyen entre las veredas La Victoria y Pitalito Bajo y en menor

proporción en la vereda El Socorro. La cobertura de pastos enmalezados, se encuentra altitudinalmente entre 1400 y 1800 m.s.n.m.

En la figura 14, se relaciona la unidad perteneciente a la cobertura de pastos enmalezados, esta unidad de clima templado y cálido.

Figura 14. Cobertura de pastos enmalezados, vereda La Victoria.



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2016)

- **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 1216 hectáreas e incluye el suelo ocupado por la presencia de cultivos cuya producción es anual de tipo transitorio, la unidad se localiza en la mayoría del corregimiento.

La unidad de mosaico de pastos y cultivos, se caracteriza por encontrarse altitudinalmente entre los 1800 a 2400 m.s.n.m. Con una topografía dominada por relieve de pendientes fuertes y muy fuertes entre 16 y 55 grados, geomorfológicamente perteneciente a laderas moderadamente escarpadas, estas tierras son ocupadas por cultivos de café, platano, maíz, frijol, así como a prácticas agropecuarias, predominando la presencia de potreros dedicados al pastoreo intensivo de ganado caprino.

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 aún más los suelos.

En las figura 15 y 16, 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 15. Cobertura de pastos y cultivos en la vereda La Victoria



Figura 16. Cobertura de pastos y cultivos en la vereda Pitalito Alto.



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2016)

7.5.3 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.

- **Bosque natural Fragmentado.** Esta unidad, comprende los territorios cubiertos por bosques naturales con evidencia de intervención humana aunque que mantienen su estructura original.

El bosque natural Fragmentado posee una superficie de 26 hectáreas, localizado hacia el Norte del corregimiento, comprendiendo el área Cerro Juanoy, distribuida territorialmente entre las veredas Los Alpes y Pitalito Alto.

La cobertura se encuentra altitudinalmente desde la cota de 2600 hasta el límite altitudinal de los 2800 m.s.n.m. Su ubicación se hace más representativa sobre la parte alta del cerro Juanoy, en la unidad predominan las pendientes fuerte y muy fuerte entre 30 y 55 grados, 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, paisajística y de reservorio de agua para los diferentes acueductos del corregimiento. En la unidad de bosque se identifica coberturas bien conservadas de especies arbóreas de fustes medianos a gruesos estratos de árboles y arbustos entre 5 a 10 metros.

En la figura 17, se evidencia las coberturas de bosque natural, donde la vegetación ha alcanzado su clímax máximo o madurez. Se aprecian árboles 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 17. Unidad de bosque Natural fragmentado al fondo, vereda Los Alpes y Pitalito alto.



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2016)

- **Bosque 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 izquierdo y derecho 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 37 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.

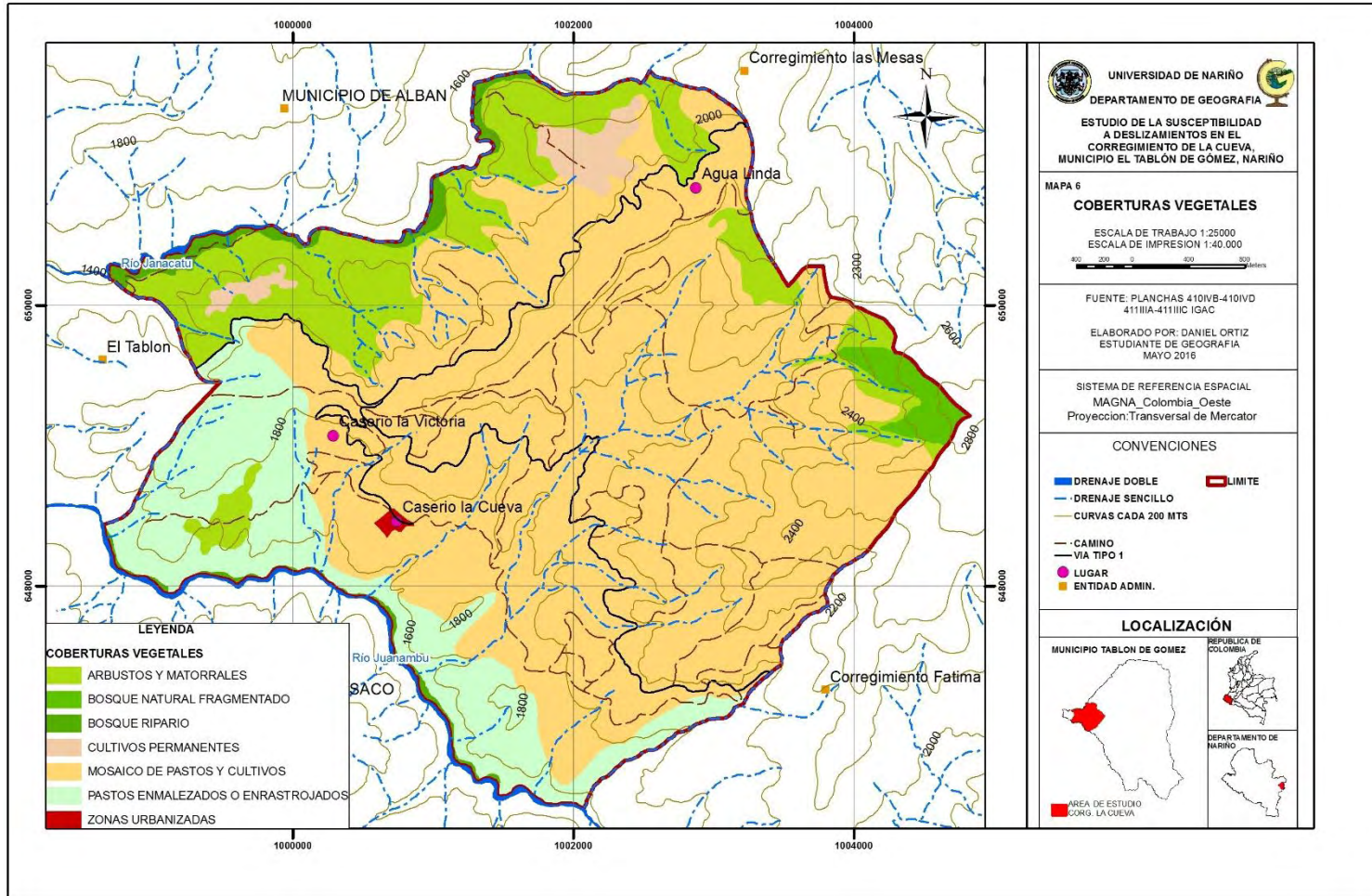
En la figura 18, es posible evidenciar la unidad de bosque ripario, en el área de la quebrada El Carmelo, se observa como la zona de pastos ha terminado por fragmentar la cobertura natural reduciéndola a una franja muy limitada.

Figura 18. Cobertura de bosque de galería, Quebrada Juanoy.



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2016)

Mapa 6. Coberturas Terrestres, Corregimiento La Cueva



Fuente. Este estudio

8. CLASIFICACIÓN DE LOS DESLIZAMIENTOS EN EL CORREGIMIENTO DE LA CUEVA, 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 pudo corroborar e identificar algunos deslizamientos.

En el proceso de identificación de los deslizamientos, se determinó el incremento de procesos degradacionales debido esencialmente a factores y a actividades antrópicas, determinándose en el área de estudio la presencia dos tipos de deslizamiento: traslacionales y rotacionales. En la ortofoto establecida en el mapa 7, se identifican los deslizamientos inventariados, en la imagen se observa 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 deslizamiento identificado en las fotografías aéreas, se prosiguió a su contraste y clasificación en campo, incluyéndose nuevos deslizamientos inventariados, mediante digitalización de puntos GPS. El procedimiento permitió el establecimiento del inventario final de deslizamientos para el área de estudio, este se establece en el mapa 07, distribución y localización de deslizamientos.

El clasificar y observar en campo cada deslizamiento 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 deslizamiento 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 tipos de deslizamientos que por sus características se consideraron como ejemplos representativos claros.

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 18 eventos cartografiados, representando un área afectada de 12 hectáreas.

Siguiendo con la identificación de los deslizamientos 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 traslacional carretera Centro poblado La Cueva – Vereda La Victoria.** En el área de estudio, las actividades antrópicas reflejadas en la infraestructura de transporte terciario, que por las características del terreno han formado taludes inestables generando coronas de deslizamiento a lo largo de las vías del corregimiento de La Cueva. 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 La Cueva 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 La Victoria hacia el margen izquierdo de la carretera principal, entre las coordenadas geográficas $77^{\circ}1'44,37''W$, $1^{\circ}27'15,441''N$, a 2000 m.s.n.m.

La litología del lugar indica laderas con pendientes muy altas mayores a 55 grados, 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 La Cueva, 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 19 , 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 19. Deslizamiento traslacional, carretera La Cueva - El Tablón, vereda La Victoria



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2015)

El segundo deslizamiento se ubica aproximadamente a unos 2 Kilómetros del anterior, en la misma vereda, localizado en las coordenadas geográficas $77^{\circ}1'50,253''W$, $1^{\circ}27'20,581''N$. 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 la vivienda aldeaña, que como se puede apreciar sobre la base del mismo se ubica ella 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 La Cueva. 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 20, se observa el deslizamiento trasnacional, el cual afecta gran parte de la vía principal que conduce desde el centro poblado La Cueva hacia la cabecera municipal de El Tablón.

Figura 20. Deslizamiento traslacional, carretera principal La Cueva - El Tablón, vereda La Victoria



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2015)

• **Deslizamiento sobre la carretera Vereda Pitalito Bajo.** Deslizamiento activo ubicado al occidente del área de estudios, en las coordenadas geográficas $77^{\circ}2'23,432''W$, $1^{\circ}27'29,32''N$, a 2000 m.s.n.m. El deslizamiento se muestra como un proceso superficial caracterizado por presentar planos de movimiento muy verticales, pendiente muy alta superior a 55 grados, 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.

En la figura 21, se puede apreciar el deslizamiento traslacional, donde es evidente que la causa principal del movimiento de terreno lo ocasiona el corte del talud para la construcción de la vía.

Figura 21. Deslizamiento traslacional, carretera vereda Pitalito Bajo.



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2015)

• **Deslizamiento, Campo Alegre.** Deslizamientos que se localizan al centro norte del corregimiento, afectando la vía que comunica entre El Centro Poblado de Las Mesas y la Cabecera Municipal de El Tablón. Este deslizamiento es activo y reactivo, ocurrido sobre la ladera fuertemente disectada, de pendientes fuertes a muy fuerte con ángulos de inclinación mayores o iguales a 35 grados. El tipo de material que aflora en dichos deslizamientos se constituye principalmente de suelos orgánicos y material poco consolidado, tipo de suelo arcilla. El Deslizamiento fue identificado en el terreno sobre el flanco derecho de la vía que comunica entre El Centro Poblado de Las Mesas y la Cabecera Municipal de El Tablón , en las coordenadas geográficas 77°0'46,502"W, 1°29'9,975"N, altitudinalmente se ubica a 2000 m.s.n.m.

Se observa en el flanco izquierdo del deslizamiento evidencias de desprendimientos menores recientes, desprovistos de cobertura vegetal, solamente cubierto por vegetación de rápido crecimiento (pequeños arbustos), constituido por capas de suelo color amarillo 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 ha 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.

La morfología del deslizamiento describe un ladera principal totalmente vertical se evidencian pequeños movimientos recientes que se hacen visibles por su color más claro, 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 obstaculiza la vía.

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 desde y hacia el centro poblado Las Mesas y La cabecera Municipal.

En la figura 22, se aprecia el deslizamiento trasnacional, en el cual se evidencia el inicio un proceso de revegetalización natural sobre el movimiento pero aún 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.

Figura 22. Deslizamiento traslacional, localizado al centro norte del área de estudio.



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2015)

• **Deslizamiento La Floresta.** El deslizamiento se encuentra hacia el centro norte del área de estudio, reconocido en el terreno en la vereda La Victoria, a la altura de La vía que comunica las Veredas Campo Alegre y Plan Aradas con La Victoria y la cabecera municipal, en las coordenadas geográficas $76^{\circ}59'57,65''W$, $1^{\circ}29'57,295''N$, a 2350 m.s.n.m.

El movimiento se considera como un deslizamiento activo, su morfología muestra una superficie de movimiento muy somera, corona controlada, debido a la pendiente del terreno considerada como fuerte con grados superiores a 55, su superficie se observa arbustos y vegetación de rápido crecimiento al costado derecho todavía se ve escarpes con procesos de deslizamiento, cabe resaltar cuando la lluvia se incrementa, restablece nuevamente su movimiento, afectando las viviendas que se observan en la parte de la base y el taponamiento de la vía . En la figura 23 se establece el deslizamiento traslacional en mención.

Figura 23. Deslizamiento traslacional, Localizado al centro norte del área de estudio.



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2015)

8.1.2 Deslizamientos rotacionales. En el área de estudio se identificaron alrededor de 8 deslizamientos rotacionales, de los cuales a continuación se describe el más relevante.

- **Deslizamiento Rotacional Veredas Pitalito Bajo – Pitalito Alto.** Movimiento en masa de tipo rotacional activo, se encuentra ubicado en la vereda Pitalito Alto, sobre la vía que la comunica con la localidad de La Cueva, localizado en las coordenadas geográficas $77^{\circ}0'30,754''W$ $1^{\circ}27'56,142''$, a 2300 m.s.n.m.

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 30 a 55 grados. 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.

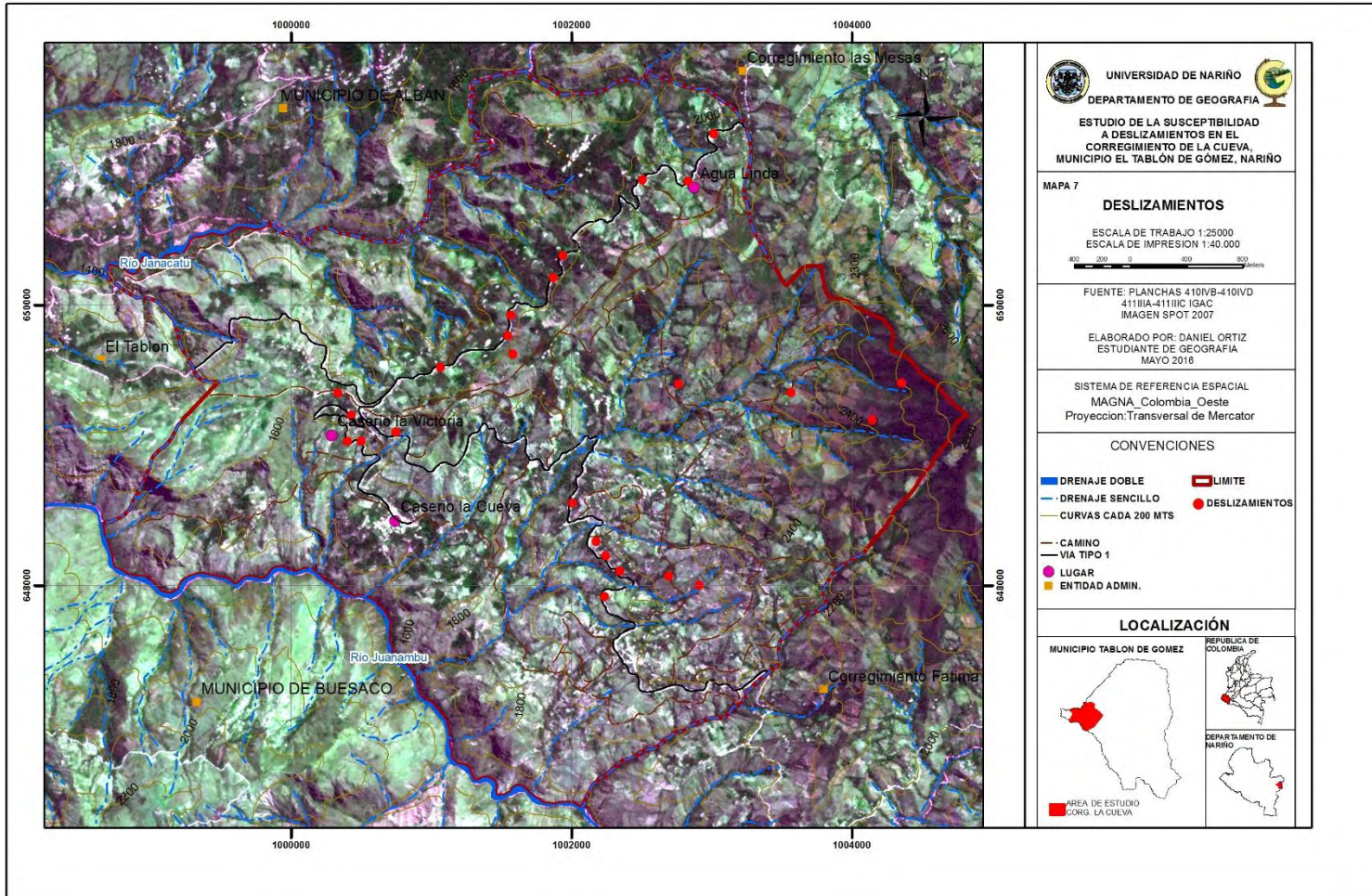
En la figura 24, se aprecia la panorámica general deslizamiento, en donde se puede identificar las zonas morfológicas del deslizamiento: cima, cuerpo y base o área de acumulación así como la orientación y dirección que sigue el movimiento.

Figura 24. Deslizamiento rotacional, localizado en la vereda Pitalito Alto.



Fuente. Este estudio. Fotografía: Daniel Ortiz (2015)

Mapa 7. Mapa de Deslizamientos corregimiento de La Cueva.



Fuente. Este estudio

9. ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS A TRAVÉS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO EN EL CORREGIMIENTO DE LA CUEVA, MUNICIPIO EL TABLÓN, (N)

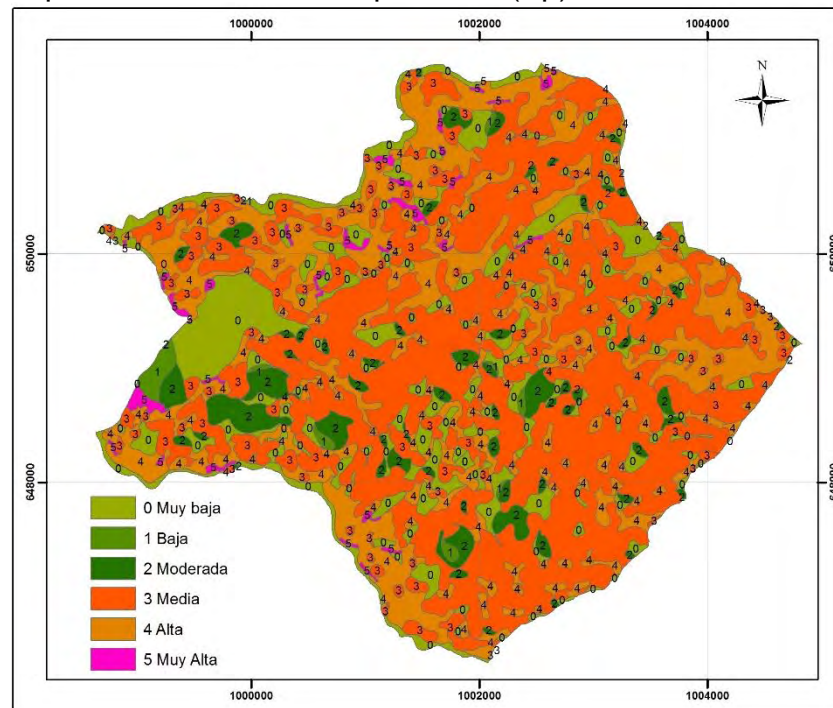
9.1 EVALUACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS

Para su modelamiento se utilizó un Sistema de Información Geográfico, (SIG) (software ArcGIS 10.2), según modelo cartográfico (figura 7) se cruzó digitalmente los factores Intrínsecos o pasivos como litología, pendiente, humedad del suelo y también con el factor externo o de disparo, la precipitación.

Tras detallar y analizar cada variable utilizada en el método Mora Vharson Mora modificado en este estudio, se realizó los procedimientos reiterando cada variable que se utilizó:

9.1.1 Evaluación del Parámetro Pendiente (S_p). Este parámetro se clasificó con respecto a los valores de inclinación del terreno calificando el grado de susceptibilidad según el cuadro 6, obteniendo como resultado el mapa de susceptibilidad del factor pendiente, figura 25. El cuadro 14 identifica el número de hectáreas de mayor o menor susceptibilidad.

Figura 25. Mapa del Factor de Susceptibilidad (S_p)



Fuente: Este Estudio

Cuadro 14. Hectáreas susceptibles a deslizamientos por la pendiente en el corregimiento la Cueva.

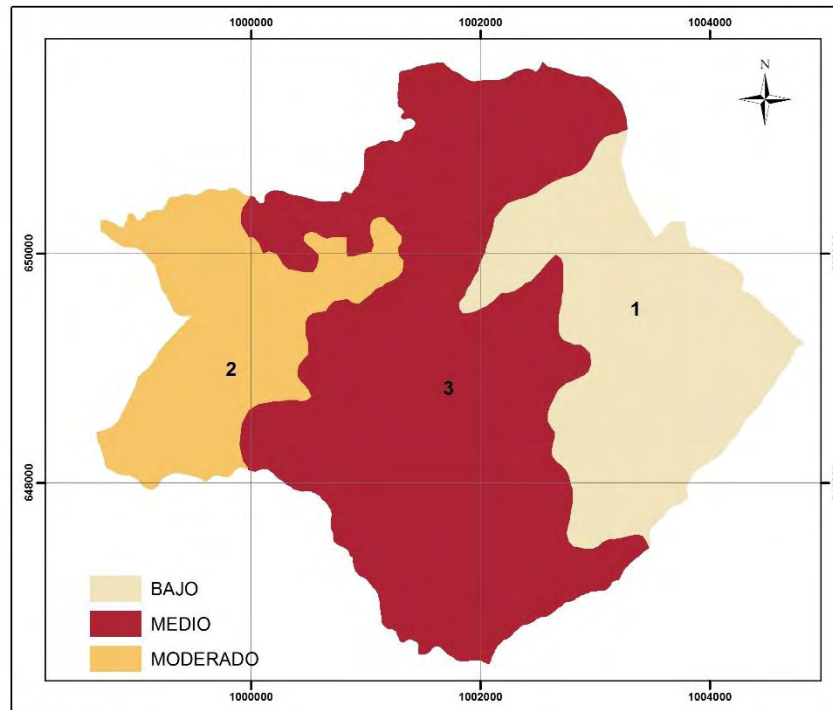
Rangos de pendientes (grados)	Peso asignado (S_p)	Calificación S_p	Has	%
0 – 2	0	Muy baja	289	15.7
2 – 4				
4 – 8	1	Baja	16	0.9
8 – 16	2	Moderada	111	6.0
16 – 35	3	Media	919	50.1
35 – 55	4	Alta	476	25.9
> 55	5	Muy Alta	24	1.3
Total Área			1835	100.0

Fuente: este estudio.

Según cuadro 14 y figura 25 se identifica que la susceptibilidad a deslizamientos muy alta corresponde a pendientes extremadamente fuertes, es decir, mayores a 55 grados, estas se localizan las riveras de las quebradas y la menor susceptibilidad a pendientes está en terrenos con pendientes entre 2 y 4 grados correspondiente a tierras casi planas, en general se aprecia que el 50% del territorio de La Cueva tiene susceptibilidad a deslizamientos moderada según parámetro de pendientes.

9.1.2 Evaluación del Parámetro Susceptibilidad Litológica (S_l). En el estudio de la litología del corregimiento de la Cueva inicia con la identificación de las unidades geológicas que se caracterizaron en el área de estudio en el numeral 7.2, en donde encontramos 3 diferentes tipos de formaciones litológicas. Posteriormente se procedió con la comparación de las formaciones encontradas con las características de clasificación que establece la metodología Mora-Vahrson, en donde se le asignó un valor numérico como lo indica en el cuadro 7. En la figura 26 se muestra el resultado de la valoración para el Parámetro de Susceptibilidad Litológica.

Figura 26. Mapa de Susceptibilidad Litológica.



Fuente: Este Estudio

Cuadro 15. Valoración litológica.

COBERTURA	S _i	S _i Descripción	Área	%
K1q: Rocas sedimentarias	3	Medio	1013	55
NQ1lp: Rocas Ígneas piroclásticas	1	Bajo	495	27
Qflp: Rocas Ígneas lavas	2	Moderado	336	18
Área total			1835	100

Fuente: Este Estudio basado Metodología MV

De acuerdo a las unidades litológicas del corregimiento concluye que no existe un alto grado de susceptibilidad litológica, de acuerdo a las unidades metodológicas se obtuvo el siguiente resultado.

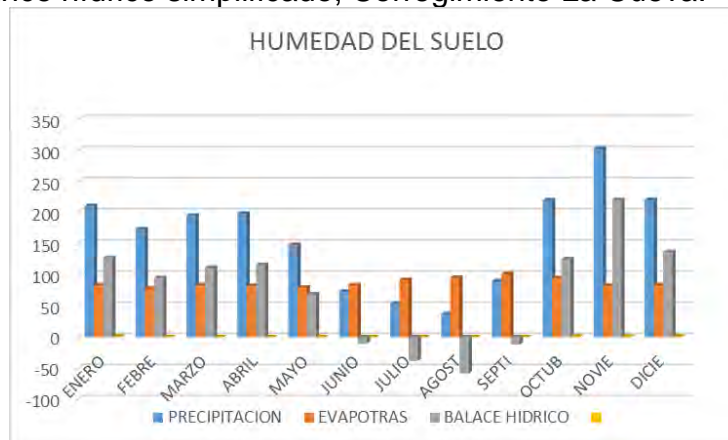
- *55% Rocas sedimentarias:* flujos piroclásticos, escombros y cenizas del cenozoico, se localiza en la parte occidental de la zona de estudio en la vereda la victoria y el grado de susceptibilidad es de nivel medio.

- 27% *Rocas Volcánicas*: flujos de lava y piroclásticos del cenozoico; se localizan en la zona central del corregimiento en las veredas Los Alpes, Plan Aradas, Campo Alegre, La cueva y Pitalito Bajo, el grado de susceptibilidad que presenta es de nivel bajo.
- 18% *Rocas volcánicas (Mesozoico)*. Flujos volcánicos básicos y tobas, conglomerados arenitas y limolitas, se localizan en la parte oriental de la zona de estudio en las partes altas de las veredas Pitalito Alto y Los Alpes. La susceptibilidad litológica para esta zona es de nivel moderado.

9.1.3 Evaluación del Parámetro Humedad del Terreno (S_h). Este parametro se obtuvo de acuerdo al valor obtenido del balance hídrico efectuado a los valores medios mensuales registrados en la estación de san Bernardo ya que de las estaciones que tienen influencia sobre la zona de estudio esta es la única que posee registros completos

La grafica muestra el comportamiento mensual de la precipitación y la evapotranspiración con lo que se puede establecer el valor del balance hídrico

Grafico 3. Balance hídrico simplificado, Corregimiento La Cueva.



Fuente: Datos IDEAM, 2015. Este estudio

Al valor obtenido del balance hídrico se le asigna un valor de peso de acuerdo a la metodología establecida para este estudio y se obtiene un valor del parámetro de S_h de 1 que significa un valor bajo de humedad bajo.

Cuadro 16. Valoración Humedad del Terreno

	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sept	Octub	Nov	Dic
Pp	212	174	195,8	199,1	148,9	73,6	53,9	37,2	90,1	220,5	304	221,3
Evap	83,90	78,20	83,80	82,90	80,00	83,90	92,00	95,90	102,00	94,90	82,90	84,10
Bal. Hídrico	127,60	95,60	112,00	116,20	68,90	-10,30	38,10	-58,70	-11,90	125,60	221,10	137,20
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

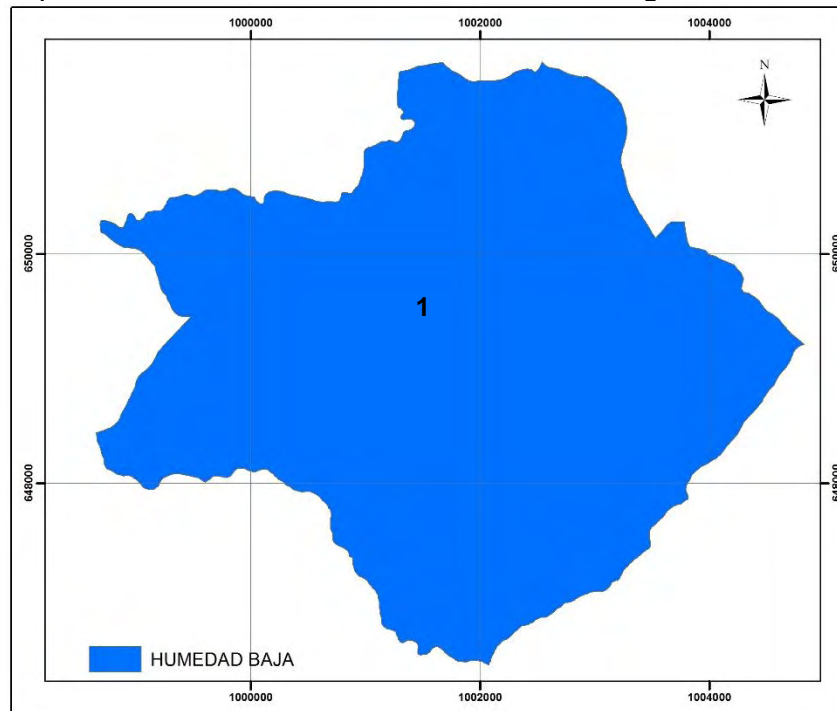
Cuadro 17. Categorización del parámetro de humedad del terreno

Suma de valores asignados a cada mes	Descripción Valoración del parámetro S_h	Descripción
0-4	1	Muy Bajo

Fuente. Datos IDEAM, 2015. Este estudio

Se determinó un solo valor de humedad único para toda la zona de estudio, teniendo los valores mensuales de precipitación se pudo establecer a través de un balance hídrico simplificado el valor de la humedad del suelo al que seguidamente se le asignó un valor predeterminado para establecer qué nivel humedad existe en la zona de estudio.

Figura 27. Mapa Parámetro Humedad del Terreno Corregimiento La Cueva (S_h).



Fuente: Datos IDEAM, 2015. Este estudio

Este mapa en la figura 27 se elaboró de acuerdo al valor obtenido del balance hídrico efectuado a los valores medios mensuales registrados en la estación de san Bernardo ya que de las estaciones que tienen influencia sobre la zona de estudio esta es la única que posee registros completos.

9.1.3 Incorporación del factor de disparo. El factor de disparo considera a las variables que al presentarse provocan la presencia de fenómenos de remoción en masa. La metodología Mora & Vahrson considera como factores de disparo a la

precipitación y a la actividad sísmica. En nuestro caso de estudio se evaluó el Parámetro Lluvia.

- **Parámetro de disparo por lluvia (D_{II})**. Mora y Vahrson (1984) asumen que los deslizamientos que involucran depósitos superficiales son comúnmente producidos por precipitaciones de tipo conectivo de corta duración pero de gran intensidad.

Para evaluar este parámetro primero se determinó para la estación meteorológica de Aponte, los valores de precipitación máximos diarios anuales, se analizó si existen valores fuera de la serie mediante el método de Grubbs, que determina los valores atípicos de una serie de datos y se los elimino.

Según los datos disponibles con registros superiores a los 10 años se realizó el cálculo de la precipitación máxima para un periodo de retorno (T) de 100 años, para lo que se utilizó el método de Gumbel.

La calificación de este parámetro se realizó asignando el valor del factor de intensidad de la precipitación según lo propuesto en la metodología Mora-Vahrson (Mora & Vahrson., 1994) en el cuadro 10, luego se calculó el área de influencia de las estaciones mediante la implementación de los polígonos de Thiessen y se asignó el valor de intensidad de lluvia que corresponde a la estación de Aponte.

Figura 28. Precipitación Máxima Estación Aponte.

Tiempo de Duración	Cociente e	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración						
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	500 años
24 hr	X24	84,826 3	116,708 1	137,816 6	164,487 3	184,273 1	203,9128	249,2972

Fuente. Datos IDEAM, 2015. Este estudio

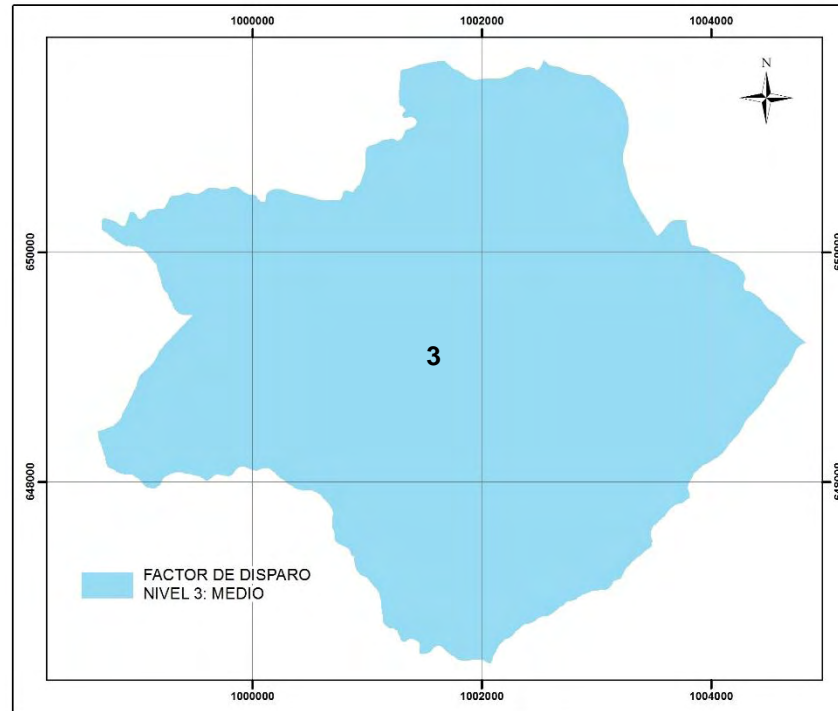
El valor del factor de disparo por lluvia para un periodo de retorno de 100 años para el área de estudio es de 203,9128, este valor tiene una cualificación media, factor TP. En el cuadro 18 se valora el factor de disparo por lluvia

Cuadro 18 . Valor del factor disparo por lluvia

Precipitación máxima mm/día	Cualificación	Factor D_{II}
201-300	medio	3

Fuente. Datos IDEAM, 2015. Este estudio

Figura 29. Mapa del factor disparo por Lluvias.



Fuente: Datos IDEAM, 2015. Este estudio

Este mapa en la figura 29 se elaboró de acuerdo a los valores extremos anuales de lluvia en 24 horas, para establecer el valor máximo de lluvia que es un factor de disparo para desencadenar deslizamientos.

9.2 ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS

Para obtener el mapa de zonificación de deslizamientos se procedió a realizar las operaciones de los elementos pasivos (Geología, Pendientes y Humedad) de susceptibilidad utilizando la Calculadora raster de ArcGIS. El mapa obtenido se muestra en la figura 30.

$$EP = SI * Sh * Sp; \text{ donde;}$$

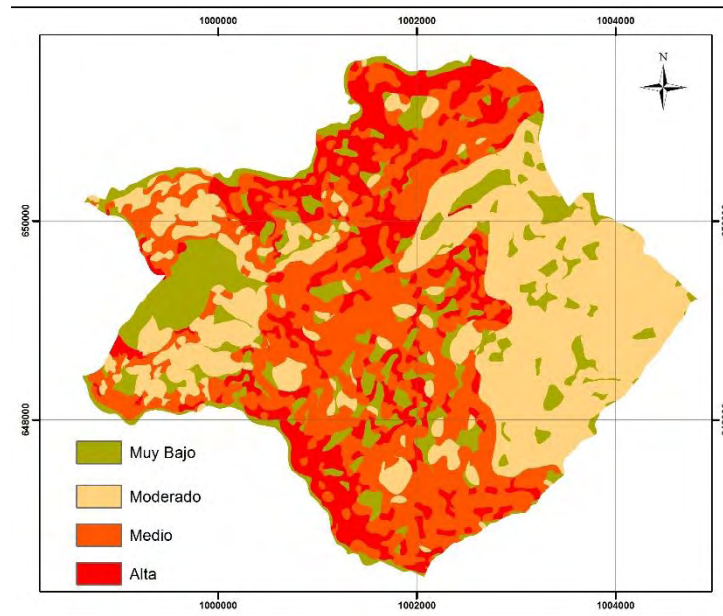
Ep: valor producto de la combinación de los elementos pasivos

SI: valor del parámetro de susceptibilidad litológica.

Sh: valor del parámetro de humedad del terreno.

Sp: valor del parámetro de la pendiente.

Figura 30. Mapa de susceptibilidad combinación de elementos pasivos.



Fuente: Este estudio

Finalmente para obtener el mapa de zonificación de susceptibilidad a la amenaza incluyendo el factor detonante por lluvias se realizó la siguiente operación de los mapas utilizando la calculadora raster de ArcGIS

$$H = EP * D$$

Donde:

H: grado de susceptibilidad al deslizamiento,

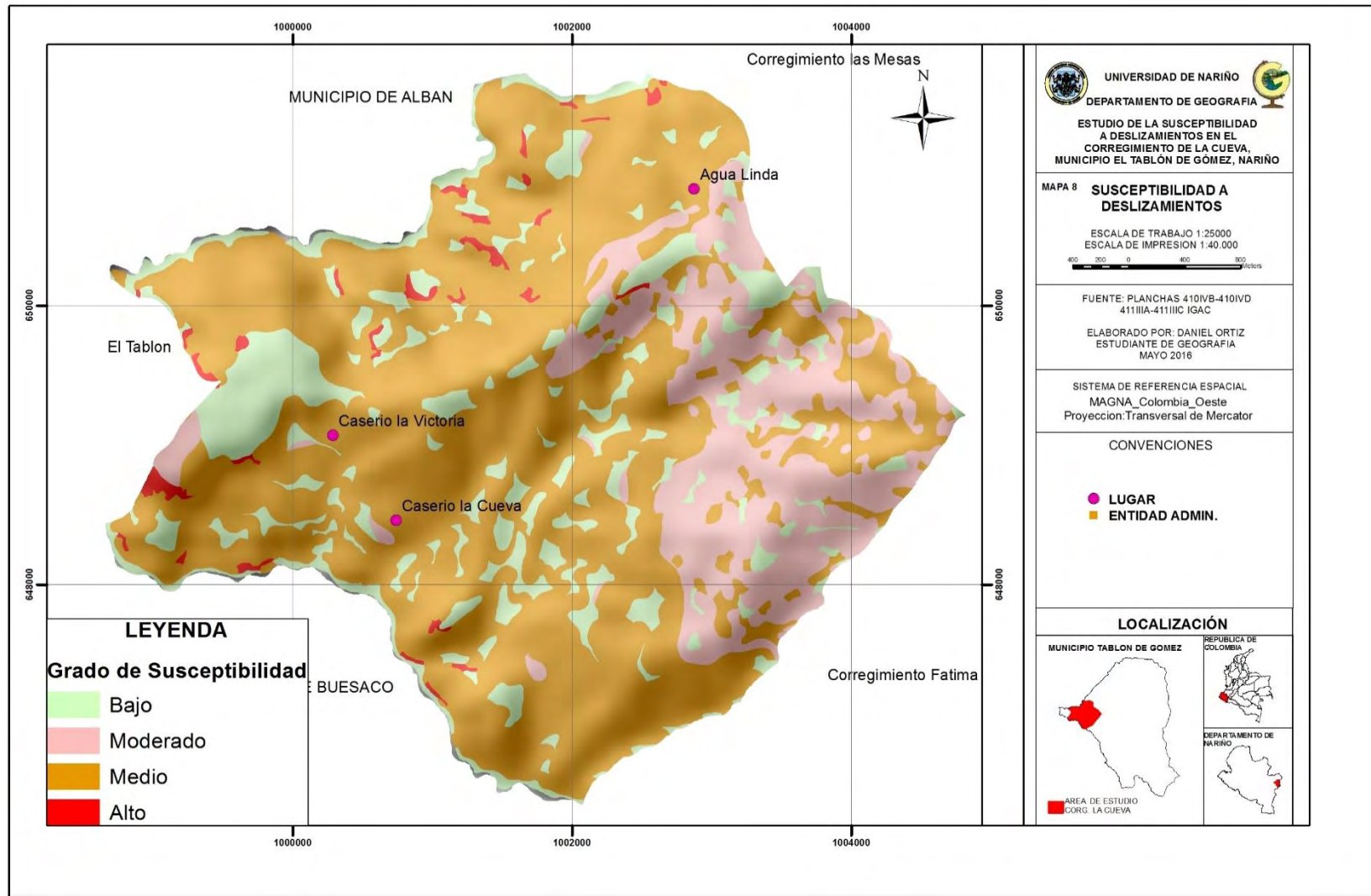
EP: valor producto de la combinación de los elementos pasivos

D: valor del factor de disparo.

Aplicando la formula $H = EP * D$, se obtuvo el mapa de zonificación de susceptibilidad a deslizamientos según metodología MVM.

El resultado de la aplicación de la metodología MVM se aprecia en el mapa 8, esta muestra que las zonas susceptibles a deslizamientos del Corregimiento de La Cueva. Es de esperar que corresponden con zonas de fuerte pendiente, los demás factores parecen tener poco peso, debido por un lado a la interpretación que se hiciera de la susceptibilidad litológica y a la información meteorológica.

Mapa 8. Mapa de zonificación de la susceptibilidad a deslizamientos en el corregimiento La cueva.



Fuente: esta investigación.

Los resultados del mapa 8 se resumen en el cuadro

Cuadro 19. Áreas susceptibles a deslizamientos corregimiento la cueva.

Grado de Susceptibilidad a deslizamientos	Has	%
Bajo	228	15.72
Moderado	331	18.05
Medio	1190	64.91
Alto	24	1.33

Fuente: esta investigación.

9.2.1 Grado de susceptibilidad bajo. En el corregimiento La Cueva presenta susceptibilidad a deslizamiento bajo, este representa un área de 228 Has correspondientes al 15,72% del territorio; esta zona se caracteriza por presentar geformas planas y una unidad geológica caracterizada por Rocas ígneas. Esta zona se localiza en la parte oriental de la zona de estudio y hace parte de la vereda La Victoria.

9.2.2 Grado de susceptibilidad moderado. Esta zona ocupa 331 hectáreas distribuidas hacia el sector centro-oriental y norte del corregimiento de La Cueva, con un grado moderado que se presenten deslizamientos. Se indica que este grado de susceptibilidad predomina entre las laderas de las áreas geomorfológica de relieve ondulado, laderas moderadamente escarpadas y fuertemente disectadas y una unidad geológica caracterizada por flujo de Lava y depósitos piroclásticos, 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 Los Alpes, Pitalito Alto y Pitalito Bajo.

9.2.3. Grado de susceptibilidad medio. Se encuentra ubicada casi en la totalidad del corregimiento de La Cueva, ocupando un área de 1190 hectáreas. Constituye en mayor grado que ocurra deslizamientos entre eventos de tipo traslacional y rotacional. Se ubica en zonas de pendientes con ángulos de inclinación entre 16 a 55 grados. Se presenta en áreas con condiciones geológicas y geomorfológicas que ofrecen poca estabilidad, sectores concernientes a la formación geológica de Quebrada Grande. La zona se encuentra surcada por algunas microcuencas afluentes del río Janacatú y Juanambú entre ellas las quebradas Chuzalongo, Hato Viejo y Granadillo, pertenecientes a la jurisdicción de las veredas Los Alpes, Pitalito Alto, Campo Alegre y Las Aradas.

9.2.4. Grado de susceptibilidad alto. En el corregimiento La Cueva presenta susceptibilidad a deslizamiento Alto, este representa un área de 24 Has correspondientes al 1% del territorio; esta zona se caracteriza por presentar inclinación igual o mayor a 55 ° y una unidad geológica caracterizada por Rocas ígneas. Se encuentra, distribuida en la zona occidental en las disecciones de la unidad geomorfología de terraza.

9. CONCLUSIONES

El Corregimiento de La Cueva se caracteriza por presentar una predominancia de pendientes fuertes comprendida entre los 16 a 35 grados y pendientes muy fuerte entre 35 y 55 grados, según la clasificación de van Zuidam (1986) por lo anterior aumentan la probabilidad de ocurrencia de algún tipo de deslizamiento.

La ocurrencia de los deslizamientos en los últimos años se ha desencadenado en los meses de octubre a diciembre, evidenciado por el aumento de las precipitaciones medias mensuales y máximas en 24 horas para estos meses según los datos del IDEAM.

Lo anterior, reafirma que las precipitaciones intensas podrían considerarse factor determinante en la ocurrencia de Deslizamientos para la zona, aun cuando el rango de clasificación de la metodología Mora & Vahrson muestra un nivel de responsabilidad medio en la aparición de los deslizamientos.

Es probable que, para la zona de estudio, el umbral de saturación sea ostensiblemente menor que el rango establecido por la metodología para las condiciones de La Cueva; para esto, sería necesario realizar estudios más rigurosos para determinar cuál es la cantidad de precipitación necesaria para que el terreno se empiece a saturar.

La clasificación final del parámetro de humedad es de 2 a 3, lo cual indica una influencia de baja a media de este parámetro en lo que respecta a la susceptibilidad al deslizamiento.

El parámetro de disparo por lluvia tiene una influencia medio en el cálculo de la susceptibilidad y es constante para toda el área de estudio.

Los resultados, obtenidos mediante la aplicación de la metodología para determinar la susceptibilidad de los terrenos a deslizarse MVM, indican que un 65% del área se clasifica como de susceptibilidad media y un 34% como de susceptibilidad moderada y baja.

El resultado de esta investigación debe ser utilizado como una herramienta para la toma de decisiones en lo que respecta a la planificación territorial, otorgamiento de permisos para la construcción de obras de infraestructura y en la regulación de uso del terreno, sin sustituir estudios geotécnicos de detalle, principalmente en las áreas de susceptibilidad media.

10. RECOMENDACIONES

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 Janacatu y Juanambu, quebrada Juanoy , para proteger las laderas del proceso de erosión y así evitar la formación de Deslizamientos 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 susceptibilidad media, 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 susceptibilidad del corregimiento de La Cueva frente a los Deslizamientos, 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 deslizamientos para el corregimiento de La Cueva.

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 Deslizamientos 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 susceptibilidad, contar con información aerofotográfica mas reciente debido a que para el presente trabajo se debió utilizar fotografías aéreas de más 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 Deslizamientos en 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 susceptibles a deslizamientos ello con el fin de tomar medidas de prevención, de control y mitigación para dar aviso temprano a las comunidades sobre nuevos Deslizamientos que puedan ocurrir.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDÍA EL TABLÓN DE GÓMEZ. ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL Capitulo 2: Dimensión político administrativa. p. 13- 16.

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

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.

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. p.34

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

OBANDO, Jorge. Zonificación de la amenaza por Deslizamientos en el corregimiento de Las Mesas, El Tablón de Gómez, Nariño. Monografía para optar al título de Geógrafo. Pasto. Trabajo de grado Universidad de Nariño. 2012. p. 222

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

SUARES Díaz Jaime. Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga Santander Colombia, 2002. p. 535

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.

NETGRAFIA

AGUIRRE HERRERA, María Verónica. [En línea] Susceptibilidad al deslizamiento de los suelos y rocas de la Provincia de Manabí. En: www.google.com.co (Consultado, 6 de Abril 2012). Disponible en la dirección electrónica: www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/149/1/183.pdf

ARISTIZÁBAL, Edier y YOKOTA, Shuichiro. [En línea] Geomorfología aplicada a la ocurrencia de deslizamientos en el Valle de aburra. En: Revista de la Facultad de Minas (DYNA), julio 2006; vol. 79; número 143, pp. 5-16, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. . En: www.google.com.co (Consultado, 6 de Abril 2012). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.revista.unal.edu.co/index.php/dyna/article/viewFile/807/1265>

BARILLAS, Edy Manolo. [En línea] Evaluación de zonas susceptibles a deslizamientos. En: www.google.com.co (Consultado, 3 de Abril 2012). Disponible en la dirección electrónica: www.geociencias.com.gt/foto/propuesta.pdf. p3

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. 2011). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.digital.unal.edu.co/dspace/bitstream/10245/327/1/amn-and-colombia.pdf>

ECHEVERRY, Oscar y VALENCIA, Yamile. [En línea]Análisis de los deslizamiento en la cuenca de la quebrada la iguana de la ciudad de Medellín a partir de la integración lluvia, pendiente, formación geológica. En: Revista de la Facultad de Minas (DYNA), julio 2004; vol. 71; número 142, pp. 33-45, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. . En: www.google.com.co (Consultado, 6 de Abril 2012). Disponible en la dirección electrónica: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/496/49614204.pdf>

MORA CHINCHILLA, Rolando. Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento en el Cantón de San José, provincia de San José, Costa Rica. [En Línea]. En proyecto FUNDEVI 0960 servicios especializados de laboratorio de suelos y rocas, Fundación de la universidad de Costa Rica para la investigación (2004); En: www.google.com.co (Consultado, 28 de Febrero 2012). Disponible en la dirección electrónica:www.femica.org/areas/modambiental/archivos/foro/deslizamiento_canton_san_jose.pdf

MORA CHINCHILLA, Rolando. [En línea] Fundamentos sobre deslizamientos. En: www.google.com.co (Consultado, 1 de Abril 2012). Disponible en la dirección electrónica: www.bvsde.paho.org/bvsade/e/fulltext/uni/conf15.pdf. p1

OBANDO, Tupack. Evaluación y monitoreo de la amenaza por deslizamientos en terrenos de la Comarca de Golfo arriba y La Chata (Jinoteca, Nicaragua) [En línea]. En Monografías (2012); p 1. En: www.google.com.co (Consultado, 28 de Febrero 2011). Disponible en la dirección electrónica: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/amenaza-deslizamientos-terrenos-golfo-chata/amenaza-deslizamientos-terrenos-golfo-chata.pdf>

SUREZ DIAZ, Jaime. [En línea]. Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Santander Colombia, 2007. p. 4 - 5. En: [www. google.com](http://www.google.com). (consultado ,11 Nov.2011). Disponible en la dirección electrónica: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0101/doc0101.pdf>

SUREZ DIAZ, Jaime. [En línea]. Estabilidad de Taludes: Caracterización de los movimientos. Santander, Colombia. 2007. p 1. (Consultado ,15 Nov.2014). Disponible en la dirección electrónica http://ocw.uis.edu.co/ingenieria-civil/estabilidad-de-taludes/clase1/1_caracterizacion_de_los_movimientos.pdf

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.unesdoc.unesco.org/images/0006/.../063038EB.pdf>