

# FORMULACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO GENERADO POR LOS PROCESOS DE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VIA BOGOTÁ VILLETATA



**FORMULACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO GENERADO POR LOS  
PROCESOS DE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VIA BOGOTÁ VILLETÁ**

**PRESENTADO POR**

**LUZ ASTRID HERNÁNDEZ PINEDA**

**ADRIANA MORENO PINEDA**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO  
AMBIENTAL**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CAERRERAS INDUSTRIALES -ECCI  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C.  
2014**

**FORMULACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO GENERADO POR LOS  
PROCESOS DE MOVIMIENTOS EN MASA EN LA VIA BOGOTÁ VILLETA**

**LUZ ASTRID HERNÁNDEZ PINEDA**

**ADRIANA MORENO PINEDA**

**Director:  
Geólogo MSc. ALBERTO GARCÍA BOLÍVAR**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES -ECCI  
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C.  
2014**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Ciudad y fecha (día, mes, año)**

## CONTENIDO

<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1. MARCO ESPACIAL.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2. MARCO TEMPORAL.....</b>	<b>12</b>
<b>2 JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 GENERAL.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 ESPECÍFICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>4 MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>15</b>
<b>4.1 AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO .....</b>	<b>15</b>
4.1.1 COMPONENTES DE LA GESTIÓN DEL RIESGO.....	17
4.1.2 PROCESOS GEOLÓGICOS .....	18
4.1.2.1 Movimientos en masa .....	22
4.1.2.1.1 Clasificación y tipología.....	22
4.1.2.1.2 Por qué se generan .....	27
4.1.2.1.3 Talud .....	27
4.1.2.1.4 Deslizamiento.....	30
4.1.2.1.5 Procesos de desprendimiento de rocas.....	32
4.1.2.1.6 Mecanismos de formación de derrumbes.....	34
4.1.2.2 Características de la cordillera de los andes .....	34
4.1.2.3 Importancia de las geociencias en el estudio, mitigación y prevención de los movimientos en masa .....	36
4.1.2.4 Factores básicos para la evaluación del terreno.....	37
4.1.3 LEY 1523 DE 2012 SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO.....	39
<b>4.2 MARCO NORMATIVO .....</b>	<b>40</b>
<b>5 METODOLOGÍA.....</b>	<b>44</b>
<b>5.3 HIPÓTESIS.....</b>	<b>47</b>
<b>5.4 VARIABLES .....</b>	<b>48</b>
<b>5.5 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....</b>	<b>49</b>
5.5.1 FUENTES PRIMARIAS .....	49
5.5.2 FUENTES SECUNDARIAS .....	49
<b>5.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>49</b>
<b>6 RESULTADOS .....</b>	<b>51</b>
<b>6.1 DIAGNÓSTICO .....</b>	<b>51</b>
6.1.1 DIMENSIÓN AMBIENTAL .....	51
6.1.1.1 Clima .....	52

6.1.1.2 Geología .....	61
6.1.1.3 Tectónica .....	65
6.1.1.4 Suelos .....	66
6.1.1.4.1 Uso actual del suelo. ....	69
6.1.1.4.2 Conflictos uso del suelo .....	71
6.1.1.5 Hidrología.....	74
6.1.1.6 Cobertura vegetal y especies vegetativas .....	75
6.1.1.7 Porcentaje de cobertura .....	83
6.1.1.8 Análisis de riesgo .....	85
6.1.1.9 Movimientos de masa registrados en Cundinamarca. ....	88
<b>6.2 MEDIDAS DE CONTROL.....</b>	<b>89</b>
6.2.1 PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO .....	89
6.2.1.1 PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL.....	89
6.2.1.2 PROGRAMA DE CONTROL AMBIENTAL .....	98
6.2.1.3 PROGRAMA SOCIAL.....	102
<b>6.3 GUÍA DE IDENTIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGO GENERADO POR MOVIMIENTOS EN MASA. ....</b>	<b>104</b>
<b>7 ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>105</b>
<b>8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>107</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>109</b>

## TABLAS

Tabla 1. Escala de velocidades según Cruden y Varnes (1996) .....	25
Tabla 2. Transportation research Board, 1978.....	39
Tabla 3. Características de las Asociaciones de Suelos en La Vega .....	68
Tabla 4. Especies Vegetales Presentes.....	77
Tabla 5. Resumen de datos de los puntos de análisis .....	84
Tabla 6. Criterios de Calificación para la Matriz de Evaluación de Riesgos .....	85
Tabla 7. Matriz de Evaluación de Riesgos .....	87
Tabla 8. Información de los movimientos de masa registrados. ....	88

## ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización Km 57 y 72 Vía Bogotá –Villeta.....	12
Ilustración 2. Ecuación Analisis del Riesgo.....	15
Ilustración 3. Efectos directos e indirectos derivados de la ocurrencia de los deslizamientos de tierra.....	20
Ilustración 4. Áreas donde frecuentemente ocurren deslizamientos en Colombia. ....	21
Ilustración 5. Movimientos de Masa: Clasificación de acuerdo con el material, agua, aire y velocidad del movimiento.....	26
Ilustración 6. Parte derecha: Nomenclatura de Taludes y laderas.....	28
Ilustración 7. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento.....	29
Ilustración 8. Caídos de bloques en caída libre de roca fracturada.....	32
Ilustración 9. Caídos de bloques rodando (Pendiente de menos de 45°).....	33
Ilustración 10. Algunos mecanismos de formación de caídos. ....	33
Ilustración 11. Ubicación del Sitio de estudio Vía La Vega- Villeta (Puntos Exactos).....	51
Ilustración 12. Clasificación climática Vía Bogotá-Villeta.....	52
Ilustración 13. Precipitación total promedio.....	53
Ilustración 14. Temperatura promedio multianual.....	54
Ilustración 15. Número de días de lluvia promedio.....	55
Ilustración 16. Brillo solar promedio horas año.....	56
Ilustración 17. Promedio anual de humedad relativa.....	57
Ilustración 18. Velocidad media del viento.....	58
Ilustración 19. Indicador agroclimático-agua neta en el suelo. ....	59
Ilustración 20. Clasificación Climática zonas de vida de Holdridge. ....	60
Ilustración 21. Cartografía Básica de Relieve.....	64
Ilustración 22. Usos del suelo.....	70

Ilustración 23. Degradación de Suelos y Tierras.....	70
Ilustración 24. Conflicto del uso del suelo. ....	73
Ilustración 25. Usos del suelo recomendados .....	73
Ilustración 26. Ríos principales y secundarios.....	75
Ilustración 27. Detalle de zanjas de corona para el control de aguas superficiales del talud. .....	88
Ilustración 28. Estructura de bioingeniería. ....	92

## INTRODUCCIÓN

Los movimientos en masa, son procesos que se ocurren en todo el mundo, por lo que actualmente es un tema muy tratado por ingenieros civiles y por geotecnistas entre otros profesionales. En Colombia debido a la temporada de lluvias que se presentó en el año 2010, ocasionó el desprendimiento de materiales en todas las vías del país, a lo cual el gobierno nacional generó disposiciones que permitieron declarar el estado de emergencia con el fin de tomar medidas y acciones inmediatas para mitigar los impactos y restablecer la circulación en estas.

La escasa información existente no permite el análisis de cómo procesos antrópicos de riego excesivo de suelos, cortes inadecuados de los taludes conllevan a aumentar la inestabilidad de las laderas en las vías; como se observa en su mayoría que estos suceden por saturación de agua en el suelo y roca, se pretende entrar a analizar estos factores con el fin de plantear algunas prácticas ambientales adecuadas que disminuyan la cantidad de masa en movimiento y permitan desarrollar un plan de manejo que mitigue los riesgos potenciales.

Esta propuesta se plantea a partir de utilizar una metodología adaptada de diferentes estudios de evaluación de riesgo que permiten identificar y caracterizar las variables ambientales y antrópicas que pueden acelerarlo o pondéralo.

Posteriormente se determinaron los aspectos que tienen mayor influencia en detonar deslizamientos y a partir de esta ponderación se formularon programas con medidas de ingeniería civil, ambiental y social con sus respectivas fichas de proyecto. Se determinó que de conformidad con lo descrito por estudios de diferentes autores que uno de los factores que aumenta el riesgo en la inestabilidad de los taludes ubicados en las vías es la presencia de agua en volúmenes que saturan el suelo, por lo cual los proyectos planteados están orientados a implementar diversas formas de canalización de las aguas, así como métodos para mantener la vegetación en los taludes y medidas de prevención para alertar a la comunidad.

El proceso para formular el Plan de Gestión de Riesgo se planteó a partir de un estudio de caso realizado en dos puntos de la vía Bogotá – Villeta, específicamente en los kilómetros 57 y 72 denominados La Vega y Chorro Caiquero; debido a que allí se presentaron movimientos en masa. En estos puntos se efectuaron inspecciones de campo para establecer el tipo de suelo y la vegetación característica y se analizaron los factores de riesgo.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los movimientos en masa son transformaciones geológicas en que volúmenes de roca y suelo, se desplazan de manera lenta o rápida por la acción de la gravedad; esta situación se acentúa en gran medida por las temporadas de lluvia y a las acciones humanas desarrolladas por el incorrecto uso del suelo, los cuales provocan efectos negativos en la economía y la sociedad para toda una región, debido a que el arrastre de materiales ocasiona bloqueos en vías, retrasos en la movilización de vehículos que transportan carga o pasajeros, aumento de gastos en fletes, pérdidas de productos perecederos, daños a propiedades, destrucción de cultivos, lesiones o pérdidas humanas por los vehículos o personas atrapadas, aumento en los gastos de personal (trabajadores) y maquinaria para la remoción de las rocas, entre otros.

Igualmente en el ambiente se observan daños por los movimientos en masas debido a la ocurrencia de procesos erosivos, pérdidas de aéreas productivas y traslado de materiales que por efectos de las precipitaciones hacen que se desplacen hacia fuentes hídricas, provocando sedimentación y colmatación que generan obstrucciones que cambian los cursos de agua llevando a mayores desastres como los deslaves.

Los movimientos en masa históricamente en el país han demostrado la susceptibilidad y las deficiencias en la preparación como en la atención de estos eventos tanto por las comunidades y los sectores gubernamentales, por tal razón el gobierno nacional estructura la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

Por lo anterior es indispensable generar un Plan de Gestión del Riesgo que incluya la realización de monitoreos, manejo de los movimientos en masa, caracterización de las variables que inciden en el riesgo de deslizamiento y su evaluación; los cuales permitan tomar acciones para retener el material de tierra de las laderas, evitando o reduciendo los procesos de movimientos en masa.

Los frecuentes movimientos en masa presentados en la vía Bogotá-Villeta ocasionan la obstrucción de la vía, daños ambientales, económicos y sociales. La gestión del riesgo se constituye en una herramienta fundamental en la planificación del territorio con el fin de reducir los niveles de amenaza y riesgo de movimientos en masa, requiriendo la integración comunitaria.

## 1.1. MARCO ESPACIAL

De todos los sitios analizados, se tomaron como sitios de estudio para este trabajo los lugares en los cuales se produjeron deslizamientos y derrumbes en la vía Bogotá – Villeta, en los kilómetros 57 y 72 denominados La Vega y Chorro Caiquero.

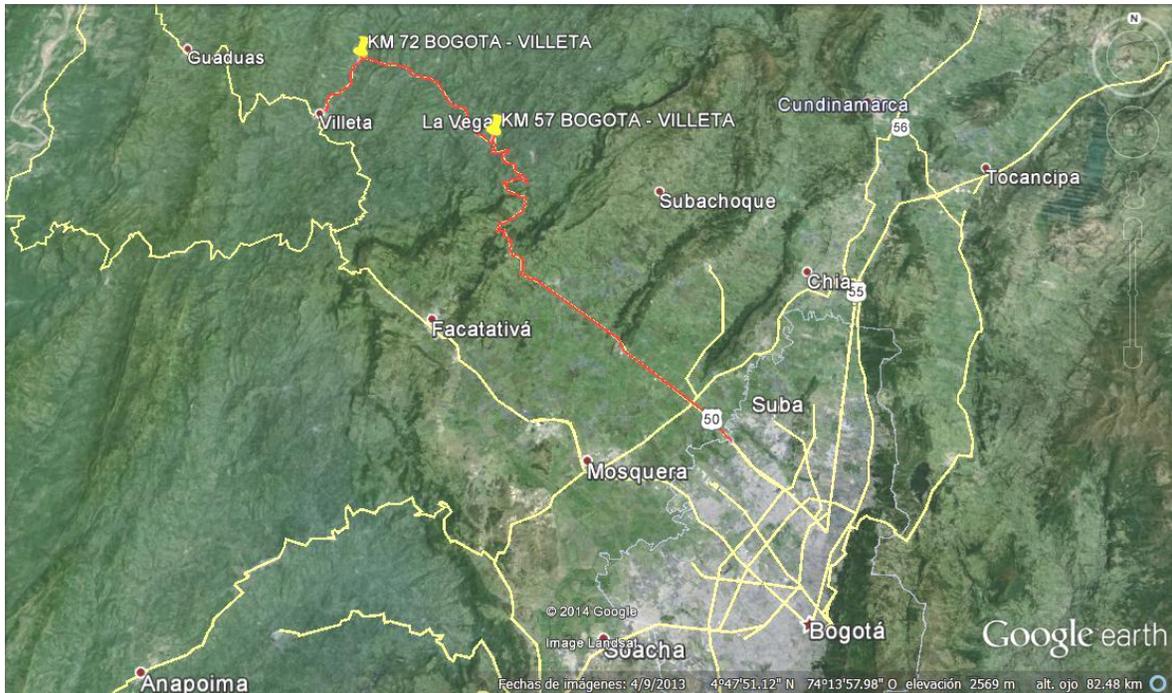


Ilustración 1. Localización Km 57 y 72 Vía Bogotá –Villeta

Fuente: Google Earth 2014.

## 1.2. MARCO TEMPORAL

El tiempo tomado para el cual se realizó el análisis de esta investigación, comprende dos periodos, el primero corresponde a los meses de julio a diciembre de 2011 y el segundo de julio a diciembre de 2013.

## 2 JUSTIFICACIÓN

Los movimientos en masa pueden generar la pérdida de áreas de uso agrícola, en otros casos zonas sensibles de biodiversidad ubicada en suelos de reserva naturales; perjuicio en lo económico debido al daño de lo transportado por estas vías como lo son productos perecederos, entre otros, pero esta situación se agrava cuando se pone en riesgo la vida de las personas que transitan ó viven cerca de estos sitios.

Por lo anterior es indispensable realizar una evaluación de los principales factores antrópicos que detonan ó aceleran los movimientos en masa, con el fin de entrar a generar estrategias que le permitan a las partes interesadas realizar una administración eficiente del recurso suelo bajo un enfoque de gestión ambiental que permitan disminuir los riesgo, especialmente en aquellas zonas más susceptibles.

Este trabajo constituye un aporte metodológico para la identificación, evaluación, priorización de las variables y factores de riesgo de mayor incidencia en los procesos de movimientos en masa a partir del estudio de caso de la vía Bogotá – Villeta en el departamento de Cundinamarca y el establecimiento de medidas para la gestión de estos riesgos, con el fin de disminuir la vulnerabilidad de las comunidades.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Plantear una propuesta de gestión del riesgo generado por los procesos de movimientos en masa en la Vía Bogotá – Villeta, a partir de un estudio de caso en los kilómetros 57 y 72 de esta vía.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

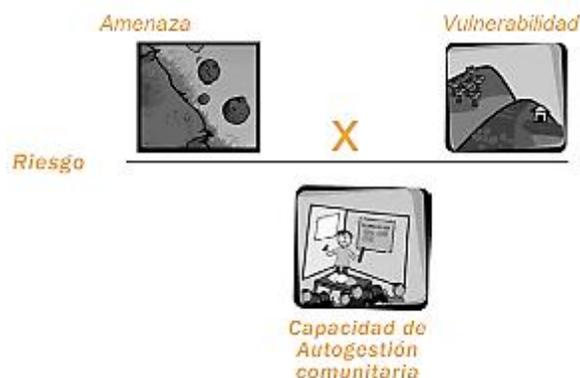
- Identificar y caracterizar las variables ambientales y antrópicas que permiten detonar o acelerar el movimiento en masa en algunos taludes de la vía Bogotá - Villeta
- Establecer una guía metodológica, para evaluar el riesgo generado por los movimientos en masa en la vía Bogotá - Villeta
- Diseñar un plan de gestión del riesgo generado por procesos de movimientos en masa, a partir del estudio de las variables ambientales y antrópicas que inciden en la vía Bogotá – Villeta.

## 4 MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se describen de manera general conceptos relacionados con el riesgo generado por movimientos en masa, con base en la revisión bibliográfica realizada con el objetivo de contextualizar el trabajo y presentar los componentes de la gestión del riesgo, así como los procesos naturales involucrados y los principales tipos de movimientos de masa.

### 4.1 AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO

Se refiere a un contexto caracterizado por la probabilidad de pérdidas y daños en el futuro, que van desde las físicas hasta las psicosociales y culturales. El riesgo constituye una posibilidad y una probabilidad de daños relacionados con la existencia de determinadas condiciones en la sociedad, o en el componente de la sociedad bajo consideración (individuos, familias, comunidades, ciudades, infraestructura productiva, vivienda etc.). El riesgo es en consecuencia una condición latente que capta una posibilidad de pérdidas hacia el futuro. Esa posibilidad está sujeta a análisis y medición en términos cualitativos y cuantitativos. <sup>1</sup>



**Ilustración 2. Ecuación Analisis del Riesgo**

Fuente: Gestión del Riesgo por Deslizamientos proyecto MARLAH II/GTZGuatemala El Salvador 2007.

La existencia de riesgo y sus características particulares, se explica por la presencia de determinados factores de peligro. Estos se clasifican en general, en factores de amenaza y factores de vulnerabilidad.

<sup>1</sup> LAVELL, Allan. Degradación Ambiental, Riesgo y Desastre Urbano: Problemas y Conceptos; Ciudades en Riesgo. La

Una “amenaza” refiere a la posibilidad de la ocurrencia de un evento físico que puede causar algún tipo de daño a la sociedad.<sup>2</sup>

La “vulnerabilidad” se refiere a una serie de características diferenciadas de la sociedad, o subconjuntos de la misma, que le predisponen a sufrir daños frente al impacto de un evento físico externo y que dificultan su posterior recuperación. Es sinónimo de debilidad o fragilidad y la antítesis de capacidad y fortaleza. La vulnerabilidad es en fin la propensión de una sociedad de sufrir daño o de ser dañada y de encontrar dificultades en recuperarse posteriormente.<sup>3</sup>

La variedad de amenazas que potencialmente enfrenta la sociedad es muy amplia y tiende a aumentar constantemente. Incluye las que son propias del mundo natural, como son las asociadas con la dinámica geológica, geomórfica, atmosférica y oceanográfica (por ejemplo, sismos, deslizamientos de tierra, huracanes y tsunamis), las que son de naturaleza seudo o socio-natural, producidas como resultado de la intersección o relación del mundo natural con las prácticas sociales, como son muchos casos de inundación, deslizamiento y sequía. En estas la deforestación, cambios en los patrones de uso del suelo u otros procesos sociales crean o amplían las condiciones de amenaza y las antropogénicas producto de la actividad humana como son los casos de explosiones, conflagraciones, derrames de materiales tóxicos, contaminación de aire, tierra y agua por productos industriales etc.<sup>4</sup>

Este rango de tipos genéricos de amenaza, que se amplía notoriamente al llegar a los distintos y múltiples tipos específicos, se complica por posibles efectos de concatenación o sinergia que sirven para crear amenazas complejas. Así, por ejemplo la amenaza sísmica o la asociada con huracanes y tormentas tropicales pueden concatenarse y ser detonador potencial en un tiempo y espacio particular de la ruptura de presas, deslizamientos e inundaciones, conflagraciones y el derrame de sustancias peligrosas. A pesar de los orígenes diversos de los fenómenos físicos que se clasifican como amenazas, es importante destacar que toda amenaza es construida socialmente.<sup>5</sup>

La transformación de un potencial evento físico en una amenaza solamente es posible si un componente de la sociedad está sujeto a posibles daños o pérdidas. De lo contrario, un potencial evento físico, por grande que sea, no se constituye en una “amenaza” propiamente dicha, aunque con la introducción de distintas dinámicas sociales puede evolucionar para constituir una amenaza en el futuro.<sup>6</sup>

---

<sup>2</sup> Ibid.,p.15

<sup>3</sup> Ibid.,p.15

<sup>4</sup> Ibid.,p.15

<sup>5</sup> Ibid.,p.15

<sup>6</sup> Ibid.,p.15

#### 4.1.1 COMPONENTES DE LA GESTIÓN DEL RIESGO

ANÁLISIS DEL RIESGO – AdR: El análisis de riesgo es un instrumento fundamental de la Gestión del Riesgo y del manejo de los desastres, que sirve para implementar las medidas para la reducción de los riesgos y de los efectos de un posible desastre.<sup>7</sup>

El análisis de riesgo implica una evaluación de las amenazas y de la vulnerabilidad que deben entenderse como actividades inseparables.

Pasos para el análisis de la amenaza:

1. Identificar el tipo de amenaza y su ubicación
2. Especificar sus características principales:
  - a. Probabilidad de ocurrencia (que tan frecuente es), para lo cual se puede usar una escala sencilla: ALTA - MEDIA – BAJA.
  - b. Duración.
  - c. Intensidad y/o magnitud (para medir la intensidad en algunas ocasiones se necesita contar con equipo e instrumentos sofisticados, sin embargo pueden usarse métodos sencillos en el nivel local que permitan una aproximación sobre la intensidad de una amenaza, por ejemplo las marcas de nivel en los ríos utilizando las piedras o las bases de los puentes).
  - d. Cuantificar la amenaza y darle un valor (puede ser de 1 a 3, considerando las escalas ALTO-MEDIA-BAJA).

El análisis de la vulnerabilidad:

Es el estudio sobre la capacidad de sistema o de un elemento expuesto (donde la persona es el centro de atención) para hacer enfrentar eludir o neutralizar los efectos de determinados eventos naturales o generados por los humanos.<sup>8</sup>

Comprende los siguientes pasos:

1. Identificación de las personas o elementos potencialmente vulnerables (viviendas, centros escolares, producción agrícola, el bosque, etc.)
2. Factores que influyen en la vulnerabilidad, fundamentalmente<sup>9</sup>:

---

<sup>7</sup> GTZ. Guía para la gestión local de riesgo por Deslizamientos. 2 ed. El Salvador, Guatemala: Proyecto Sistema de Monitoreo de Deslizamientos SIMDE/GTZ, 2007

<sup>8</sup> Ibid., p. 17.

- a. Exposición y fragilidad (por ejemplo la ubicación, forma y calidad de la construcción de las viviendas en las comunidades). Su unidad de medida puede ser también ALTO – MEDIO – BAJO.
  - b. Resiliencia, capacidad para recuperarse, adaptarse o asimilar los efectos de un posible evento que se convierta en desastre. Su unidad de medida puede ser también ALTO – MEDIO – BAJO.
3. Cuantificar la vulnerabilidad y darle un valor (se puede utilizar la misma escala de 1 a 3 en el rango de ALTO – MEDIO – BAJO, para lo cual se obtiene un promedio de los valores de exposición, fragilidad y resiliencia)<sup>10</sup>

Productos del análisis de riesgo:

- Mapas de amenazas y de riesgo.
- Gráficas de intensidad y duración de eventos climáticos.
- Caracterización de subcuencas.
- Otros.

Una síntesis importante de la finalidad del análisis de riesgo y su importancia es que:

- Identifica y analiza de manera participativa las posibles amenazas y vulnerabilidades de las personas frente a diferentes eventos naturales o generados por los humanos.
- Elabora y coordina con la población recomendaciones realistas para reducir las situaciones de riesgo.
- Hace posible la coordinación entre los diferentes actores involucrados en su análisis.

#### **4.1.2 PROCESOS GEOLÓGICOS**

Los procesos geológicos son los que durante la historia del planeta generaron las rocas, el relieve y el paisaje, fueron los que construyeron la escenografía sobre la cual se desarrolla nuestra civilización.<sup>11</sup> Por otra parte en la historia de la humanidad, las grandes inundaciones presentadas también vinculadas con las condiciones naturales del planeta

---

<sup>9</sup> Ibid., p. 17.

<sup>10</sup> Ibid., p. 17.

<sup>11</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades andinas. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Publicación Geológica Multinacional No 4. 2007.

generaron no sólo desastres, sino que han sido responsables de la formación de las planicies fértiles sobre las que se desarrollan las principales actividades agropecuarias.

Estos procesos ocurrieron desde la formación de la Tierra y siguen actuando en nuestros días. Lo que varía a través del tiempo es la recurrencia y la intensidad de cada uno de esos procesos. Hubo momentos en los que existieron grandes áreas en la Tierra donde era imposible concebir vida porque estaba cubierta por ríos de lava y en el aire había concentraciones tóxicas de elementos y compuestos químicos naturales; otros en los que se producían terremotos y ascendían grandes masas de rocas, finalmente hubo épocas en las cuales los mares invadían grandes superficies de actuales continentes. Los procesos se pueden generar en el interior de la tierra (endógenos), como los sismos y los volcanes o sobre la superficie (exógeno), como los movimientos de masas de roca, suelo, nieve y las inundaciones o la erosión.

Los procesos endógenos están asociados a los bordes de placas tectónicas y fallas activas. Son sectores en los que los movimientos constantes de la Tierra liberan gran cantidad de energía que se traduce en movimientos (sismos y tsunamis) o calor (volcanes) y son bien conocidos por los habitantes de las áreas afectadas.

Los procesos exógenos como la erosión, las inundaciones y los movimientos en masa, están condicionados por la presencia de determinados tipos de rocas o suelos, formas de relieves, pendientes, alturas, entre otros y están desencadenados a su vez, por otros procesos geológicos como lo sismos o procesos climáticos (por ejemplo lluvias torrenciales) o la actividad del hombre.<sup>12</sup>

El ambiente es un sistema en el cual se hallan inmersos elementos que interactúan constantemente entre sí por lo que es altamente sensible a las intervenciones que se le realicen a sus recursos esenciales (agua, aire, suelo, vegetación y fauna) generando sucesos negativos como lo son los deslizamientos y derrumbes de tierra.<sup>13</sup>

Los deslizamientos de tierra son uno de los procesos geológicos más destructivos que afectan a los humanos, causando miles de muertes y daños en las propiedades por valor de decenas de billones de dólares cada año.<sup>14</sup>

Los deslizamientos producen cambios en la morfología del terreno, diversos daños ambientales, daños en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, bloqueo de ríos, etc. (Ilustración 3)<sup>15</sup>

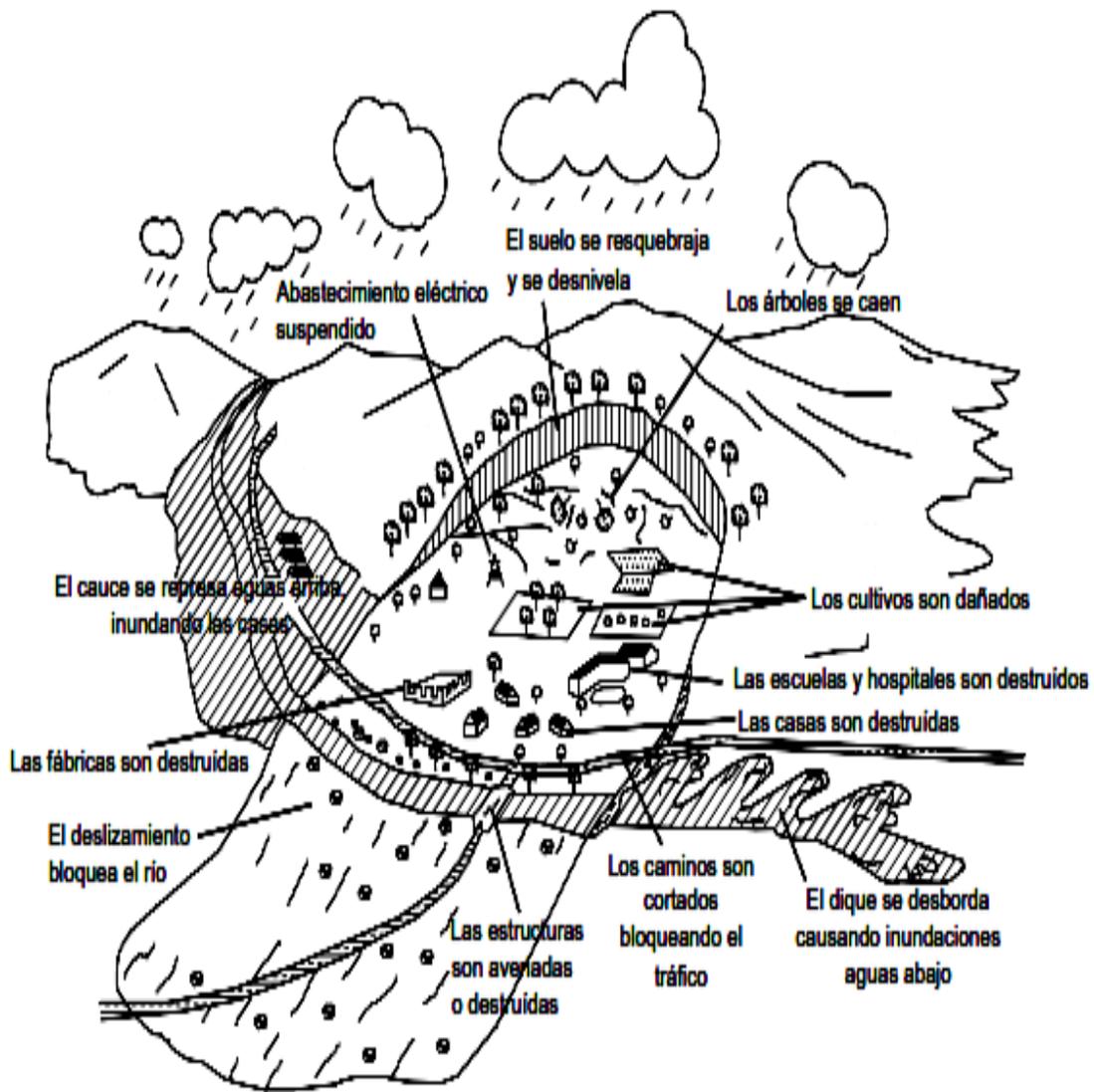
---

<sup>12</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA , Op.cit.,p.19

<sup>13</sup> SUAREZ, Jaime. Deslizamientos: Técnicas de Remediación, Colombia. 2010

<sup>14</sup> SUAREZ, Op. cit., p.19.

<sup>15</sup> BRABB,E., HRROD B,L. Landslides: Extent and economic significance: Proc., 28th International Geological Congress: Symposium on landslides, A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 1989. p.385



**Ilustración 3. Efectos directos e indirectos derivados de la ocurrencia de los deslizamientos de tierra**

Fuente: Varner, 1978



**Ilustración 4. Áreas donde frecuentemente ocurren deslizamientos en Colombia.**

Fuente: Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas; Conozcamos los peligros geológicos en la región Andina. 2007

Se puede observar que las amenazas coinciden con las principales cadenas montañosas. Aunque en todos los sistemas de montañas ocurren deslizamientos de tierra, algunas regiones son más susceptibles a las amenazas por movimientos del terreno. Las zonas montañosas tropicales son muy propensas a sufrir problemas de deslizamientos de tierra,

debido a que generalmente se reúnen cuatro de los elementos más importantes para su ocurrencia tales como el relieve, la sismicidad, la meteorización y las lluvias intensas.<sup>16</sup>

#### **4.1.2.1 Movimientos en masa**

Un movimiento en masa es un proceso geológico por el cual un determinado volumen de roca, suelo o ambos, se moviliza lenta o rápidamente debido a la acción de la gravedad. A este proceso se le llaman también remoción en masa, movimientos sobre laderas o movimientos de pendiente. Otros términos como deslizamientos, aluviones, avalanchas y desprendimientos que se utilizan de manera genérica, caracterizan también movimientos específicos.<sup>17</sup>

Los movimientos en masa son procesos esencialmente gravitatorios, por los cuales una parte de la masa del terreno se desplaza a una cota inferior de la original sin que medie ostensiblemente medio de transporte alguno, siendo tan solo necesario que las fuerzas estabilizadoras sean superadas por las desestabilizadoras.<sup>18</sup>

##### **4.1.2.1.1 Clasificación y tipología.**

Los movimientos en masa se generan en distintos tipos de rocas y suelo y bajo diferentes condiciones. Estas últimas hacen que la rotura del material, la forma y velocidad sean diferentes en cada caso. Existen muchas clasificaciones que utilizan distintos parámetros como el tipo de material (roca, suelo), la velocidad (lenta, rápida), el contenido de agua, el mecanismo de rotura, entre otros.<sup>19</sup>

Los tipos elementales de movimientos en masa son: las caídas, los vuelcos, los deslizamientos, los flujos, las expansiones laterales, las deformaciones gravitacionales profundas y reptaciones. Estos diferentes tipos de movimientos a su vez presentan subtipos como flujos de barro o caídas de rocas.

Además de su denominación según se les clasifiquen, los diferentes tipos de movimientos son descritos también de acuerdo con su geometría, velocidad y actividad. Existen movimientos extremadamente rápidos (más de 5 m por segundo), hasta extremadamente lentos (menos de 16mm por año)

---

<sup>16</sup> SUAREZ, Op.cit.,p.19

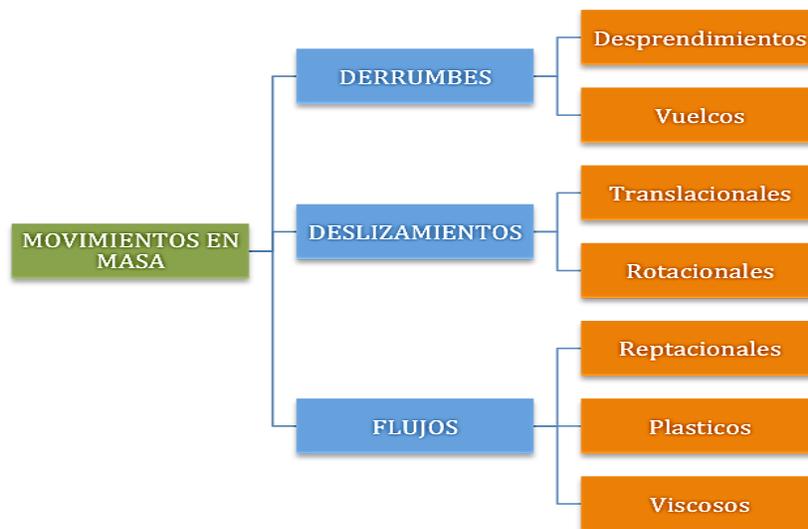
<sup>17</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op. cit., p.19.

<sup>18</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op. cit., p.19.

<sup>19</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op. cit., p.19.

La actividad se describe según el estado de actividad (asociado a la temporalidad – activo, inactivo, etc.), la distribución de la actividad donde se está moviendo retrogresivo, creciente, etc.) y el estilo de actividad (cómo diferentes movimientos contribuyen al movimiento total – múltiple, sucesivo, etc.).<sup>20</sup>

Tragsa-Tragsatec (1998) propone una clasificación acorde con la problemática de restauraciones hidrológico-forestales y de las ordenaciones hidro-agrológicas; en ella se identifican tres tipos de movimientos: derrumbes, deslizamientos y flujos los cuales a su vez agrupan genéricamente otros que responden en forma similar al principio de clasificación inicialmente planteado.<sup>21</sup>



**Grafica 1. Clasificación de los movimientos en masa**

Fuente: UNALMED; Libro 1 y 2 Erosión; 2011

En el caso de los dos primeros tipos de movimientos -derrumbes y deslizamientos siempre se tienen superficies de rotura, sin presentar la masa desplazada deformación interna, hablándose de movimientos por bloques individualizados rígidos. A diferencia de los anteriores, los flujos se caracterizan en términos generales por movilizar un material plástico el cual presenta deformación interna, no dándose siempre superficies de rotura en forma manifiesta. A continuación se hace una breve descripción de las diferentes categorías de movimiento propuestas.

<sup>20</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op.cit., p.19.

<sup>21</sup> TRAGSA, Tragsatec. Restauración hidrológico-forestal de cuencas y control de la erosión. Mundiprensa. Madrid. 1998. Citado por: UNALMED. Erosión Libro 1 y 2. Medellín Colombia. 2011.

- **DERRUMBES:** Se caracterizan por presentar discontinuidades subverticales bien desarrolladas -estratificación, esquistosidad, fracturación y darse a velocidades altas; pueden ser de dos tipos: desprendimientos y vuelcos.<sup>22</sup>
  - Desprendimientos: trayectoria aérea vertical por descalce basal y con giro hacia el exterior; se conocen también como caídas. Varnes (1978) los describe como caídas de masas de cualquier tamaño, provenientes de una pendiente muy escarpada o acantilado, a lo largo de una superficie sobre la cual poco o ningún desplazamiento cortante se lleva a cabo y desciende principalmente a través del aire por caída libre, rebotando o rodando, siendo su velocidad de rápida a muy rápida.
  - Vuelcos: se presentan por descalce lateral; Varnes (1978) los define como movimientos debidos a fuerzas que producen un momento tensor alrededor de un punto de pivote, que se encuentra por debajo del centro de gravedad de la unidad; por la acción de la gravedad y fuerzas ejercidas por unidades adyacentes; o por fluidos en grietas. Este movimiento puede o no culminar en caída o deslizamiento, dependiendo ello de la geometría de la masa en la falla y de la orientación y extensión de las discontinuidades.
- **DESLIZAMIENTOS.** Se tienen velocidades de lentas a rápidas; la masa desplazada siempre mantiene contacto con la superficie del terreno. Pueden ser de tipo rotacional y translacional, así:<sup>23</sup>
  - Rotacionales: se dan a lo largo de una superficie de rotura aproximadamente circular y cóncava, inexistente antes del desplazamiento. Ocurren principalmente en rocas blandas y suelos profundos, caso de suelos sedimentarios.
  - Translacionales: se dan a lo largo de superficies de rotura planas o suavemente onduladas; se generan a favor de superficies preexistentes, al menos potencialmente. Si la superficie de rotura está constituida por la intersección de dos o más planos, se habla de un deslizamiento translacional de tipo cuña, en tanto que si éste es formado por un sólo plano, se tiene un deslizamiento translacional de tipo planar.
- **FLUJOS.** Se componen de rocas, tierra y agua bien mezcladas que fluyen pendiente abajo en la ladera; los flujos típicos se originan en un pequeño cañón o quebrada de paredes abruptas, donde las laderas y el suelo se hallan cubiertos por material

---

<sup>22</sup> VARNES, D.J., Slope Movement: Types and Proceses. In Scuster & Krizek, 1978: Landslides: Analysis and Control. Special report 176. Transportation Research Board, Comisión on Sociotechnical Systems, National Research Council. National Academy of Sciences, Washungton D.C. 1978. p. 234. Citado por: UNALMED. Erosión Libro 1 y 2. Medellín, Colombia. 2011.

<sup>23</sup> Ibid., p. 24.

inestable sin consolidar. Existen tres tipos de flujos (Tragsa-Tragsatec, 1998): reptaciones, flujos plásticos y flujos viscosos, así:<sup>24</sup>

- Reptaciones: flujos lentos a muy lentos, sin superficie de rotura nítida y sin una deformación interna acusada.
- Flujos plásticos: el material acusa intensa deformación interna, sin alcanzar a producirse roturas dentro de la masa desplazada, aunque la superficie de deslizamiento es de rotura; alcanzan velocidades de lentas a moderadas.
- Flujos viscosos: son movimientos de tierra en los cuales el material desplazado se encuentra sobresaturado y totalmente deformado; se desplaza con el agua a grandes velocidades.

Para cada tipo de movimiento en masa se describe el rango de velocidades, parámetro importante que se relaciona con la intensidad de aquellos y la amenaza que pueden significar. Se menciona la relación del intervalo de velocidades típicas con la escala de velocidades propuesta por Cruden y Varnes (1996), la cual se presenta en la Tabla 1.<sup>25</sup>

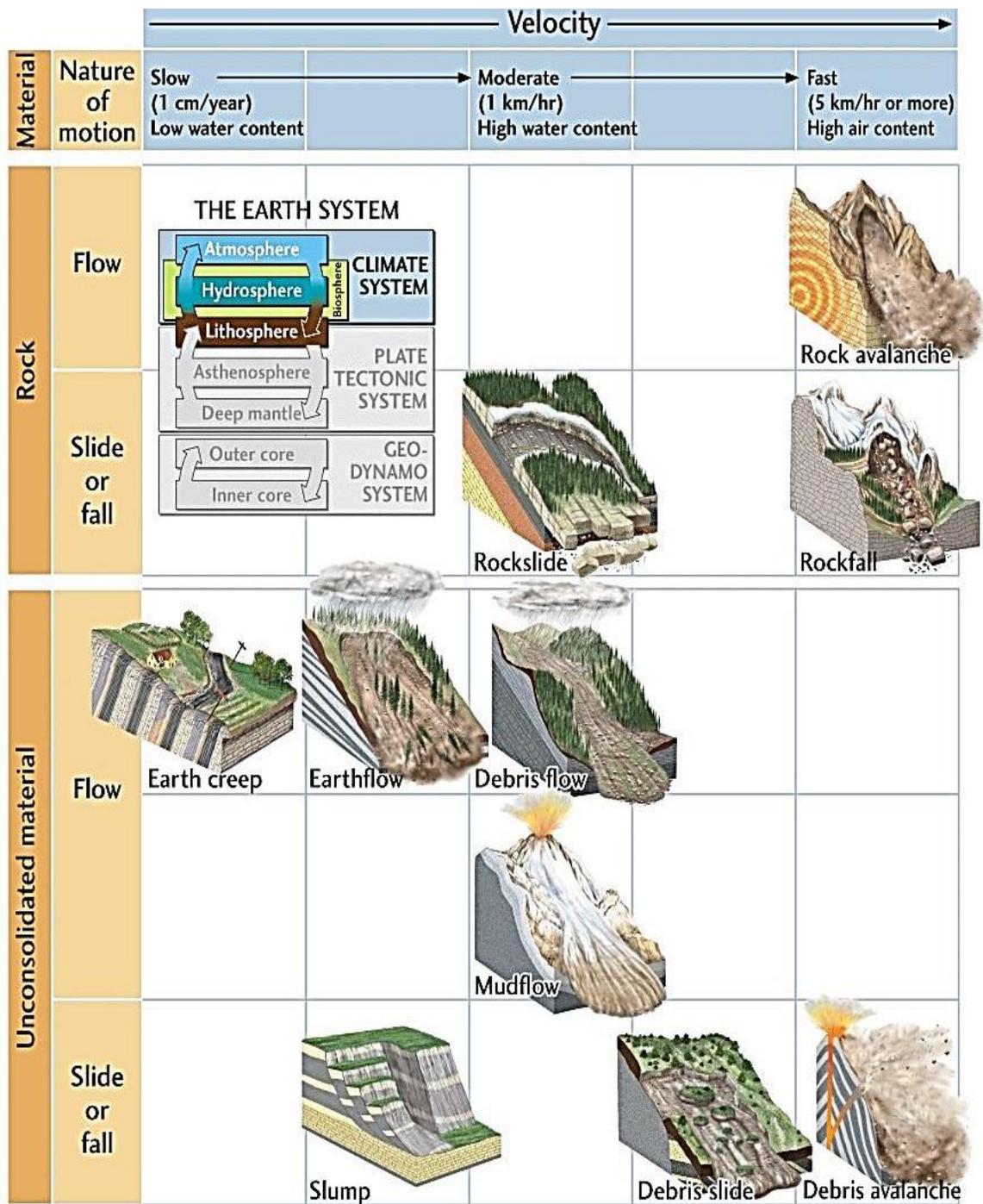
**Tabla 1. Escala de velocidades según Cruden y Varnes (1996)**

<i>Clases de velocidad</i>	<i>Descripción</i>	<i>Velocidad (mm/s)</i>	<i>Velocidad típica</i>
7	Extremadamente rápido	$5 \times 10^3$	5 m/s
6	Muy rápido	$5 \times 10^1$	3 m/min
5	Rápido	$5 \times 10^{-1}$	1,8 m/h
4	Moderada	$5 \times 10^{-3}$	13 m/mes
3	Lenta	$5 \times 10^{-5}$	1,6 m/año
2	Muy Lenta	$5 \times 10^{-7}$	16 mm/año
1	Extremadamente Lenta		

Fuente: Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas; Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. 2007.

<sup>24</sup> TRAGSA, Op.cit., p. 23.

<sup>25</sup> CRUDEN, D.M., VARNES, D. J. "Landslide Types and Processes". Landslides: Investigation and Mitigation. Special Report 247, National Academy Press, Washington D. C. 1996. Citado por SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades andinas. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Publicación Geológica Multinacional No 4. 2007.



**Ilustración 5. Movimientos de Masa: Clasificación de acuerdo con el material, agua, aire y velocidad del movimiento**

Fuente: Varnes, 1983.

#### 4.1.2.1.2 Por qué se generan

Todos los elementos de la naturaleza buscan estar en equilibrio. Un acantilado o una ladera de montaña no se mueven mientras las fuerzas que actúan sobre la masa estén en equilibrio; pero, si alguna de ellas aumenta o disminuye se desestabiliza y se mueve.<sup>26</sup>

*Estado de Actividad:* Descripción asociada al tiempo en que se moviliza. De acuerdo con ello, los movimientos en masa se clasifican como activos, reactivos, suspendidos e inactivos.

Para que esto suceda, existen causas internas (factores condicionantes) y causas externas (factores desencadenantes).<sup>27</sup>

Dentro de los factores condicionantes incluimos entre otros, la estructura geológica (fallas, pliegues, etc.), litología (composición de las rocas, propiedades físicas, resistencia y deformabilidad de los materiales y su comportamiento hidrogeológico), las formas y pendientes del relieve y las condiciones climáticas.

Los factores desencadenantes son en cambio procesos geológicos, como los sismos y la erosión, climáticos, como el aumento de las precipitaciones y la acción del hombre.<sup>28</sup>

#### 4.1.2.1.3 Talud

Un “talud” o ladera es una masa de tierra que no es plana sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. En la literatura técnica se define como “ladera” cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y “talud” cuando se conformó artificialmente (Ilustración 5).<sup>29</sup>

Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. Se pueden presentar combinaciones de los diversos tipos de taludes y laderas. Las laderas o taludes que han permanecido estables por muchos años, pueden fallar debido a cambios topográficos, sísmicos, a los flujos de agua subterránea, a los cambios en la resistencia del suelo, la meteorización o a factores de tipo antrópico o natural que modifiquen su estado natural de estabilidad. Un talud estable puede convertirse en un “deslizamiento”.

Existen algunos términos para definir las partes de un talud. El talud comprende una parte alta o superior convexa con una cabeza, cima, cresta o escarpe, donde se presentan

---

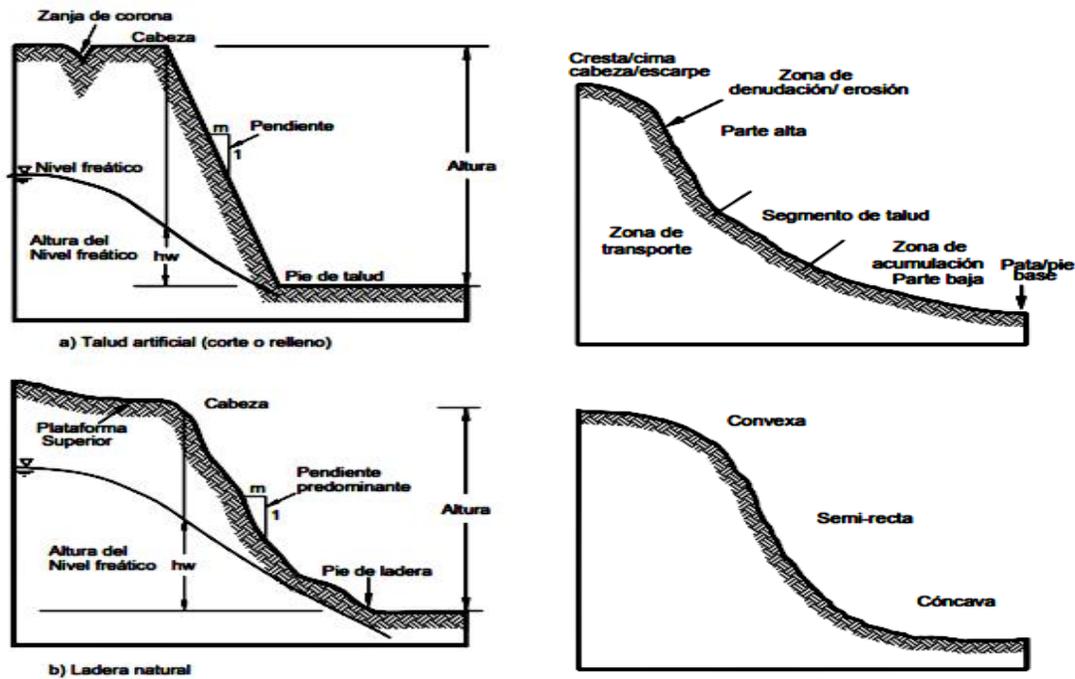
<sup>26</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op.cit., p. 19.

<sup>27</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op.cit., p. 19.

<sup>28</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op.cit., p. 19.

<sup>29</sup> SUAREZ, Op.cit., p.19.

procesos de denudación o erosión; una parte intermedia semi-recta y una parte baja o inferior cóncava con un pie, pata o base, en la cual ocurren principalmente procesos de depósito (Ilustración 6).<sup>30</sup>



**Ilustración 6. Parte derecha: Nomenclatura de Taludes y laderas  
Parte Izquierda: Parte generales de un talud o ladera**

Fuente: SUAREZ, Jaime. Deslizamientos: Técnicas de Remediación, Colombia. 2010.

En un talud o ladera se definen los siguientes elementos constitutivos:

- **Pie, pata o base**

El pie corresponde al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte inferior del talud o ladera. La forma del pie de una ladera es generalmente cóncava.<sup>31</sup>

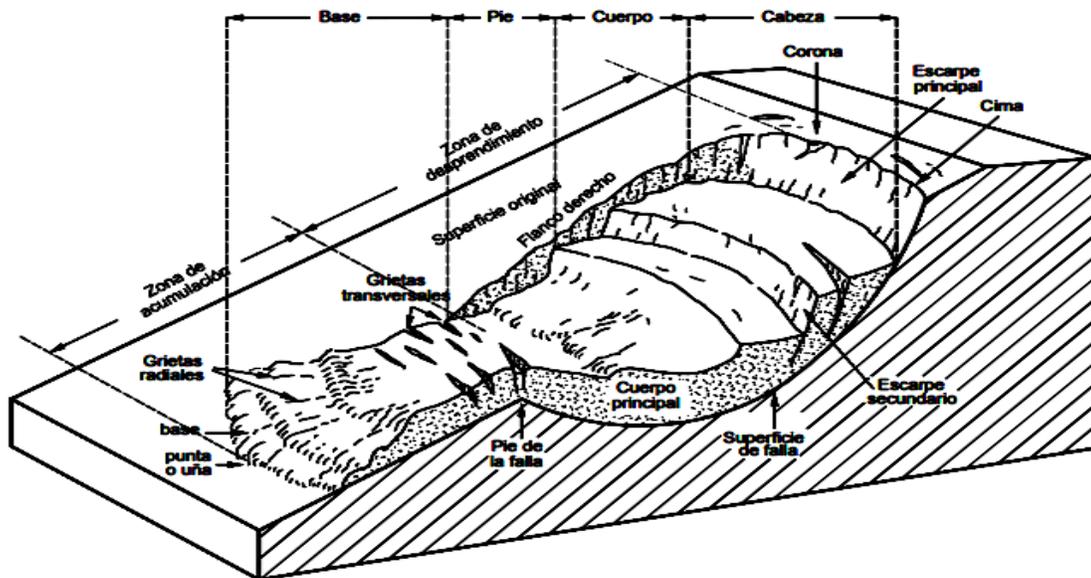
- **Cabeza, cresta, cima o escarpe**

Cabeza se refiere al sitio de cambio brusco de la pendiente en la parte superior del talud o ladera. Cuando la pendiente de este punto hacia abajo es semi-vertical o de alta

<sup>30</sup> SUAREZ, Op.cit., p.19.

<sup>31</sup> SUAREZ, Op.cit., p.19.

pendiente, se le denomina “escarpe”. Los escarpes pueden coincidir con coronas de deslizamientos. La forma de la cabeza generalmente es convexa.



**Ilustración 7. Nomenclatura de las diferentes partes que conforman un deslizamiento**

Fuente: SUAREZ, Jaime. Deslizamientos: Técnicas de Remediación, Colombia. 2010.

- **Altura**

Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza, la cual se presenta claramente definida en taludes artificiales, pero es complicada de cuantificar en las laderas debido a que el pie y la cabeza generalmente no son accidentes topográficos bien marcados.

- **Altura de nivel freático**

Es la distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua (la presión en el agua es igual a la presión atmosférica). La altura del nivel freático se acostumbra medirla debajo de la cabeza del talud.

- **Pendiente**

Es la medida de la inclinación de la superficie del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m:1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo:  $45^\circ = 100\% = 1H:1V$ .

Los suelos o rocas más resistentes generalmente forman laderas de mayor pendiente y los materiales de baja resistencia o blandos, tienden a formar laderas de baja pendiente.

También existen otros factores topográficos en los taludes, los cuales se requiere definir, tales como: longitud, convexidad (vertical), curvatura (horizontal) y área de la cuenca de drenaje, los cuales pueden tener influencia sobre el comportamiento geotécnico del talud.<sup>32</sup>

#### **4.1.2.1.4 Deslizamiento**

Los deslizamientos (“Landslides”) consisten en “movimientos de masas de roca, residuos o tierra, hacia abajo de un talud” (Cruden 1991). En el término “deslizamiento” se incluyen tanto los procesos de erosión como los procesos denudacionales. La naturaleza precisa del proceso no está incluida en la definición e incluye procesos que son producto de la acción de las fuerzas gravitacionales, hidráulicas, etc. En el presente texto no se utiliza la denominación “Fenómeno de remoción en masa” (Mass Wasting), por considerarlo poco universal. Sin embargo, en Colombia, este término es utilizado regularmente. Algunos países utilizan otros nombres autóctonos como “deslaves”.<sup>33</sup>

Los movimientos ocurren generalmente a lo largo de las superficies de falla, por caída libre, movimientos en masa, erosión o flujos. Algunos segmentos del talud o ladera, pueden moverse hacia abajo mientras otros se mueven hacia arriba. Los fenómenos de inestabilidad incluyen, generalmente, una combinación de procesos erosionales y denudacionales interrelacionados entre sí y a menudo mezclados.

Por ejemplo, la erosión en ríos es un fenómeno activador de movimientos en masa y los dos fenómenos actúan conjuntamente en el proceso de inestabilidad. Los procesos denudacionales pueden activar procesos erosionales y viceversa. Los procesos de erosión actúan generalmente sobre las capas más subsuperficiales del perfil y los denudacionales o de “remoción en masa” afectan el perfil a una profundidad considerable.

##### **4.1.2.1.4.1 Partes de un deslizamiento<sup>34</sup>**

En la Ilustración 7 se muestra un deslizamiento típico o desplazamiento en masa. Las partes principales son las siguientes:

---

<sup>32</sup> SUAREZ, Op.cit., p.19.

<sup>33</sup> CRUDEN, D.M. A simple Definition of a Landslide Bulletin of the International Association of Engineering Geology. No 43, 1991, p 27-29

<sup>34</sup> CRUDEN Op.cit., p.30.

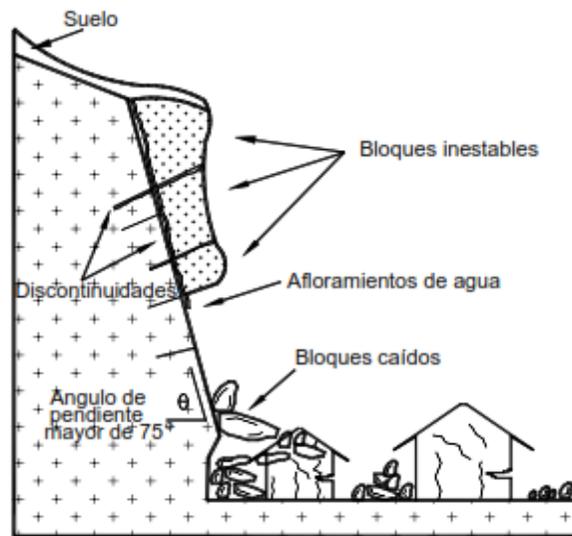
- **Cabeza.** Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.
- **Cima.** El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.
- **Corona.** El material que se encuentra en el sitio (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.
- **Escarpe principal.** Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.
- **Escarpe secundario.** Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve. En un deslizamiento pueden formarse varios escarpes secundarios.
- **Superficie de falla.** Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.
- **Pie de la superficie de falla.** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.
- **Base.** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.
- **Punta o uña.** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.
- **Cuerpo principal del deslizamiento.** El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.
- **Superficie original del terreno.** La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.
- **Costado o flanco.** Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo. Derecha e izquierda. Para describir un deslizamiento se recomienda utilizar la orientación geográfica (Norte, Sur, Este, Oeste); pero si se emplean las palabras derecha e izquierda, deben referirse al deslizamiento observado desde la corona hacia el pie.

#### 4.1.2.1.5 Procesos de desprendimiento de rocas

Este incluye un rango completo de movimientos rápidos tales como: saltos, brincos, rebotes, giros, caídas, etc. Todos estos movimientos pueden ocurrir en secuencias diferentes.<sup>35</sup>

Los desprendimientos de rocas pueden ser muy rápido a extremadamente rápidos y pueden o no, estar precedidos de movimientos menores que conduzcan a la separación progresiva o a la inclinación del bloque o masa de material. Comúnmente, ocurren sin evidencias previas de movimiento. Los factores que controlan el tipo preciso de movimiento, son la pendiente del talud, la morfología y la rugosidad de la superficie (incluyendo la cobertura vegetal).<sup>36</sup>

La observación muestra que los movimientos tienden a comportarse en caída libre cuando la pendiente superficial es mayor de  $75^\circ$  (Ilustración 8). En los taludes de ángulo menor, generalmente rebotan los materiales y en los taludes de menos de  $45^\circ$ , los materiales tienden a rodar (Ilustración 9)<sup>37</sup>



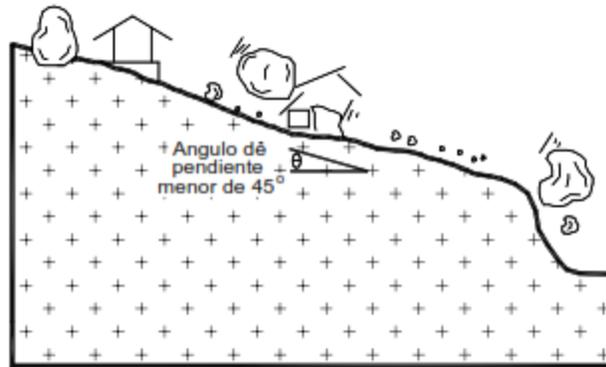
**Ilustración 8. Caídos de bloques en caída libre de roca fracturada**

Fuente: SUAREZ, Jaime. Deslizamientos: Técnicas de Remediación, Colombia. 2010

<sup>35</sup> SUAREZ, Op.cit., p.19.

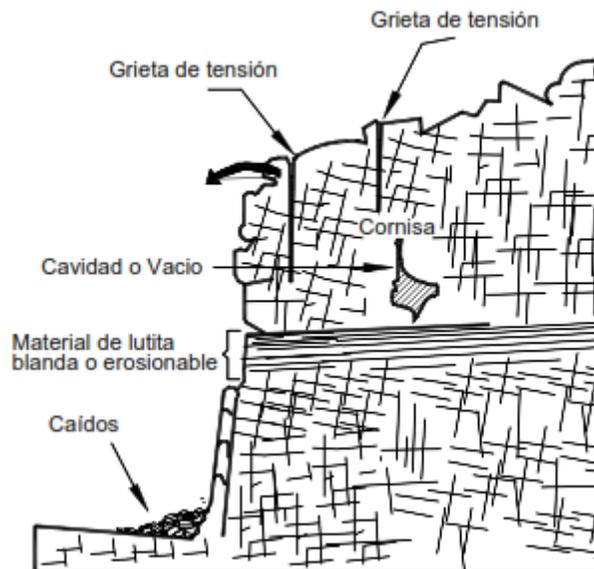
<sup>36</sup> SUAREZ, Op.cit., p.19.

<sup>37</sup> SUAREZ, Op.cit., p.19.



**Ilustración 9. Caídos de bloques rodando (Pendiente de menos de 45°)**

Fuente: SUAREZ, Jaime. Deslizamientos: Técnicas de Remediación, Colombia. 2010



**Ilustración 10. Algunos mecanismos de formación de caídos.**

Fuente: SUAREZ, Jaime. Deslizamientos: Técnicas de Remediación, Colombia. 2010.

#### 4.1.2.1.6 Mecanismos de formación de derrumbes

Wyllie y Norrish (1996), indican como causas de los caídos de roca en California, la lluvia, la roca fracturada, el viento, la escorrentía, la infiltración, las fracturas planares adversas, el movimiento de los animales, la erosión diferencial, las raíces de los árboles, los nacimientos de agua, la descomposición del suelo, los sismos, los cortes de las vías, la explotación de materiales, el uso de explosivos, las vibraciones de la maquinaria y los vehículos y las diversas actividades antrópicas. Los eventos sísmicos activan, con mucha frecuencia, caídos tanto de roca como de suelo y residuos (Ilustración 10).<sup>38</sup>

Previamente a la ocurrencia de un caído, se presenta un proceso de deterioro que puede durar varios años. Durante este período, los bloques o masas de talud sufren modificaciones que los hacen más susceptibles a los caídos. Finalmente, eventos como la lluvia o un sismo, activan los movimientos.<sup>39</sup>

#### 4.1.2.2 Características de la cordillera de los andes

La Cordillera de los Andes tiene características físicas particulares que la hacen susceptible a los movimientos en masa. En las áreas de ladera los movimientos ocurren por la combinación de una serie de factores tales como altas pendientes, el tipo, origen y calidad de los materiales presentes, el tipo de cobertura del suelo, el régimen de lluvias y en zonas urbanizadas el manejo incontrolado de aguas domiciliarias, generando todos los tipos elementales de movimientos. Las características más relevantes son:

##### a) *Relieve*

En la región andina hay grandes diferencias de altura y pendientes muy pronunciadas, como así también, superficies planas y altas (Altiplano/Puna).<sup>40</sup>

En el Altiplano/Puna los principales desniveles se vinculan con la presencia de volcanes, hay gran disponibilidad de material disgregado debido a la meteorización que provoca la rigurosidad del clima, las lluvias son muy escasas y se concentran en el verano. Los movimientos son excepcionales aunque se generan algunos flujos de detritos.<sup>41</sup>

##### b) Variedad litológica

En la región de los Andes se encuentran rocas de variadas edades, orígenes y características, muchas de las cuales están cubiertas por suelos producto de la

---

<sup>38</sup> WYLLIE, Duncan; NORRISH Norma. "Stabilization of rock slopes". Landslides investigation and mitigation. Special report 247. Transportation Research. 1996.

<sup>39</sup> SUAREZ, Op.cit., p.19.

<sup>40</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op.cit., p. 19.

<sup>41</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op.cit., p. 19.

meteorización de las rocas o depósitos de origen coluvial o aluvial. Por ejemplo se presentan granitos muy resistentes, pero que los procesos tectónicos han fracturado o que la meteorización han degradado tanto, que es un material muy susceptible a ser desestabilizado. En este ambiente se pueden generar caídas y deslizamientos entre otros. También existen rocas sedimentarias muy duras, pero los plegamientos han dispuesto sus bancos en una inclinación muy favorable para el deslizamiento o la deformación gravitacional profunda.<sup>42</sup>

Además, en las regiones áridas y semiáridas, existen grandes espesores de material suelto sobre las laderas y en el pie de las montañas, que como consecuencia de una lluvia torrencial pueden convertirse rápidamente en un flujo o lentamente en una reptación (sin lluvias). En los países localizados en la zona tórrida (Ecuador, Colombia y Venezuela), donde las condiciones climáticas predominantes producen grandes espesores de suelos residuales por procesos de meteorización (Proceso de desintegración física y química de los materiales sólidos en o cerca de la superficie de la tierra, bajo la acción de agentes atmosféricos), se generan deslizamientos rotacionales superficiales o profundos; mientras que en el contacto roca-suelo suele presentarse deslizamientos traslacionales. Estos movimientos en presencia de grandes cantidades de agua usualmente se transforman en flujos de tierra, de barro (lodo) o detritos.

#### c) Zonas climáticas diferentes

La gran extensión latitudinal del área cordillerana así como la diferencia de altitud, pone a esta región en condiciones muy variadas de clima. Sobre el mismo relieve tenemos climas desde tropicales a desérticos. Las precipitaciones varían entre menos de 15 mm por año en el Desierto de Atacama (Chile) a más de 13.300 mm por año en Lloro-Choco (Colombia).

Algo semejante ocurre con las temperaturas. Existen sitios con grandes amplitudes térmicas entre el día y la noche. En las áreas con mayores precipitaciones son más frecuentes los flujos y los deslizamientos; en las desérticas las reptaciones, caídas, vuelcos y deslizamientos.<sup>43</sup>

#### d) Área tectónicamente activa

La formación de los Andes estuvo ligada a grandes esfuerzos internos de la tierra. Estos esfuerzos generaron fallas, pliegues y deformación en general, lo que dejó a los estratos rocosos en posiciones a veces inestables; o bien los fracturó en pequeños bloques que a partir de un factor desencadenante (lluvias, sismos, etc.) pueden caer; o generar grietas que se rellenan de materiales más inestables o de agua que luego se congela (aumenta

---

<sup>42</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op.cit., p. 19.

<sup>43</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op.cit., p. 19.

su volumen y por ende el de las grietas que ocupa) favoreciendo la inestabilidad. Todos estos hechos facilitan las caídas, vuelcos y deslizamientos.<sup>44</sup>

Esta situación se observa en la actualidad, debido a que la zona se encuentra en una región tectónicamente activa y es afectada por sismos que pueden desencadenar movimientos en masa u otros efectos como la licuefacción.

#### e) Actividad del hombre

Tanto los asentamientos poblacionales como las actividades económicas provocan generalmente un desequilibrio.

Las poblaciones comúnmente se instalan al pie de las laderas, sobre los depósitos de flujos antiguos u otras áreas muy susceptibles a los movimientos en masa. Además, estos asentamientos aumentan los factores que desencadenan el movimiento como las modificaciones de las laderas (cortes para caminos o la instalación de viviendas), el aumento de la humedad (riego, pozos ciegos, etc.) y el peso que soporta el sustrato (construcciones).

Es muy frecuente el trazado de caminos o ferrocarriles a media ladera que deben cortar un talud, la localización de cañerías o el establecimiento de áreas para cultivo que aumentan la humedad del material y a veces favorecen la erosión. También la actividad minera y petrolera construye caminos y moviliza gran cantidad de roca y suelo.

Algunas de estas acciones generan principalmente, hundimientos, caídas, deslizamientos y flujos.

### **4.1.2.3 Importancia de las geociencias en el estudio, mitigación y prevención de los movimientos en masa**

Los movimientos en masa son procesos geológicos, por lo cual es imprescindible su estudio para poder entenderlos, mitigarlos o prevenirlos. Si no conocemos los motivos de su generación o por qué ocurren en un lugar y no en otro, es más difícil tomar una decisión a la hora de planificar obras o planes de contingencia. Es muy probable que se sobredimensione las obras o se omita alguna variable a tener en cuenta.<sup>45</sup>

Los estudios que se realizan a diferentes escalas y con distintos enfoques. Los trabajos de detalle se ocupan de un movimiento solo o de un grupo de movimientos en un valle o cordón montañoso.<sup>46</sup>

---

<sup>44</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op.cit., p. 19.

<sup>45</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op.cit., p. 19.

<sup>46</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op.cit., p. 19.

Los estudios regionales, en cambio, abarcan áreas de miles de km<sup>2</sup>, generan un conocimiento básico de las regiones involucradas y permiten orientar los estudios de detalle.<sup>47</sup>



**Fotografía 1. Km 57 Vía La Vega – Villeta**



**Fotografía 2. Km 72 Vía Bogotá- Villeta**

Fuente: Autores. 2011.

En las fotografías No 1 y 2 se puede observar los movimientos en de masas que se presentan en la vía Bogotá- Villeta, específicamente en los Kilómetros 57 y 72 donde por la temporada invernal ocurrida en noviembre de 2011; se presentaron caídas de volúmenes de tierra y roca, provocados por el mal manejo de taludes, que ocasionaron cierre en la vía y pérdidas económicas para el país.

#### **4.1.2.4 Factores básicos para la evaluación del terreno**

Conforme a lo indicado por Francisco Javier Ayala Caicedo y Francisco Javier Andreu Posse, del Instituto Geológico y Minero de España en su libro Manual de ingeniería de taludes los principales factores y rasgos que permiten evaluar las formas de relieve a partir de las cuales se pueden identificar deslizamientos, o zonas de posibles deslizamientos.<sup>48</sup>

Las formas de terreno o modelados que caracterizan el relieve de un determinado paisaje son consecuencia de:

<sup>47</sup> SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA, Op.cit., p. 19.

<sup>48</sup> AYALA CARCEDO, Javier y POSSE ANDREU, Francisco. Manual de ingeniería de taludes. España: Instituto Geológico y Minero de España, 2006.

- La litología y estructura inicial de los materiales.
- Los procesos que actúan para modificar estas características iniciales.
- El estado de evolución (juventud o madurez de las formas)

En la tabla 2. Factores Básicos a Considerar en la Evaluación del Terreno presenta los factores básicos a considerar en la evaluación del terreno con vistas al estudio de estabilidad; este estudio detallado de estos factores permite la identificación de zonas susceptibles al deslizamiento.<sup>49</sup>

La litología y estructura inicial de los materiales incluyen sus propiedades físicas y composición química, el modo de sedimentación, esfuerzos e historia tectónica sufrida, estructura y zonas de debilidad, etc. Todos estos factores ilustran el estado inicial del terreno y en definitiva, darán su susceptibilidad al deslizamiento. Los cambios que posteriormente afectarán a los materiales podrán acentuar o rebajar esta tendencia e incluso provocar el deslizamiento, pero en general los movimientos estarán condicionados por sus parámetros inherentes y por su estructura.<sup>50</sup>

Los procesos más importantes que afectan a la composición y estructura inicial de los materiales son los debidos a la meteorización y erosión producidas por acción de las aguas, hielo y viento y los relacionados con la geodinámica interna (vulcanismo, neotectónica, sismicidad, etc.).

Los factores ambientales juegan un papel fundamental en cuanto controlan los procesos de erosión y meteorización, así, en distintas regiones climáticas se pueden dar muy diferentes modelados para un mismo material geológico. La precipitación, como ha sido ampliamente demostrado, está íntimamente relacionada con los deslizamientos, al igual que los cambio bruscos en la vegetación o cobertura vegetal de una zona.

Conforme al estudio “Siembra en Mantas Orgánicas: Establecimiento de Nuevas Especies y Aplicaciones para La Restauración de Taludes” elaborado por Patricia Casal, Jorge Durán y Javier Montalvo licenciados de Biología, los resultados de este estudio sugieren que el carácter frugal de las gramíneas autóctonas es un atributo que asegura un establecimiento a medio plazo de una cobertura vegetal más efectiva en el control de la erosión que otras gramíneas de uso convencional; lo anterior permite corroborar que uno de los controles de erosión – deslizamientos es el establecimiento de la capa vegetal.<sup>51</sup>

---

<sup>49</sup> Ibid., p. 38.

<sup>50</sup> Ibid., p. 38.

<sup>51</sup> CASAL, Patricia; DURÁN, Jorge y MONTALVO, Javier. Aplicaciones para la restauración de taludes. Laboratorio de Ecología Aplicada, Departamento de Ecología y Biología Animal. Facultad de Ciencias, Universidad de Vigo (UVI). Pontevedra. 2009.

**Tabla 2. Transportation research Board, 1978**

<b>Factor</b>	<b>Elemento</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Geológico</b>	Morfología	Historia geomorfológica, estado de desarrollo.
	Composición	Litología, estratigrafía, productos de alteración.
	Estructura	Espaciado y características de fallas, juntas, foliaciones y superficies de estratificación.
<b>Medioambiental</b>	Clima e Hidrogeología	Precipitaciones, acciones de olas y corrientes, flujos subterráneo, orientación de talud, grado de humedad o desecación, acción del hielo.
	Catástrofes	Terremotos, erupciones volcánicas, huracanes, tifones y tsunamis, avalanchas, subsidencias
<b>Humano</b>	Actividad Humana	Construcciones, minería y canteras
<b>Temporal</b>	Común a todas las categorías y factores	

Fuente: Manual de Ingeniería de Taludes Publicaciones de Instituto Geológico y Minero de España.2006.

### **4.1.3 LEY 1523 DE 2012 SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO**

El gobierno nacional bajo la Ley 1523 de 2012 creó el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo como un sistema abierto, público, privado y comunitario; dirigido por el Presidente de la República y en las entidades territoriales por los respectivos gobernadores y alcaldes y para garantizar la ejecución de tres (3) procesos esenciales para el país:

- Proceso de conocimiento del riesgo
- Proceso de reducción del riesgo
- Proceso de manejo de desastres

La Ley en mención manifiesta “(...)La *gestión del riesgo es responsabilidad de todas las autoridades y de los habitantes del territorio colombiano. En cumplimiento de esta responsabilidad, las entidades públicas, privadas y comunitarias desarrollarán y ejecutarán los procesos de gestión del riesgo, entiéndase: conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres, en el marco de sus competencias, su ámbito de actuación y su jurisdicción, como componentes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres(...)*”.

Adopta dos comités para que Alcaldes y Gobernadores cuenten con la asesoría para planificar la implementación permanente del proceso de conocimiento del riesgo, que es el Comité Nacional para el Conocimiento integrado por: UNGRD, DNP, DANE, IGAC,

INGEOMINAS, IDEAM, DIMAR, ASOCAR, entre otros y las Comisiones Técnicas Asesoras de los comités los cuales podrán establecer comisiones técnicas asesoras permanentes o transitorias.

El COMITÉ NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO podrá suministrar toda la información para realizar el análisis de las amenazas existentes en la jurisdicción de estudio ya que entidades como UNGRD, IGAC, INGEOMINAS, IDEAM, ASOCAR, son quienes realizan estudios detallados al respecto.

Y el segundo COMITÉ NACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO, como instancia interinstitucional del sistema nacional que asesora y planifica la implementación permanentemente del proceso de reducción de desastres. Integrado por:

- Director UNGRD
- Director del DNP
- Director Ejecutivo del Consejo Colombiano de Seguridad.
- Director ASOCARS
- Presidente de la Federación Colombiana de municipios
- Representante FASECOLDA
- Representante de Universidades Públicas que tengan en sus programas de especialización, maestría y doctorados en manejo, administración y gestión del riesgo.
- Representante de Universidades Privadas que tengan en sus programas de especialización, maestría y doctorados en manejo, administración y gestión del riesgo.

## **4.2 MARCO NORMATIVO**

- Decreto Ley 2811 de 1974 Código de los Recursos Naturales Consagra el derecho a un ambiente sano al determinar que "la Ley regulará las acciones populares para la protección de los derechos e intereses colectivos, relacionados con el patrimonio, el espacio, la seguridad y la salubridad públicos, la moral administrativa, el ambiente (...)"

Artículo 1 El ambiente es patrimonio común. El estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.

Artículo 2 Viñeta 3 Regula la conducta humana, individual o colectiva y la actividad de la Administración Pública, respecto del ambiente y de los recursos naturales renovables y las relaciones que surgen del aprovechamiento y conservación de tales recursos y de ambiente.

Artículo 6 La ejecución de la política ambiental del código será función del Gobierno Nacional, que podrá delegarla en los gobiernos seccionales o en otras entidades públicas El uso de elementos y recursos naturales renovables debe hacerse conforme a los principios estipulados en el Artículo 9

Parte VII Del suelo agrícola y de los usos no agrícolas de la tierra.

- Decreto Reglamentario 2462 de 1989 Sobre explotación de materiales de construcción.
- Constitución Nacional 1991 Capítulo III del Título II NACIÓN Consagra lo referente a los derechos colectivos y del ambiente, específicamente en:

Artículo 79 Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80 El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados.

- Ley 99 de 1993 Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones

Artículo 3. Del Concepto de Desarrollo Sostenible. Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

- Ley 388 de 1997 Artículo 33 Ordenamiento territorial, que reglamenta los usos del suelo.
- Ley 685 de 2001. Por el cual se expide el Código de Minas y de dictan otras disposiciones.
- Decreto 1729 de 2002. Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del

Artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones. Derogado parcialmente por el Decreto 1640 de 2012.

- Decreto 1640 de 2012 Por el cual se reglamenta los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos y se dictan otras disposiciones.

### **Normatividad sobre la administración de riesgos y prevención de desastres**

- Ley 9 de 1979. Código Sanitario Nacional.
- Ley 9 de 1979 artículo 491: Atención en salud para personas afectadas por catástrofes.
- Decreto 3989 de 1982: Conformación de comités de emergencia en el ámbito nacional.
- Ley 46 de 1988: Sistema Nacional de Prevención y Atención de Emergencias.
- Ley 09 de 1989: Ley de Reforma urbana que define zonas de riesgo.
- Decreto 919 de 1989: Dirección Nacional para la Prevención y Atención de Desastres
- Directiva Presidencial 33 de 1989: Responsabilidades de los organismos y entidades descentralizadas del orden nacional del sector público, en el desarrollo y operación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres
- Ley 99 de 1993 artículos 1, 5, 7, 9 y 12: Crea el Ministerio del Medio Ambiente y la estructura del Sistema Nacional Ambiental. Directamente relacionados con prevención de desastres.
- Ley 115 de 1994 Artículo 5 Numeral 10: Ley general de educación, adquisición de conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente y prevención de desastres
- Decreto 1319 de 1994: Reglamenta la expedición de licencias de construcción, urbanización y parcelación. Cumplimiento de Ley 1400/84
- Decreto 1865 de 1994: Por el cual se regulan los planes regionales ambientales de las corporaciones autónomas regionales.
- Decreto 969 de 1995: Crea la Red nacional de reservas para el caso de desastres

- Decreto 879 de 1998, Artículo 11: Reglamentación de planes de ordenamiento territorial.
- Ley 1523 de 2012. Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo y se establece el Sistema Nacional de Gestión de riesgos de Desastres y se dictan otras disposiciones.

## 5 METODOLOGÍA

La metodología empleada para el desarrollo de esta investigación, se basó en la observación y recolección de información sobre el estado de los taludes de las áreas en las cuales se han presentado movimientos en masa, específicamente en el Km 57 La Vega y Km 72 Chorro Caiquero, de la vía Bogotá – Villeta, con el propósito de analizar las principales variables que aceleran los movimientos en masa en estos puntos.

Durante este análisis fue necesario asociar condiciones propias del proyecto de construcción de vías como son el mantenimiento y operación de esta, con las características físicas del área afectada y el entorno en el que se presentan movimientos en masa. Una vez determinadas estas condiciones se orientó la adquisición y compilación de datos a una caracterización de las variables ambientales y antrópicas, para posteriormente hacer una evaluación del riesgo y proponer medidas de acuerdo al resultado de la valoración, así como la información básica para que la población se capacite, procurando así su sensibilización en materia de participación y gestión.

### 5.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE RIESGO

El proceso se inicia con la definición de la situación de referencia, la identificación y descripción de las variables asociadas a los riesgos que pueden causar daños en las vías y consecuentemente en las personas, bienes y el medio ambiente. Para este caso se tomó como referencia dos (2) puntos de la vía, identificados como Km 57 La Vega y Km 72 Chorro Caiquero, para los cuales se realizó la descripción de las siguientes características:

- Geología:
  - Formación
  - Litología
  - Tectónica
  - Amenaza Natural
- Hidrología
- Clima
  - Temperatura
  - Precipitación
  - Humedad relativa

- Vientos
- Evaluación cobertura vegetal en el talud
  - Vegetación
  - Porte
  - Porcentaje de cobertura
- Uso de suelo
  - Uso actual del suelo
  - Conflictos de uso del suelo
  - Porcentaje de cobertura

Para realizar la caracterización de éstas variables se recolectó información de campo y se realizó un análisis preliminar cualitativo que se contrastó con información de fuentes secundarias.

## **5.2 METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DEL RIESGO**

Una vez fueron identificadas las variables y definidos los riesgos, se realizó una valoración de los mismos, de manera que se identificaron los riesgos significativos, a partir de los cuales se hizo la definición de las medidas que se plantearon en el Plan de Gestión. El método propuesto para el análisis del riesgo está basado en los escenarios de los posibles movimientos en masa asociados a cada riesgo y la aplicación de una matriz para la estimación de la gravedad y duración a partir del grado de amenaza y vulnerabilidad.

### **Grado de Amenaza - GA**

El grado de amenaza es el resultado de la suma del valor final de la probabilidad, más la frecuencia y la intensidad.

En esta etapa se procedió a realizar el registro de cada riesgo identificado y su valoración, para lo cual se definieron los criterios de probabilidad, frecuencia, intensidad, organización y localización. Para realizar la valoración la probabilidad está definida como la potencial frecuencia en que se puede presentar la amenaza. Se califica como remota, cuando la posibilidad de que ocurra el riesgo sea muy limitada en este caso se define como probabilidad baja y tiene como puntuación 2.5. La probabilidad es ocasional, cuando el riesgo se presenta pocas veces, se califica como media y se le da un valor de 5. Se

presenta una probabilidad moderada cuando el riesgo se presenta más de una vez, en este caso se considera alta y se le da una calificación de 7.5; en la circunstancia en que el riesgo ocurra con mucha frecuencia se da una calificación alta y una valoración de 10.

Para ponderar la frecuencia en que se generan los riesgos, esta se define por el número de veces que se puede repetir el evento cuando la amenaza se presenta. Se interpreta como remota cuando ocurre entre una (1) y tres (3) veces y de ser así al riesgo se le da una valoración de 2.5. Cuando el riesgo ocurre entre cuatro (4) y siete (7) veces, se otorga un valor de 5 y la frecuencia se presenta como ocasional. Se define como moderada cuando la frecuencia se da entre ocho (8) y diez (10) veces y se da una puntuación de 7.5. Se considera como frecuente cuando la amenaza se pueda repetir más de diez veces, a lo cual se da una valoración de 10.

El criterio de intensidad está definido por el grado de daño que genera la amenaza y es ponderado de la siguiente forma, se da una puntuación de 2.5 cuando la intensidad se encuentra entre el 10% y el 39%, cuando el grado de daño se encuentra entre el 40% y el 79% se da una valoración de 5 y se puntúa en 10.

### **Grado de vulnerabilidad - GV**

El grado de vulnerabilidad, es el resultado de la suma de la calificación de la organización, localización y los recursos para atención.

Para evaluar este grado se utilizan los criterios mencionados anteriormente. El criterio de organización se refiere a la estructura de los actores vinculados para cubrir el riesgo. La localización se entiende como la ubicación de los elementos de riesgo. En tanto que para el criterio de los equipos y maquinaria se evalúa la disponibilidad o apoyo logístico para atender la amenaza. Estos criterios se interpretan por un proceso de lógica intuitiva tomado como referencia el modelo de análisis de riesgos para desastres, realizado por Antonio Celso Ribeiro 2011, que consiste en un proceso que tiene en cuenta la habilidad y la experiencia del equipo que está realizando el estudio.<sup>52</sup>

Estos tres parámetros fueron interpretados en la matriz como bueno, medio y bajo, cuya calificación corresponde a 2.5, 5 y 10 respectivamente.

### **Grado de Gravedad (Afectación)- GG**

Este criterio, se refiere al grado de daño que ocasiona el riesgo una vez este se ha presentado. Para ponderarlo se establecieron cuatro categorías, insignificante, marginal, crítica y catastrófica. Se califica como insignificante, cuando el daño causado sobre el medio es imperceptible o mínimo al cual se le da un valor de 2.5; en el caso de que los daños causados por el medio sean leves, se otorga un valor de 5, el cual es considerado como marginal. Se considera un valor crítico, cuando los daños causados por el medio

---

<sup>52</sup> RIBEIRO, Antonio Celso. Modelo de análisis de riesgos para desastres. 2011.

son mayores al 50%, a este se le da un valor de 7.5 y en el escenario en el que los daños sobre el medio son irreversibles, esta situación se considera catastrófica y se califica con 10.

### **Grado de Duración GD**

La duración hace referencia al tiempo durante el cual los elementos en riesgo están expuestos a dicho riesgo. Para valorar este parámetro se consideran cuatro condiciones, instantánea, corta larga y permanente. Se califica como instantánea cuando el riesgo dura un periodo muy corto en el tiempo, a esta condición se le da un valor de 2.5 que corresponde a insignificante. Cuando el riesgo tiene una duración media, la valoración corresponde a marginal con una puntuación de 5. A los riesgos que tienen una duración prolongada se les da una calificación de 7.5 y se califican como críticos. En circunstancias en que el riesgo es continuo y su duración es indefinida, este se califica como catastrófico con una puntuación de 10.

### **Calificación del Riesgo - R**

Una vez calificados los anteriores criterios en la matriz, es posible hacer una valoración final del riesgo así:

$$R = GA + GV + GG + GD$$

Al finalizar se obtienen valores entre diez (10) y ochenta (80), que se interpretan de la siguiente forma:

- Aceptable: riesgo valorado entre 10 – 29
- Tolerable: riesgo entre 30 – 59
- Inaceptable: riesgo entre 60 – 80

Posteriormente a esta calificación se establecen medidas, según el riesgo sea Aceptable, para lo cual en el Plan de Gestión del Riesgo se establecen medidas de prevención. En el caso de riesgo sea tolerable se establecen medidas de control y en el caso de que el riesgo sea inaceptable se establecerán medidas de mitigación.

## **5.3 HIPÓTESIS**

La falta de conocimientos básicos por parte de la comunidad y entidades municipales sobre la gestión del riesgo generado por los movimientos en masa, hacen que toda la población sea más vulnerable a este tipo de eventos.

Los constantes movimientos en masa presentados en vías se deben a la mala administración del uso del suelo, en la cual se observa por parte de todos los actores involucrados prácticas impropias como: cortes inadecuados del terreno, mal manejo de cuerpos de agua-cuencas, riegos constantes de suelos, conflicto de uso del suelo, entre otras prácticas que permiten el aumento en el riesgo de deslizamiento en terrenos cercanos a las vías, generando pérdidas humanas, de suelo, flora, fauna entre otros.

El contar con una guía o metodológica sencilla de evaluación del riesgo, así como con un plan de gestión del riesgo generados por deslizamientos le permitirá a todos los sectores estar capacitados y preparados para atender dichas emergencias.

## 5.4 VARIABLES

- **Riesgo:** está definido por

Amenaza: Probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales extremos.

Vulnerabilidad: Es el daño de un desastre puede causar en la población o sistema ambiental. A esto se suma la insuficiencia o falta de capacidad para protegerse ante los efectos de desastre.

Tipos de roca: formación de las rocas presentes en el área de estudio.

Litología: Composición de las rocas, características físicas y químicas.

Tectónica: presencia de fallas, plegamiento y/o fracturamiento de rocas

- **Hidrología:**

Cuerpos de agua presentes (superficial y/o subterráneo),

Manejo de la Cuenca Hidrográfica.

- **Clima:**

Temperatura: media, máxima

Precipitación: Distribución temporal – épocas y cantidades

- **Talud:** Tipo (Natural ó Antrópico y Pendiente-corte del terreno)

Cobertura vegetal: se entrara a verificar si se presenta cobertura vegetal y el tipo de cobertura vegetal existente.

- **Edafología:**

Tipo de uso.

Presenta conflicto de uso del suelo, se presentan prácticas inadecuadas de uso del suelo, cuenta con riego permanente la zona cercana al área de estudio.

## **5.5 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

El proceso de revisión bibliográfica tuvo en cuenta el registro de datos de diferentes fuentes tal como está descrito a continuación:

### **5.5.1 FUENTES PRIMARIAS**

Las fuentes primarias corresponden a visitas que se realizarán a los puntos en los cuales se han presentado derrumbes y deslizamientos del suelo en el periodo comprendido entre julio y diciembre de 2011 en la vía Bogotá -Villeta con el fin de recopilar información para posterior a ello entrar a analizar.

### **5.5.2 FUENTES SECUNDARIAS**

Las fuentes secundarias corresponden a la información documental que se estará consultando por parte bibliográfica, internet, artículos correspondientes al tema y a estudios similares que se hayan realizado al respecto.

## **5.6 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Se generó un formato en el cual se tomaron los datos de campo junto con sus respectivas fotos, en cada punto donde se registraron deslizamientos y derrumbes con el fin de capturar la información de cada punto; previo a ello se consultó la información del Sistema de información de Gestión de suelos IGAC para estos puntos; por último se analizaron los resultados obtenidos y se contrastó con la información obtenida de las fuentes secundarias.

Se tomaron fotografías y se recopiló información respecto a las variables a estudiar de los terrenos-suelos que han presentado deslizamientos y derrumbes con el fin de detectar los factores acelerantes del riesgo de inestabilidades en vías.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 DIAGNÓSTICO

Luego de recopilar ordenar e interpretar la información de los procesos de movimientos en masa presentados en los Kilómetros 57 y 72 de la Vía Bogotá –Villeta (Ver Ilustración No. 11), como resultados tenemos:

#### 6.1.1 DIMENSIÓN AMBIENTAL

Corresponde al grupo de elementos bióticos y abióticos (recursos naturales y ambiente) que interactúan entre sí para conformar una unidad de paisaje y constituyen el soporte material del territorio.

El sitio de análisis del estudio fue la vía ubicada entre el municipio de la Vega y Villeta del Departamento de Cundinamarca; debido a que en esta zona se presentaron movimientos en masa en el segundo semestre del 2011. Esta zona presenta alturas que van desde los 1200 m.s.n.m. hasta 800 m.s.n.m.



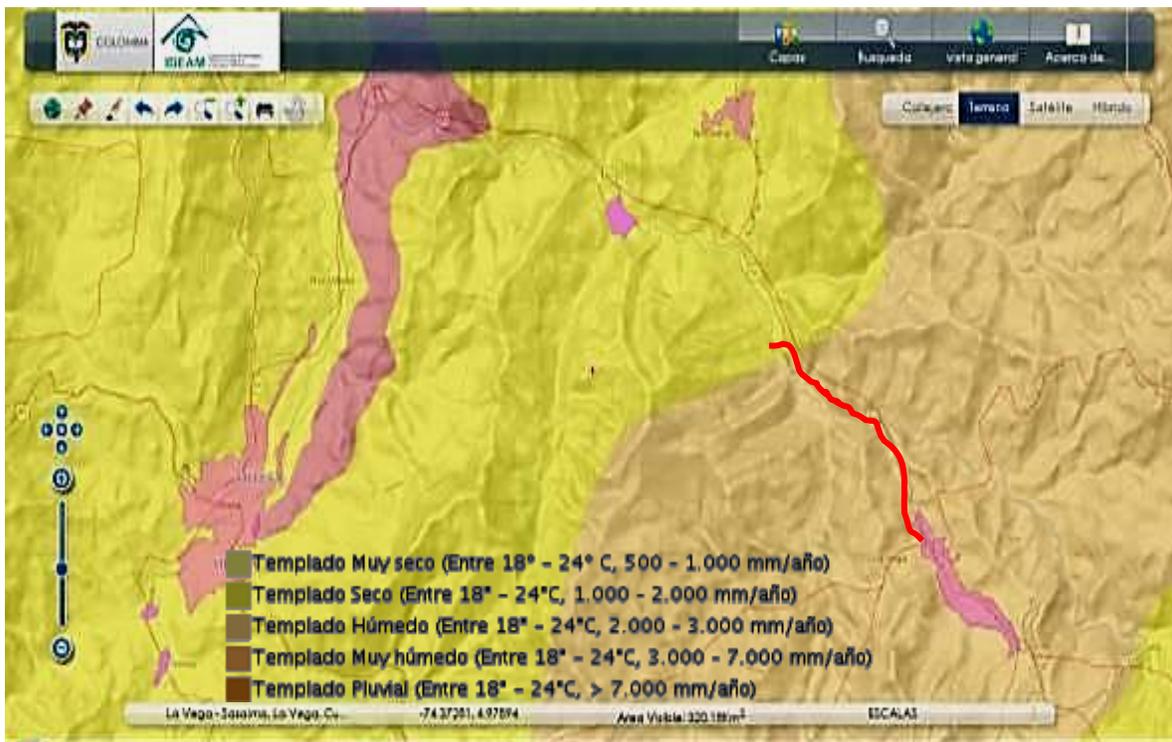
**Ilustración 11. Ubicación del Sitio de estudio Vía La Vega- Villeta (Puntos Exactos)**

Fuente: Google Earth. 2014.

### 6.1.1.1 Clima

En los datos reportados por el IDEAM el sitio de análisis presenta un clima Templado Seco (Ver Ilustración No. 12), precipitación entre 1000 y 2000 mm/año (Ver Ilustración No. 13), temperatura entre los 18° a 24°C (Ver Ilustración No. 14) y 150 a 200 días de lluvia según el promedio multianual (Ver Ilustración No. 15), cuenta con un brillo solar promedio de 1300 a 1700 horas al año (Ver Ilustración No. 16), una humedad relativa del 80 al 85 % promedio anual (Ver Ilustración No. 17), velocidad media del viento esta reportada por el IDEAM entre 1,0 y 2,0 m/s (Ver Ilustración No. 18) y un Indicador Agroclimático –Agua Neta en el suelo de 500 a 1000 mm (Ver Ilustración No. 19).<sup>53</sup>

Tomando los datos precipitación y temperatura y aplicando “Clasificación climática para Colombia” de la metodología de las Zonas de Vida de Holdridge, la vía entre La Vega y Villeta presenta un clima de Bosque Seco Premontano. (Ver Ilustración No. 20).<sup>54</sup>



**Ilustración 12. Clasificación climática Vía Bogotá-Villeta.**

Fuente: IDEAM. 2014

<sup>53</sup> INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. Base de datos meteorológicos de Colombia. 2014.

<sup>54</sup> HOLDRIDGE, Lesli. Life Zone Ecology. 1967.



Ventana General del Mapa

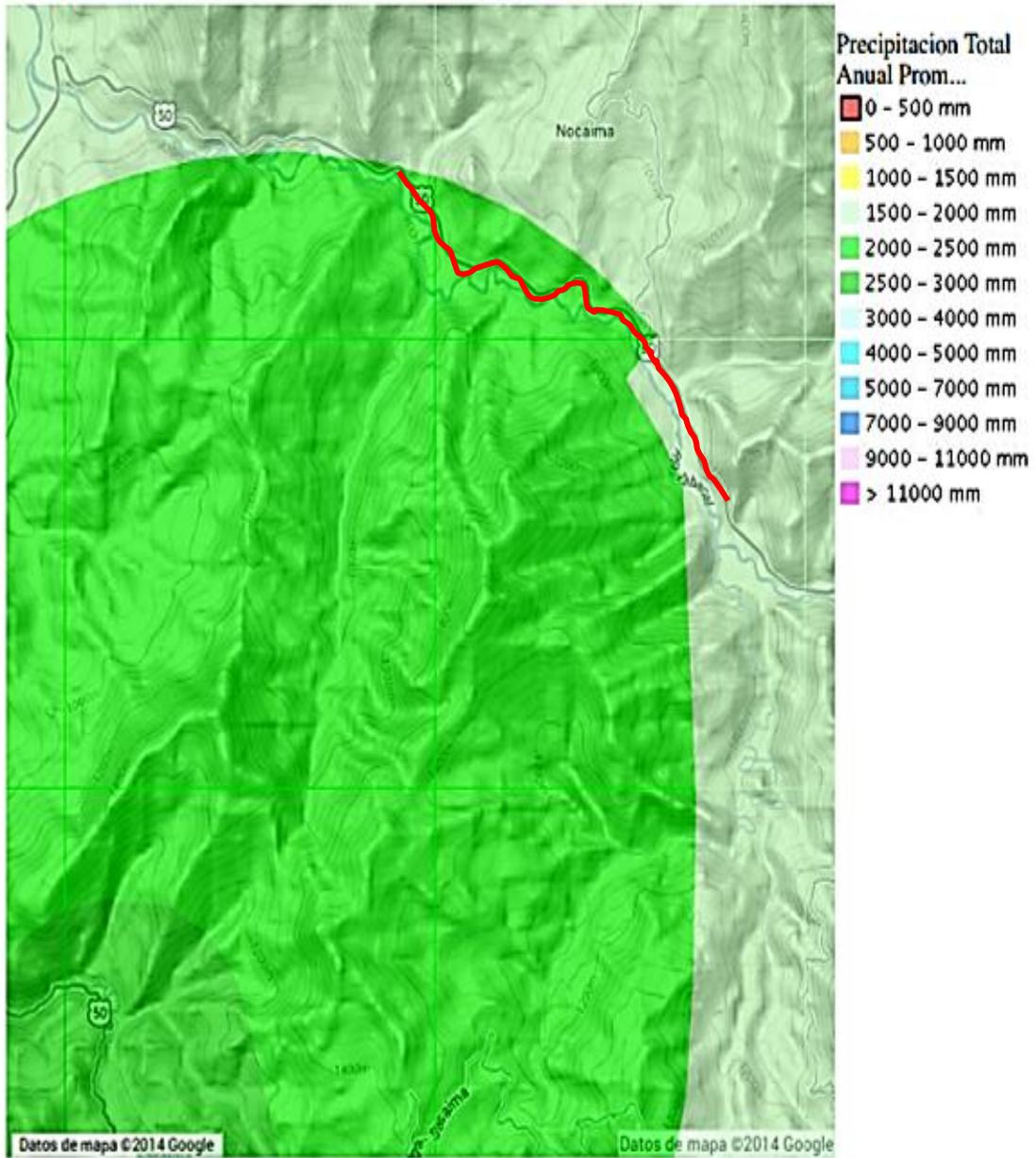


Ilustración 13. Precipitación total promedio.

Fuente: IDEAM. 2014.

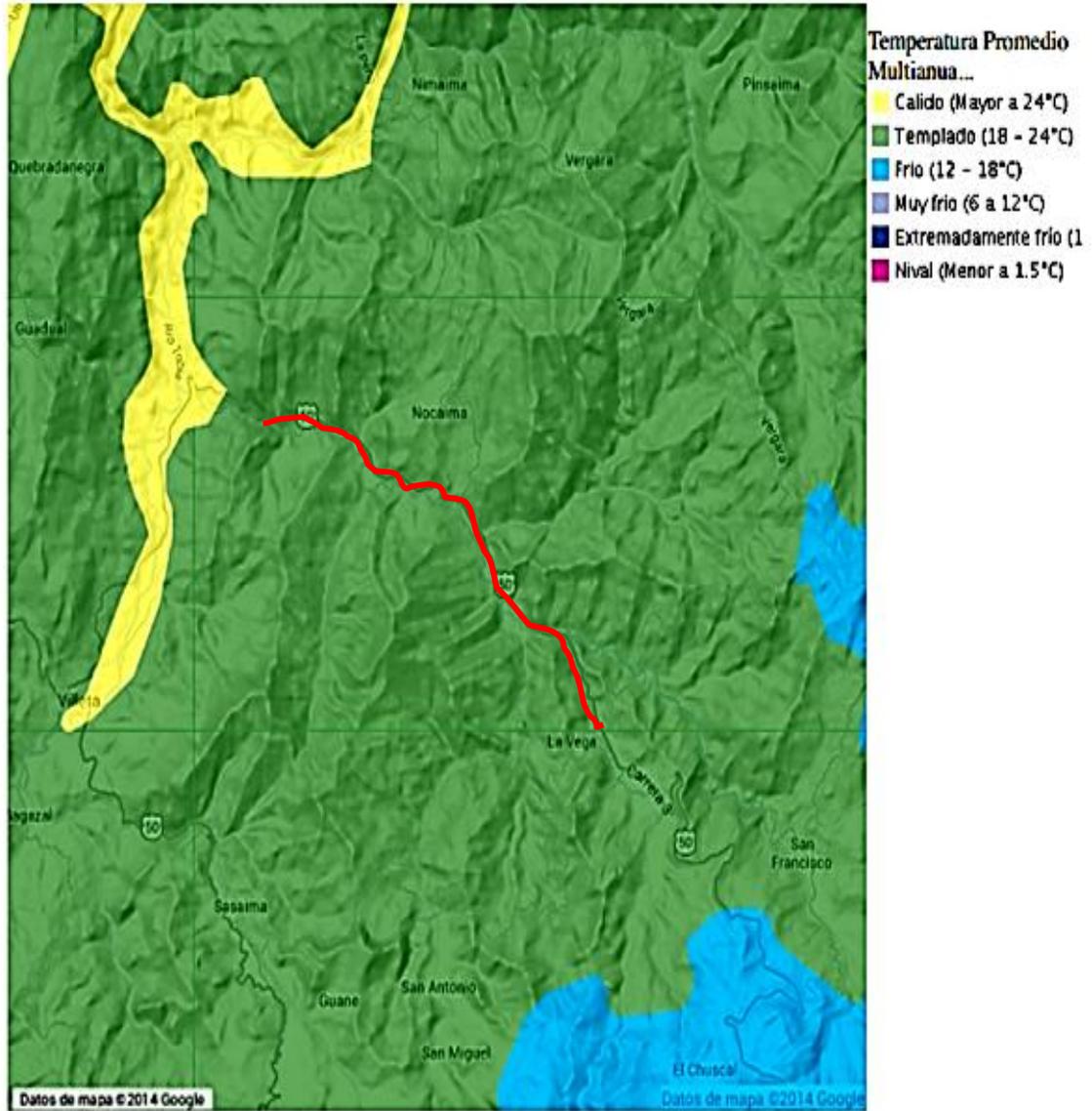


Ilustración 14. Temperatura promedio multianual

Fuente: IDEAM. 2014

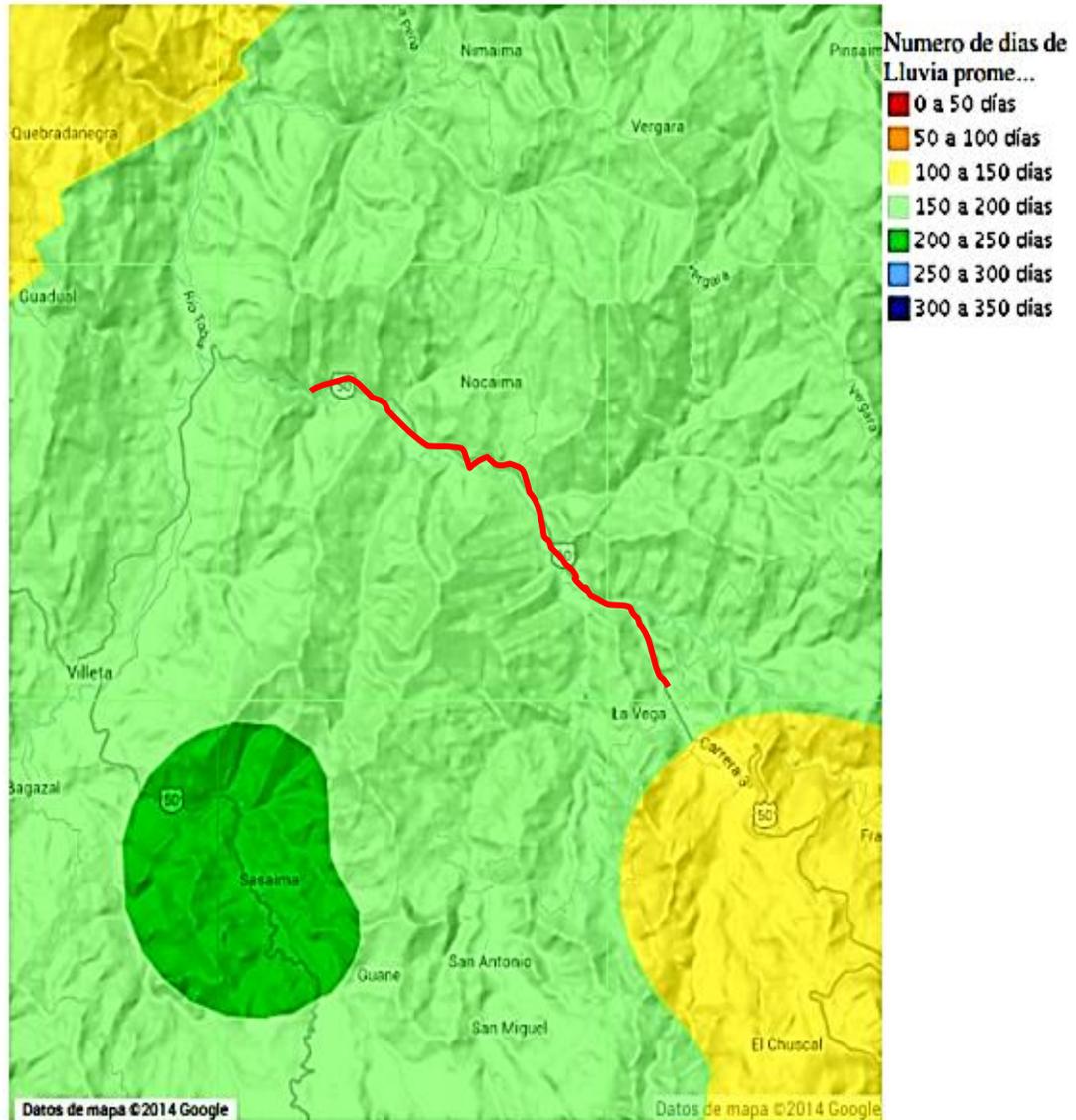


Ilustración 15. Número de días de lluvia promedio

Fuente: IDEAM. 2014.

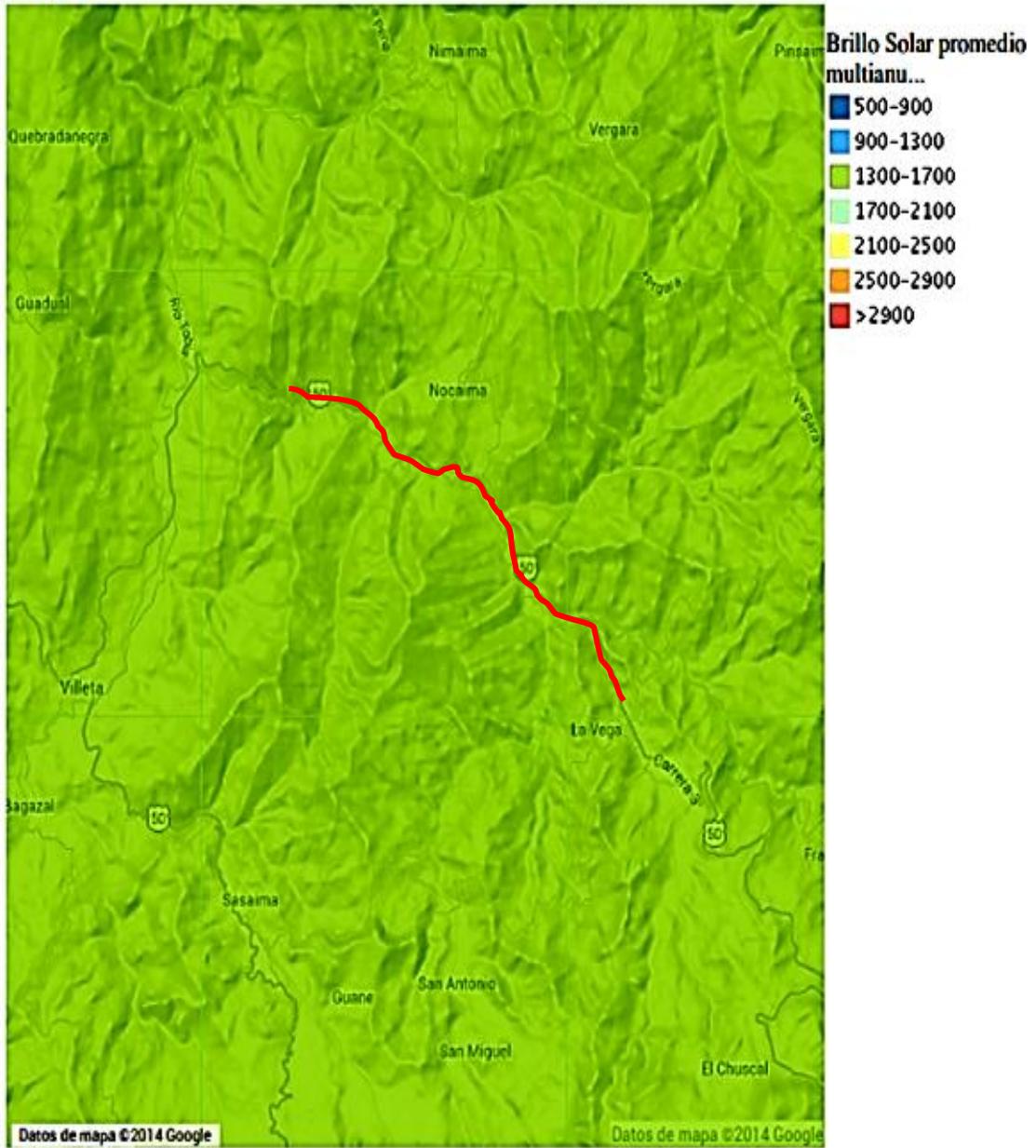


Ilustración 16. Brillo solar promedio horas año.

Fuente: IDEAM. 2014.



Ventana General del Mapa

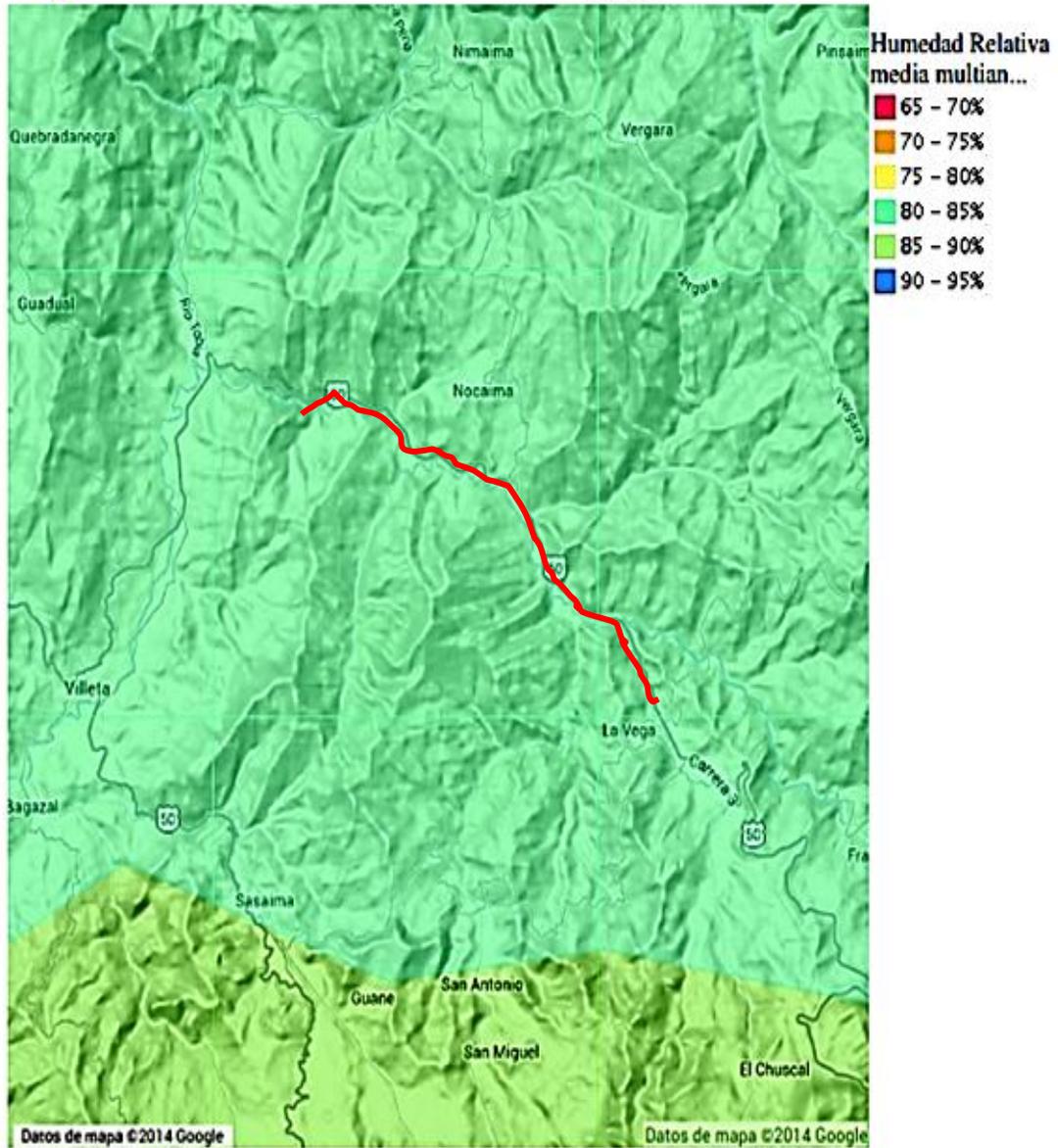


Ilustración 17. Promedio anual de humedad relativa.

Fuente: IDEAM. 2014.

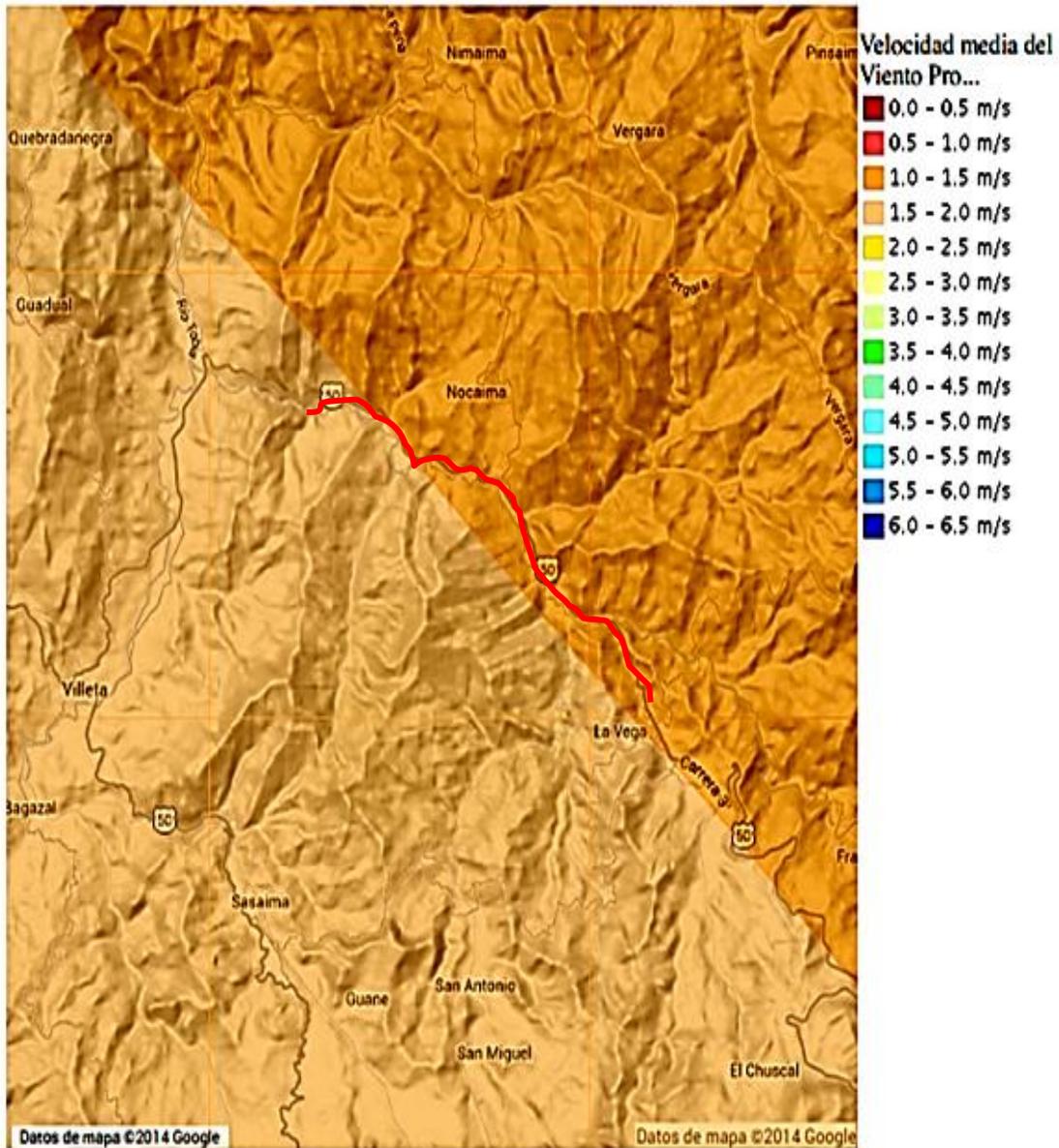
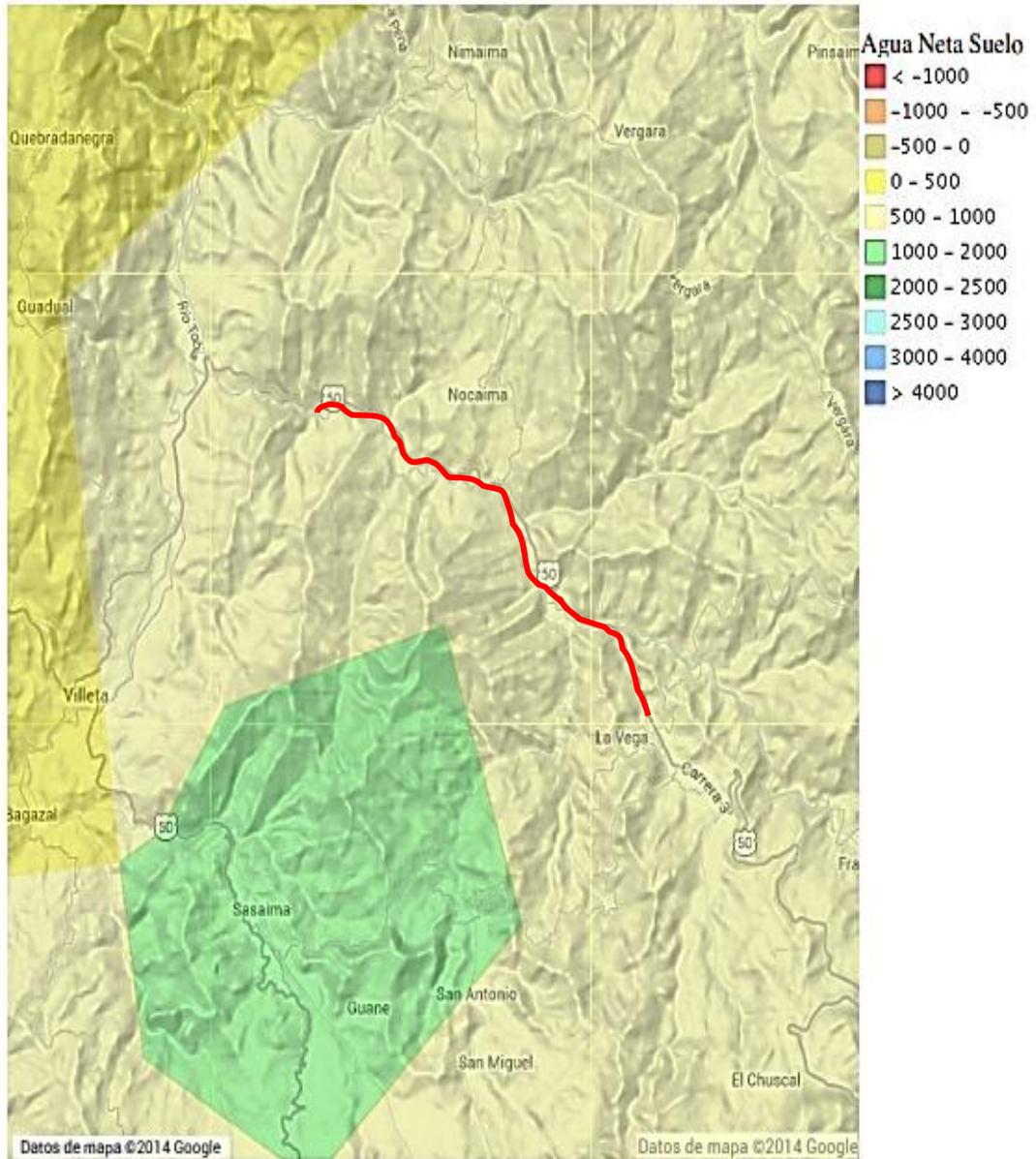


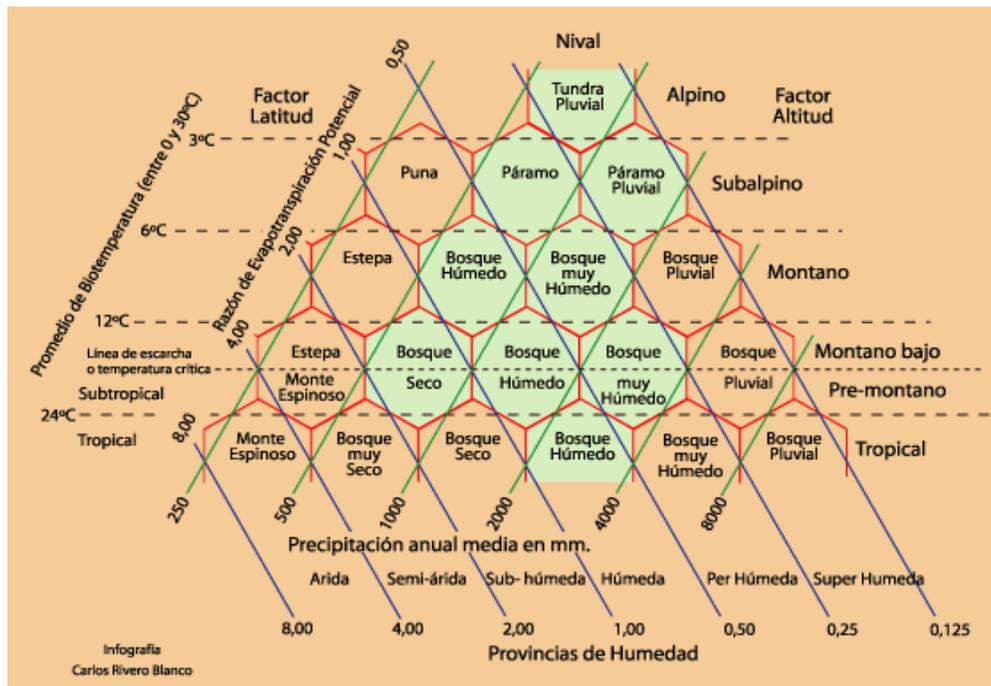
Ilustración 18. Velocidad media del viento.

Fuente: IDEAM. 2014.



**Ilustración 19. Indicador agroclimático-agua neta en el suelo.**

Fuente: IDEAM. 2014.



**Ilustración 20. Clasificación Climática zonas de vida de Holdridge.**

Fuente: <http://www.mucubaji.com/3Clima.html>.

La caracterización ecológica ha sido efectuada mediante el Sistema de Clasificación de las Formaciones Vegetales o Zonas de Vida Naturales del Mundo, el cual fue elaborado por el Dr. Leslie Holdridge y se fundamenta en la relación que existe entre las condiciones bioclimáticas (temperatura y precipitación), la vegetación natural y la altitud. Este Sistema se basa en un modelo matemático, expresado en una configuración tridimensional, denominada Diagrama Bioclimático (Ver Ilustración No. 20), que presenta las posiciones climáticas de las zonas de vida en los pisos basales de seis regiones latitudinales, según la biotemperatura a nivel del mar.

Las zonas de vida se pueden entender como un grupo de asociaciones, relacionadas entre sí a través de los efectos de la temperatura, la precipitación y la humedad.

Respecto al Diagrama, se tiene, al lado izquierdo, los límites correspondientes de biotemperatura para cada Región Latitudinal y, en el lado derecho, se indican los límites correspondientes de biotemperatura media anual para cada Piso Altitudinal. Asimismo, sobre la base del Diagrama, se muestran las Provincias de Humedad limitadas por las líneas de la Relación de ETP. Finalmente, una escala vertical ubicada en el extremo derecho del diagrama, sirve para determinar directamente la Evapotranspiración Potencial Total Anual en milímetros.

### 6.1.1.2 Geología

Los aspectos geológicos clasifican el territorio municipal en formaciones geológicas que definen la estructura y composición del material rocoso que componen el subsuelo. Este análisis permite orientar el aprovechamiento de recursos minerales con que cuenta el sitio y determinar mediante el estudio de los procesos geológicos los posibles riesgos y amenazas que se pueden presentar.

En la Vega afloran diez formaciones geológicas con edades que van desde el Cretáceo hasta el Cuaternario, pero para el análisis se tomara únicamente la formación en la cual se presentó el deslizamiento el día 22 de noviembre de 2011 la cual es:<sup>55</sup>

**Formación Hilo (Kih).**<sup>56</sup> Hubach (1931) utilizó inicialmente este término, como Horizonte Hiló, para designar una secuencia sedimentaria de carácter silíceo, que aflora en cercanías del caserío boquerón de Hiló, por la carretera a Cambao; Cáceres y Etayo (1969)<sup>57</sup>, la ascienden al rango de formación, estableciendo como secciones de referencia, la sucesión que aflora en la carretera de Apulo conduce a Anapoima y la sucesión aflorante en la línea del ferrocarril Apulo-San Antonio. Acosta (1993)<sup>58</sup>, la redefine y propone un estrato tipo compuesto para la unidad.

La formación Hiló aflora al oriente de Bituima, al oriente de la Vega y en inmediaciones de la localidad de Supatá.<sup>59</sup>

También se ubica al occidente del municipio en la vereda Bulucaima en la ribera del Río Íla, se distribuye además en la parte central del municipio en las veredas Centro, Cural y en mayor proporción en la vereda Llano Grande, finalmente se encuentra como franja nororiental, entre las veredas Hoya Grande, en límite entre el Rosario y Minas, en la vereda El Cural, al oriente de la vereda Llano Grande.<sup>60</sup>

Esta Formación cuenta con 528,76 Has lo cual equivale al 3,4% del municipio de La Vega.

En cuanto al territorio de Villeta presenta las siguientes formaciones (Ver Ilustración No 21):

---

<sup>55</sup> SEING LTDA, Plan Básico de Ordenamiento Territorial- PBOT Villeta de San Miguel. La Vega Cundinamarca; 2000.

<sup>56</sup> HUBACH, E. Exploración en la región de Apulo – San Antonio – Viotá. Boletín de Minas y Petróleos. V.4., Bogotá. 1931. p. 41 – 60.

<sup>57</sup> CÁCERES, C. y ETAYO, F. Bosquejo Geológico de la Región del Tequendama.-1er Congreso Colombiano de Geología, Opúsculo guía, Excursión pre-congreso, Bogotá. 1969. p. 22,

<sup>58</sup> ACOSTA, J. Cambios laterales en la Formación Hiló. Memorias VI Congreso Colombiano de Geología, Tomo I, Medellín, Colombia, 1993.p. 182-195.

<sup>59</sup> ACOSTA. Op., p. 62.

<sup>60</sup> ACOSTA. Op., p. 62.

**Formación Murca (Kim):**<sup>61</sup> En Villeta, se describe el sitio tipo de esta unidad en el núcleo del anticlinal de Murca-Guayabal- Nimaima, al NNE de la población de Villeta y en una franja angosta en la carretera entre esta última población y La Vega. En los alrededores de la población de Villeta se localiza también hacia el núcleo de la estructura anticlinal.

La Formación está compuesta por un nivel de rocas polílicas arcillosas, con un alto contenido de yeso tanto a nivel de cristales laminares intraestratificado como segregado y conformando frecuentes venas y relleno de diaclasas paralelas, o a manera de un enjambre de venas de espesores variables, asociados a zonas de fracturación intensa.

**Formación areniscas de Útica (Kiut):**<sup>62</sup> Etayo-Serna, F., (1979), presenta una detallada descripción del Grupo Villeta para el suroccidente de Cundinamarca. Considera que esta secuencia estratigráfica está compuesta, de base a techo, por las siguientes Formaciones: Trincheras, Areniscas de Útica, Hiló y La Frontera, las cuales Ingeominas en la Plancha 208 – Villeta del año 1993, delimita dentro de las vertientes del río Villeta a la Formación Areniscas de Útica y Trincheras (vertiente occidental y sitio de interés) y a la Formación Hiló (vertiente oriental).

Posteriormente Ingeominas, según Barreto y Duarte (2004)<sup>63</sup>, proponen el nombre de Formación Útica para la misma secuencia que aflora en la vereda de Salitre Blanco Etayo-Serna (1979)<sup>64</sup>, describe a la Formación Areniscas de Útica (en la región de Apulo), como una secuencia de arenisca bio-clástica cuarcítica - calcárea, color gris, de grano fino hasta medio y grueso, estratificación laminar fina, sub-paralela a ondulosa y ocasionalmente masiva, compuesta por cuarzo redondeado y fragmentos de conchas de cefalópodos, todo con espesor de unos 40 m. Por encima y debajo describe la presencia de lutita arcillosa gris oscura a negra y de carácter fisible.

La Formación Areniscas de Útica es el nombre asignado informalmente por Moreno (1993)<sup>65</sup> para designar una sucesión de arenitas arcósicas y líticas, con espesor aproximado de unos 450 m según sección levantada en la carretera “Villeta – Útica”, tramo de La Magdalena. Esta unidad está constituida por una sucesión de arenitas subarcósicas y sublitoarenitas de grano fino a muy grueso, conglomeráticas, en capas de conglomerados de gránulos y guijos, la secuencia es a menudo grano-decreciente, en capas gruesas frecuentemente cuneiformes. Entre los fragmentos líticos se destacan las provenientes de rocas ígneas. Dentro de esta sección se presentan intercalaciones rítmicas de limolitas y lodolitas negras, estratificadas en capas delgadas y medias. En la sección “Villeta –La Magdalena”, hay intercalaciones de capas de caliza micrítica y

---

<sup>61</sup> SAAVEDRA, C. P. Estudio del terreno y obras correctivas en el sitio de el cune, municipio de Villeta, Cundinamarca; con aplicación del método observacional; Maestría en Ingeniería – Geotecnia, Universidad Nacional de Colombia; 2011.

<sup>62</sup> ETAYO, F. Zonation of the Cretaceous of Central Colombia by Amonites.– Publicación Especial de Ingeominas, Bogotá. 1979, p. 11 – 12.

<sup>63</sup> BARRETO ARCINIEGAS, Germán. Informe Técnico sobre la Visita de Emergencia al Sitio Villa Pía - Vereda La Masata Municipio de Villeta - Departamento de Cundinamarca. v.1. 2004.

<sup>64</sup> ETAYO, F, Op. Cit., p. 61.

<sup>65</sup> MORENO, Juan y CONCHA, A. Nuevas manifestaciones ígneas básicas en el flanco occidental de la Cordillera Oriental. Geología Colombiana. Bogotá. 1993.

biomicrítas nodulares; en la localidad de Útica hay en la parte superior de la formación un nivel de 53 m de caliza arenosa biomicrítica en capas delgadas a medias.

**Formación Trincheras (Kit):** <sup>66</sup> Es el nombre dado por Cáceres y Etayo (1969) para designar la sucesión de lodolitas con intercalaciones de caliza y arenitas, que constituyen la parte inferior del Grupo Villeta. Su localidad tipo se encuentra ubicada en la quebrada Trincheras al oriente de la fábrica de Cementos Diamante en el Municipio de Apulo. Estos autores dividieron la formación en dos segmentos, el inferior calizo-arcilloso y el superior predominantemente arcilloso.

Está constituida por una sucesión de lodolitas y limolitas calcáreas negras, estratificadas en capas delgadas, medias a gruesas, planas a ligeramente onduladas, con laminación plano paralela. En los taludes de la carretera Villeta-Honda en el sitio denominado como el sector de Cune y en el flanco derecho del río, afloran lodolitas arcillosas de color negro mate, con estratificación delgada a laminar, e intercalaciones de algunos niveles delgados de caliza micrítica y margas también de color negro. Es frecuente la presencia de venas de calcita blanca en espesores variables, normalmente asociadas a fracturas y diaclasas con frecuencias sistemáticas y existencia de pirita.

Villeta presenta una topografía montañosa quebrada con algunas zonas onduladas y planas. En la zona de Villeta las formas del relieve de la tierra son cadenas plegadas de material sedimentario y volcánico con modelado de erosión diferencial. La litología de tipo sedimentario marino plegado está compuesta principalmente por areniscas, sales, liditas y calizas. En otros sectores muy cercanos, predominan las arcillolitas, limolitas e intercalaciones de areniscas. Se encuentran valles coluvio-aluviales, laderas con influencia coluvial, laderas y morrenas laterales y de fondo de valle glaciar. Las anteriores posiciones fisiográficas son de relieve complejo y de variada litología. Las laderas presentan un relieve inclinado escarpado con areniscas, lutitas y en sectores localizados depósitos orgánicos. <sup>67</sup>

Escarpes de montaña. Corresponde a las partes más altas del municipio y se caracteriza por ser una ladera homogénea de pendiente muy alta, de baja densidad y que presenta un bajo grado de disección, es decir que los cauces no son profundos. El patrón de drenaje es paralelo pues todos los cauces están controlados por las pendientes; como materiales constitutivos presentan areniscas y limolitas silíceas de alta resistencia mecánica. Como fenómenos físicos actuantes se reconoce la fractura y caída de material rocoso. <sup>68</sup>

Escarpe disectado. Esta unidad corresponde a la ladera media superior de las cuchillas del área. Está constituida por la parte media de los escarpes de alta montaña. Se caracteriza también por presentar altas pendientes, pero con mayor disección hídrica y mayor

---

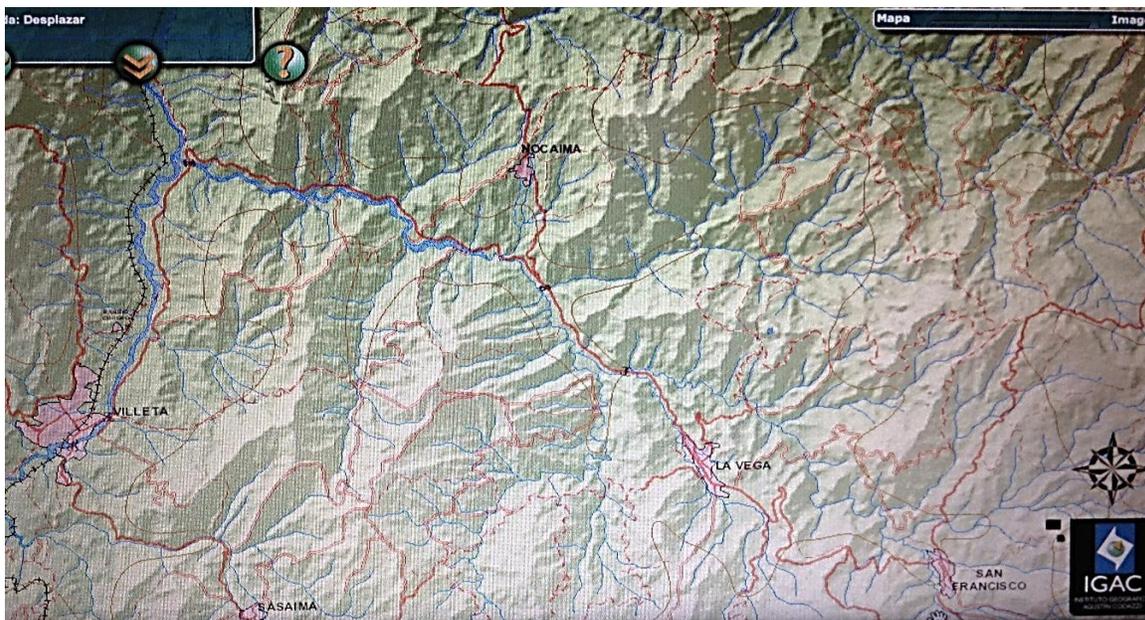
<sup>66</sup> CACERES, Op. cit., p. 61.

<sup>67</sup> SEING LTDA, Op. Cit., p. 60.

<sup>68</sup> SEING LTDA, Op. Cit., p. 60.

densidad de drenaje. Los cauces de los ríos son más profundos y el terreno presenta una mayor rugosidad, con cuchillas cortas de crestas agudas. Los materiales constitutivos son limolitas y lutitas calcáreas.<sup>69</sup>

Dentro de los fenómenos físicos actuantes se reconocen los flujos de suelo en forma de deslizamientos y golpes de cuchara, escombros arrastrados a lo largo de los cauces mayores y la fractura y caída de material sobre las vías. En cuanto a sus posibilidades de uso, las altas pendientes constituyen una limitante para el desarrollo de labores agropecuarias, que deben ser realizadas en forma controlada. Como Villeta está situada sobre la vertiente occidental de la cordillera oriental, la fisiografía del área es abrupta, con pendientes altas y valles estrechos y profundos típicos de ríos de cordillera. La fisiografía general del área se puede describir como un valle estrecho que se abre entre los ríos Bituima y Villeta, en medio de las cuchillas del Alto del Trigo al Occidente y la de Palacios y Loma Canoas al oriente. Los principales elementos fisiográficos se orientan en dirección norte-sur reflejando el control estructural que tiene el paisaje en el área. En algunas áreas, en las estribaciones sinclinales de la región, afloran sedimentos del terciario, los cuales están representados por el terciario inferior de la formación Guaduas. Estos sedimentos se caracterizan por presentar un complejo de arcillas que alternan con areniscas de gran o grueso, provenientes de la erosión del cretáceo. Los suelos que se desarrollan en la formación Villeta son superficiales y en la mayoría del área son líticos.<sup>70</sup>



**Ilustración 21. Cartografía Básica de Relieve**

Fuente: IGAC. 2013.

<sup>69</sup> SEING LTDA, Op. Cit., p. 60.

<sup>70</sup> SEING LTDA, Op. Cit., p. 60.

### 6.1.1.3 Tectónica<sup>71</sup>

La Tectónica es la ciencia encargada de estudiar las deformaciones de la corteza terrestre como pueden ser las fallas, plegamientos y diaclases; debido a los efectos de las fuerzas internas de la tierra.

En La Vega se localizan tres fallas importantes que sumado a las condiciones de precipitación y pendientes se constituyen en un factor de alta fragilidad para el territorio.

Falla de Quebrada Honda. Con orientación Norte-Sur. Es una falla inversa buzando hacia el oeste, esta coloca en contacto las formaciones, atraviesa las Veredas Guarumal, de donde se desprende un ramal hacia La Cabaña y La Huerta y otro por Tabacal, Ucrania y Bulucaima.

Falla de Albán. Con orientación Oeste-este, atraviesa las veredas San Antonio, San Juan y Laureles.

Falla Supatá. Es una falla de cabalgamiento convergencia hacia el occidente y dirección que varía desde N25E hasta N-S. Esta falla tiene un fuerte componente de rumbo con desplazamiento dextral.

En Villeta se presentan:

Anclinatorio de Villeta: Comprende la mayor estructura de la zona de estudio. Se trata de una estructura asimétrica de unos 15 km de longitud y 4 km de ancho, localizada entre la población de Villeta y el oriente de la localidad de Útica. El flanco oriental está delimitado y resaltado principalmente por la Formación Areniscas de Útica hacia el núcleo y la Formación Trincheras en la parte periclinal. La estructura presenta una serie de plegamientos y rupturas locales, resalta regionalmente entre los valles del Río Villeta y el lineamiento producido por los valles del Alto Cune y de la Quebrada Negra.

El “boquerón” topográfico que presenta la serranía lo establece la Formación Areniscas de Útica, a la altura de la localidad de La Magdalena, donde se registran una serie de repliegues menores, localizados en el núcleo de la estructura de interés.

Ingeominas, en las diferentes planchas geológicas que se han editado hasta la fecha, traza una serie de fallas, interpretadas como de cabalgamiento y pliegues menores o secundarios asociados al pliegue principal. Esta disposición estructural sugiere la conilustración de una estructura “positiva”, tipo “Horst”.

En la mayoría de los afloramientos de la Formación Arenisca de Útica, dado su carácter quebradizo y cristalino, se presenta una fracturación de tipo distensivo y abierto, con frecuencia y persistencia sistemática; seguramente en el caso de un estilo compresivo o de corrimiento, la fracturación sería un tanto desordenada o imbricada.

---

<sup>71</sup> SAAVEDRA Op. Cit., p. 61.

Sistemas de falla de Quebradanegra: En la Plancha 208, Ingeominas delimita al anticlinorio de Villeta, en su flanco occidental, por una serie de fallas inversas y sub-paralelas entre sí. De acuerdo a la cartografía mencionada, sugiere un estilo estructural en escamas y de traslape o de corrimiento.

Este conjunto de fracturas las denomina como Sistema de Fallas de Quebrada Negra, debido seguramente, a que se localizan a lo largo del valle de dicha corriente. En el terreno se observan gruesos coluviones arcillosos de color negro, derivados de la Formación Trincheras, afectada por un intenso brechamiento.

El valle de la Quebrada Negra, tiene expresión regional y es evidente el lineamiento de carácter regional que se aprecia su continuidad al sur y norte. Ingeominas (1998) delimita al valle del Río Villeta, por las fallas de: “Cune-Intercambiador”, Tobia y Villeta al Occidente. Éstas han sido clasificadas también, como de tipo inverso (Ingeominas, 2001), con buzamiento hacia el Este. El trazo de las primeras dos se aprecia de manera regular al norte de la población de Villeta. La tercera, parece corresponder a un sistema imbricado de fracturas que se relevan en el rumbo y se prolongan hacia la vertiente oriental del Río Villeta.

En conjunto con el denominado Sistema de Fallas de Quebrada Negra, establecen la denominada estructura del Anticlinorio de Villeta, la cual pareciera representar un bloque de tipo Horst.

Sistema de fallas del río Villeta: Por el flanco oriental del Anticlinorio de Villeta, se identifican tres fallas principales denominadas como: Falla de Cune – Intercambiador, Falla de Villeta y Falla de Tobia. De acuerdo a la cartografía de Ingeominas (2001), también son de tipo inversas. Sus trazos resaltan al colocar en contacto a la Formación Trincheras (Kitr) contra rocas duras de la Formación Areniscas de Utica al occidente y de la Formación Hiló (Kih), al oriente y fuera de la zona en estudio. Es evidente la asociación o presencia de flujos de lodo y detritos, algunos asociados con movimientos en masa y erosión hídrica concentrada a lo largo de una serie de canales menores, con orientaciones rectilíneas.

La Falla de Villeta, también denominada falla Oeste para efectos de la investigación de movimientos en masa en los alrededores de Villeta y coloca en contacto a la formación Trincheras (Kitr), localizada hacia el tercio inferior de la vertiente izquierda del río, contra la Formación Areniscas de Útica (Kiut), la cual conforma una elevada serranía.

#### **6.1.1.4 Suelos**

El suelo es el resultado de la interacción de los factores formadores (clima, relieve, material parental, organismos y el tiempo, que en conjunto determinan cualidades y características especiales que permiten su diferenciación y clasificación en asociaciones de suelos.

Para el municipio de la Vega existen 14 unidades o asociaciones de suelos, cada una de estas se encuentra dividida en Fases de suelos definidas de acuerdo a las diferentes pendientes del terreno en la Tabla No. 3 que se presenta a continuación indica las características de las asociaciones de suelos presentes en el municipio de La Vega.

En cuanto a los suelos de Villeta son de Clima medio húmedo y muy húmedo, con o sin influencia de materiales volcánicos. Son suelos con alto contenido de materia orgánica de 2,5 a 6 % de Carbón orgánico. La constitución mineralógica de la fracción arena, en los suelos de esta zona corresponden a feldespatos, anfíboles, piroxenos y cuarzo.<sup>72</sup>

Los suelos de Villeta se caracterizan por ser casi neutros, con saturación de aluminio que fluctúan entre el 64,54% y 57,96% respectivamente y con bajos contenidos de fósforo disponible: 42,15 para Villeta. Además posee suelos con 3,62% de materia orgánica. Presentan deficiencia en Boro (0,48 ppm), Cobre (1,42 ppm), Manganeso (12,30 ppm) y Zinc (8,57 ppm). La zona de Villeta presenta una proporción adecuada de hierro (132,00 ppm).<sup>73</sup>

El suelo está compuesto de un 50% de materia sólida, un 45% de minerales y un 5% de materia orgánica, del 20 al 30% de agua y del 20 a 30 % de aire. En realidad la cantidad de materiales no es homogénea pero se destaca la formación de capas perfectamente diferenciadas llamadas horizontes. Una de las propiedades que más caracteriza el suelo es su capacidad de intercambio iónico CIC, que corresponde a la cantidad de iones metálicos, expresada en miliequivalentes, que una determinada cantidad de suelo es capaz de intercambiar (100 gramos).

---

<sup>72</sup> SEING LTDA, Op. Cit., p. 60.

<sup>73</sup> SAAVEDRA Op. Cit., p. 61.

**Tabla 3. Características de las Asociaciones de Suelos en La Vega**

ASOCIACIÓN DE SUELOS	SIM	PENDIENTE	DRENAJE	TEXTURA	EROSIÓN	PROFUNDIDAD EFECTIVA	Ph	FERTILIDAD
ESMERALDA-tabacal	VA-E	< 7%	Moderado	Media	Moderada	Moderada	4.7	Muy baja
FACATATIVA-Cabrera	FC	12-25-50%	Bien Drenados	Fina	Moderada	Moderada	5.0 a 6.5	
GAMA-Dintel	VN-GA	< 7%	Moderadamente Drenados	Moderadamente gruesa a media	Severa	Profunda	5.2	Baja
CHONTE-Rionegro	OH	< 7%	Moderado	Media a fina	Severa	Moderada		Baja
TABACAL-Esmeralda	VI-T	< 7%	Moderado	Media	Moderada	Moderada	4.7	Muy Baja
SAN PEDRO-Granja	SG	25-50%	Bien Drenados	Fina	Moderada	Profunda		Baja
LOMACORTA SAN PEDRO-Aguablanca-Cachipay	LP	25-50%	Bien Drenados	Moderadamente fina	Severa	Profunda a moderadamente profunda		Baja
MONSERATE	MS	50-75%		Fina		Superficial		Baja
FLECHA	F	25-50%	Excesivo bien drenado	Fina	Severa	Moderada	5.2	Moderada
FRANJA-Gacheta-Mosco	G	12-25-50%	Bien Drenado	Media a fina	Moderada	Moderada		
LOMACORTA-Malpaso-Flecha	L	50%	Excesiva	Fina	Severa	Profunda		Moderada
BENITO-Junin	BT	> 25%	Bien drenados	Media a fina	Moderada a severa	Profunda	5.5	
MAGOLA-Cachipay-Guacamayas	AG	12-25-50%		Moderadamente fina	Ligera			Muy baja
LIBERTAD-Chircal	AR-AG	12-25-50%	Bien drenados	Moderadamente fina a fina	Severa	Moderadamente profundos	4.6	Baja

Fuente: IGAC. 2013.

#### 6.1.1.4.1 Uso actual del suelo.

El uso actual del suelo de Villeta es misceláneo (se denominan tierras misceláneas aquellas unidades que tienen poco o nada de suelo natural y que carecen de uso, caracterizada en algunos casos por un relieve escarpado y en otros por ser sectores cóncavos con presencia de agua), son áreas ocupadas principalmente con cultivos transitorios, perennes y semiperennes que se encuentran mezclados con pastos, rastrojos y relictos de bosques secundarios intervenidos. Predominan los cultivos de caña, café, plátano, maíz, entre otros.<sup>74</sup> (Ver ilustración No 22)

El suelo de Villeta se usa como soporte de las actividades antrópicas productivas (cultivos de caña panelera), para construcción de infraestructuras (vías y urbanizaciones, fincas de recreo y condominios urbanos, suburbanos y rurales); como fuente de materiales de construcción (arena, recebo piedra) y como receptor de impactos y de contaminación con residuos sólidos y líquidos.<sup>75</sup>

La Vulnerabilidad por acción antrópica de los suelos frente a las cualidades que se deben tener en cuenta (drenaje, permeabilidad, consistencia, plasticidad, fertilidad, productividad, degradación, pendiente y profundidad efectiva), resulta muy alta. Los índices de erodabilidad y erosionabilidad se constituyen como un factor retardante del Ordenamiento Territorial.<sup>76</sup>

Como se observa en la Ilustración No. 23 La principal degradación del suelo y tierra se presenta en Villeta.

---

<sup>74</sup> SEING LTDA, Op. Cit., p. 60.

<sup>75</sup> SAAVEDRA Op. Cit., p. 61.

<sup>76</sup> SAAVEDRA Op. Cit., p. 61.

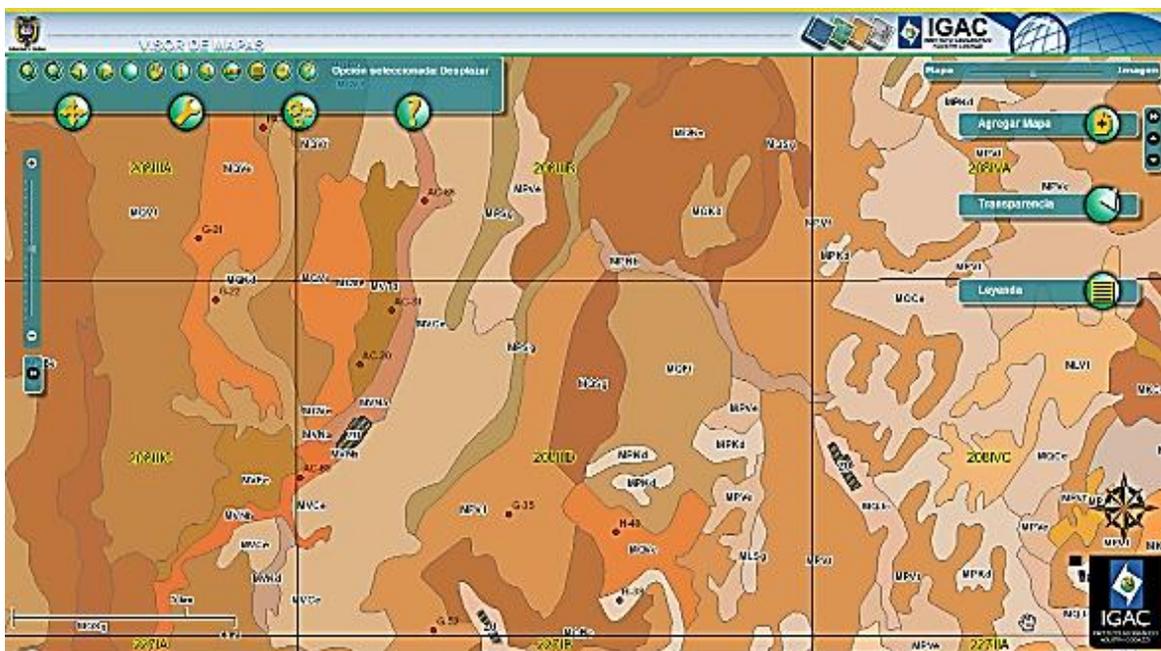


Ilustración 22. Usos del suelo.

Fuente: IGAC. 2014.

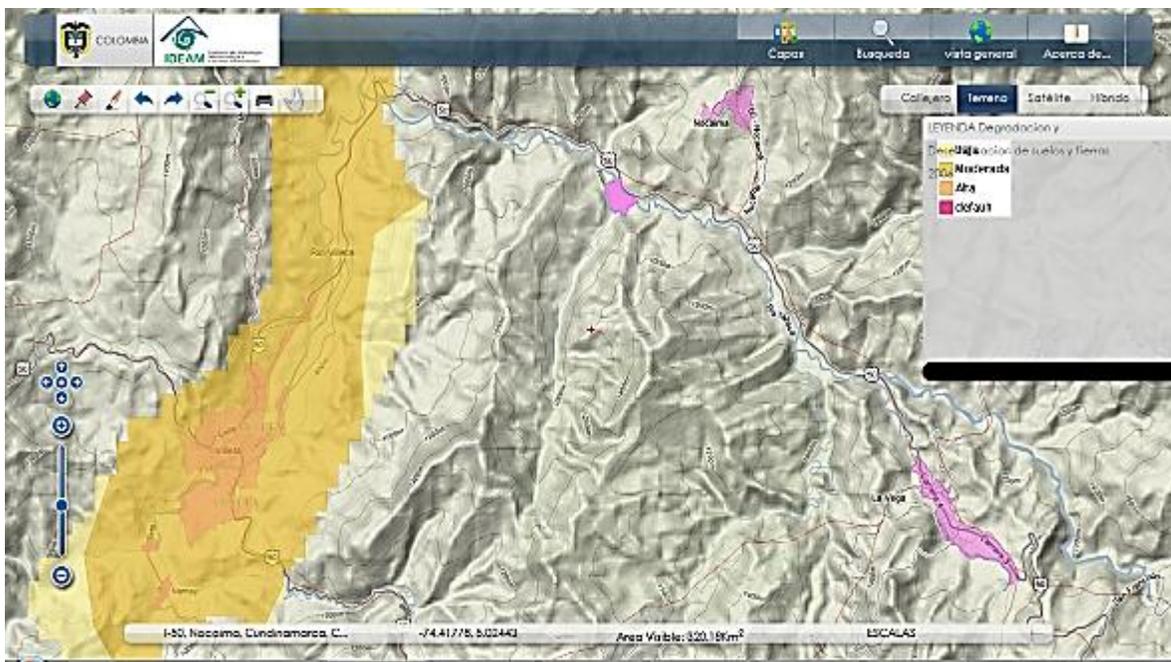


Ilustración 23. Degradación de Suelos y Tierras

Fuente: IDEAM. 2014.

#### 6.1.1.4.2 Conflictos uso del suelo

El conflicto del uso del suelo es ocasionado por las diferencias entre la aptitud natural del suelo y del uso que se le asigna.

En Villeta se presentan conflictos en el uso del suelo debido a que sus habitantes desencadenan cambios en el uso del suelo, provocando que suelos procesos de deforestación, rocerías y quemas para la realización de cultivos, construcción de caminos, y carreteras para ampliar su frontera agrícola, edifica habitaciones e instala plantas de transformación agrícola (trapiches paneleros). El inmigrante temporal instala granjas avícolas y construye condominios y fincas de recreo.<sup>77</sup>

El cultivo de caña panelera que es la mayor fuente de producción, se ha observado que la abundancia de trapiches para su procesamiento debido a que los pequeños productores quieren igualar la capacidad de los grandes productores; llevándolos a exterminar áreas de suelo potencialmente agrícola.

En cuanto a los en el uso del suelo para el municipio de La Vega – Cundinamarca, de acuerdo a la información suministrada en el componente de dimensión ambiental correspondiente al Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de La Vega elaborado por la firma servicios e ingeniería SEING LTDA, indican que se han venido generando cambios de uso a través del tiempo debido a diferentes causas entre ellas se puede mencionar; el fraccionamiento de la prediación que ocasiona la intensificación del uso de los suelos sin tener en cuenta su verdadera vocación y por otro lado la subutilización de los suelos productivos; otro factor importante es la utilización de prácticas nocivas como la tala y quema que ocasiona el deterioro de los recursos naturales, lo cual se debe corregir mediante la armonización de estas acciones para poder llegar a un aprovechamiento óptimo del recurso suelo.

El establecimiento de una agricultura de subsistencia que en el municipio se ha caracterizado por cultivos como la caña y el café con sus diferentes asociaciones (plátano, yuca, arracacha, maíz, fríjol etc.) y en otra zona el establecimiento de pastizales para ganadería extensiva, generando conflictos debido a que estas prácticas no se han desarrollado de acuerdo con las características físicas y ambientales del territorio; manifestándose en la degradación cada vez más acentuada de los recursos naturales (agua, aire y suelo).

Conflicto de uso del suelo medio. Estas zonas cubren 495,66 Ha equivalente al 32% del área municipal y corresponde a unas pequeñas manchas donde se encuentra como uso principal la caña, pastos naturales con bosques, pastos y café. La mayor parte de este

---

<sup>77</sup> SEING LTDA, Op. Cit., p. 60.

conflicto se da por el desarrollo de ganadería extensiva en zona de fuerte pendiente acelerando los procesos erosivos.

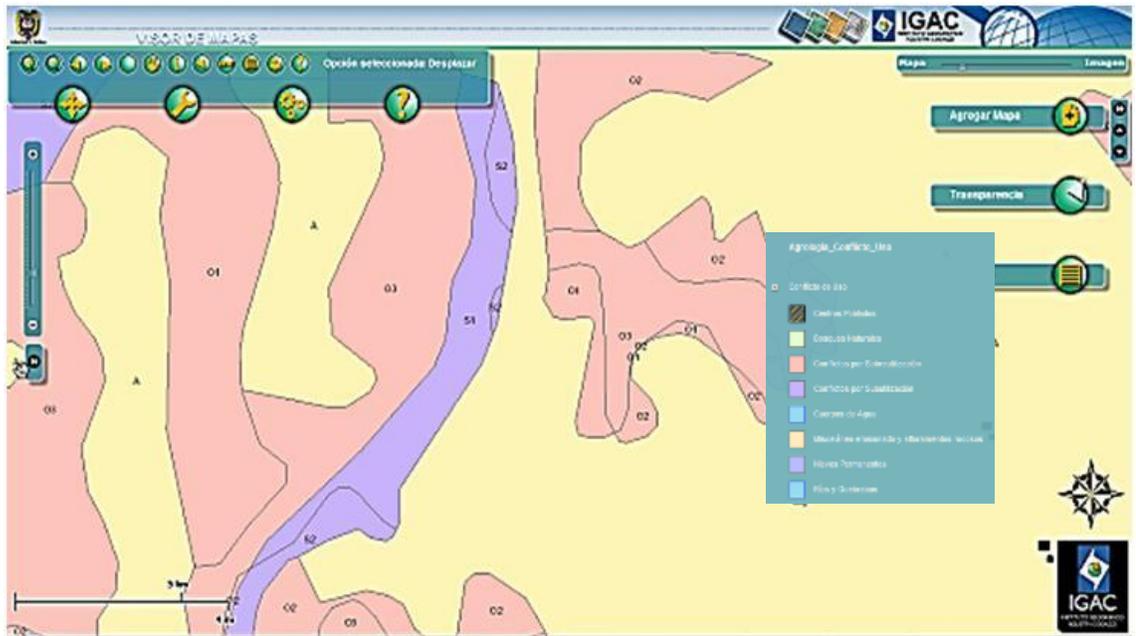
Conflicto de uso del suelo alto. En esta categoría se encuentra la mayor parte del territorio municipal con 2961,26 Ha correspondientes al 51,86% del total del municipio, incluyendo la zona urbana del municipio. En ella se encuentra como uso principal los pastizales y en menor proporción áreas de cultivos agrícolas, (café y sus cultivos asociados)

En esta zona la aptitud del suelo es para protección por poseer características de pendiente y en algún porcentaje permiten el establecimiento de cultivos teniendo en cuenta las prácticas de conservación de suelos que en la actualidad no se manejan. (Ver Ilustración No. 25) la cual se puede observar más detalladamente en el Anexo A.

La ganadería allí establecida acentúa los procesos erosivos que se traducen en deslizamiento, disminución de los caudales de las fuentes hídricas, pérdida de la capa arable de los suelos por compactación debida al pisoteo, disminución de la cobertura vegetal para dar cabida a pastos lo cual deteriora la calidad de vida de la población.

En los diferentes recorridos realizados se identificaron que los conflictos de uso del suelo en los Km 57 y 72 han provocado:

- Deterioro en los suelos de protección de zonas hídricas por el aumento de la frontera agrícola; debido a que áreas de reservas para cuerpos de agua están siendo desbastadas, para la implantación de cultivos permanentes.
- Zonas cultivables están siendo sobrecultivadas por la ausencia de técnicas de rotación de cultivos.
- Aumento en la utilización de agroquímicos que modifican las condiciones y características de los suelos.
- Aumento de las actividades ganaderas ya que no se poseen animales solo para la subsistencia sino para producción
- Desprotección del suelo debido a la pérdida de su capa protectora, por la eliminación del recurso forestal, permitiendo así la pérdida de suelos por las movimientos en masa.



**Ilustración 24. Conflicto del uso del suelo.**

Fuente: IGAC. 2013.



**Ilustración 25. Usos del suelo recomendados**

Fuente: IGAC. 2013.

### 6.1.1.5 Hidrología

El municipio de La Vega pertenece a la cuenca hidrográfica del Río Negro. El mayor afluente es el Río Tabacal, a éste se dirigen todo los drenajes; al salir del territorio se conoce como Río Tobia, en el cual desemboca el Río Villeta y finalmente desemboca al Río Negro.<sup>78</sup> (Ver Ilustración No. 26)

El municipio de La Vega cuenta con 4 subcuencas que se distribuyen sobre el territorio de la siguiente manera:

Subcuenca quebrada Natauta: Al norte del municipio entre las veredas Petaquero, La Cabaña, Guarumal, Cacahual, Chupal y Hoy Grande. Presenta poca población y el uso del suelo se caracteriza principalmente por el predominio de pastos, bosques secundarios y grandes extensiones de Guadua. En campo agrícola se encuentra el café como monocultivo.

Subcuenca de drenaje directo Río Tabacal: Al norte del municipio y nororiente, cubre las veredas Petaquera, Rosario, Minas, Laureles, La Cabaña, Tabacal, Naguy y la Patria y la zona sur del municipio con las veredas Sabaneta y El Dintel. En esta se pueden encontrar cultivos misceláneos en la mayoría de los predios, monocultivo de caña y asociaciones principalmente con bosque natural.

Subcuenca Río Íla. Se ubica en la parte central del municipio y cubre las veredas Ucrania, El Cural, San Juan, Centro y Libertad, también la parte sur de la vereda Laureles. Es la Subcuenca con mayor presión poblacional y con mayor diversidad de uso del suelo aunque manteniendo como en todo el municipio el predominio de pastos naturales. En la zona templada se ubican los cultivos misceláneos más extensos del municipio con predominio de Café y algunos monocultivos principalmente de frutales.

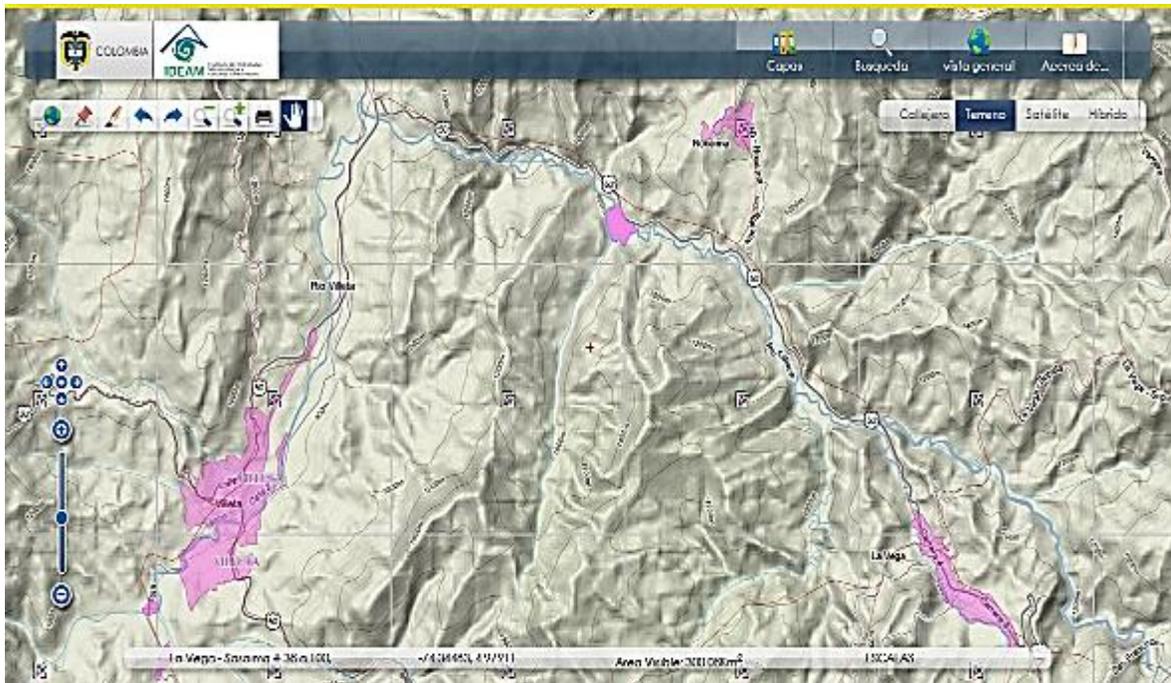
La zona fría se caracteriza por zonas considerables dedicadas únicamente a pastos y se evidencian las pocas áreas de protección en los nacimientos de los Ríos San Juan y Perucho que abastecen el acueducto municipal.

Subcuenca Río Gualiva: Ubicada al occidente del municipio.<sup>79</sup>

---

<sup>78</sup> SEING LTDA, Op. Cit., p. 60

<sup>79</sup> SEING LTDA, Op. Cit., p. 60



**Ilustración 26. Ríos principales y secundarios.**

Fuente: IDEAM 2014.

#### 6.1.1.6 Cobertura vegetal y especies vegetativas

La cobertura vegetal es el “manto vegetal de un territorio dado”. La importancia de considerar la cobertura vegetal en el ordenamiento de usos del territorio radica, entre otros aspectos por: su capacidad de asimilación de la energía solar, en ser productor primario en casi todos los ecosistemas, en su relación con los otros componentes del subsistema biofísico, estabilidad de pendientes, control de erosión, control hídrico, definición de microclimas locales, hábitat de especies<sup>80</sup>

La cobertura del suelo de Villeta se caracteriza por la capacidad de absorción de energía solar, como productora primaria de casi todos los ecosistemas y por su relación con otros componentes del subsistema biofísico por la estabilización de pendientes, el control de la erosión, el control hídrico, la definición de microclimas locales y por servir de hábitat a las especies animales. La cobertura es producto de la acción de los factores

<sup>80</sup> MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE, SECRETARÍA DE ESTADO PARA LAS POLÍTICAS DEL AGUA Y EL MEDIO AMBIENTE. Guía para la elaboración de estudios del medio físico, Contenido y Metodología. Madrid, 1.992.

ambientales entre un conjunto interactuante de especies y de la acción del hombre sobre el medio físico.<sup>81</sup>

En esta zona encontramos:

Bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) Formación ecológica que se encuentra condicionada a los siguientes parámetros climáticos: biotemperatura media anual entre 18 y 24°C, con un promedio anual de lluvias de 2000 a 4000 mm y una altitud de 1.000 a 2.000 m. Esta zona registra una evapotranspiración potencial promedio de 920 mm (calculada por el método Thornthwaite). Esta formación cubre la mayoría de la zona cafetera en municipios ubicados al noreste: Sasaima, La Vega, San Francisco, El Peñón, Topaipí, La Palma y Yacopí. Incluye, además, parte de los municipios de Nocaima, Nimaima y Caparrapí y gran parte de la región oriental de los municipios de Quetame, Gachalá y Guayabetal, prolongándose hacia el sur casi hasta encontrarse con los límites del departamento de Meta.<sup>82</sup>

En esta formación predominan el cultivo de café y cultivos esporádicos de frutales; estos cultivos han venido a sustituir en gran parte el bosque primario. Solamente se encuentran pequeñas manchas del bosque primario, localizadas en cercanías de San Francisco, La Vega, La Palma, Topaipí y Yacopí. Algunas de las especies más comunes en la zona son: Aguacatillo (*Persea coerulea*), Payandé (*Pithecellobium dulce*), Drago (*Croton smithianus*), Zurrumbo (*Trema micrantha*), Chirlobirlo (*Tecoma stans*), Cedro (*Cedrela odorata*), Cañafistula (*Senna grandis*), Gualanday (*Jacaranda caucana*), Carbonero (*Albizia carbonaria*), Cámbulo (*Erythrina fusca*), Guásimo colorado (*Luehea cymulosa*), Mo o Canalete (*Cordia alliodora*) Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Chachafruto (*Erythrina edulis*), Guayacán rosado (*Tabebuia rosea*), Velero o Vainillo (*Senna spectabilis*), Cucharo (*Myrsine guianensis*), Carate o manchador (*Vismia guianensis*), Guamo (*Inga edulis*), Guamo macheto (*Inga spectabilis*), Hobo (*Spondias mombin*), Pomarrosa (*Syzygium jambos*), Nogal (*Juglans neotropica*), Tinto (*Cestrum tinctorum*), Balso (*Ochroma pyramidale*), Dorancé (*Senna reticulata*) yarumo (*Cecropia teleincana*), Carbonero (*Calliandra pittieri*), Cordoncillo (*Piper guianensis*), Gaque o Copé (*Clusia multiflora*).<sup>83</sup>

En los recorridos de campo realizados por los autores del presente estudio se observaron las especies arbóreas detalladas en la tabla No 4, las cuales son pertenecientes al bosque primario, por lo que por sus características propias no pueden evitar la erosión y el fraccionamiento del terreno.

Adicionalmente en las fotografías 3, 4, 5, 6, 14, 15, 16, 17 y 19 se muestran las especies vegetales presentes en los taludes de los km 57 La Vega y Km 72 Chorro de Caiquero de la vía Bogotá –Villeta.

---

<sup>81</sup> SEING LTDA, Op. Cit., p. 60.

<sup>82</sup> CASTRO Consultores E.U., Clasificación de formación Vegetal Cundinamarca. 2011.

<sup>83</sup> Ibid., p.76

**Tabla 4. Especies Vegetales Presentes**

<b>Nombre Vulgar</b>	<b>Nombre Científico</b>
Gaque	Clusia multiflora
Arrayán	Myrcianthes leucoxylo
Escobo	Sida Acuta
Chusque	chusquea spp
Velitas	Abatia parviflora.
Encenillo	Weinmannia tomentosa
Guacharaco	Cupania cinérea
Laurel	Morella parvifolia
Aguacate	Persea americana
Matarraton	Gliricidio sepium
Cucharo	Myrsine guianensis
Garrocho	Viburnum tinoides
Dormidera	mimosa púdica
Cortadera.	Carex pichinchensis
Velitas	Abatia parviflora.
Helecho Falaguero	Pteridium aquilinum

Fuente: Autor- Recorrido de Campo. 2013.



**Fotografía 3 Vegetación presente en el Km 72 Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2012.



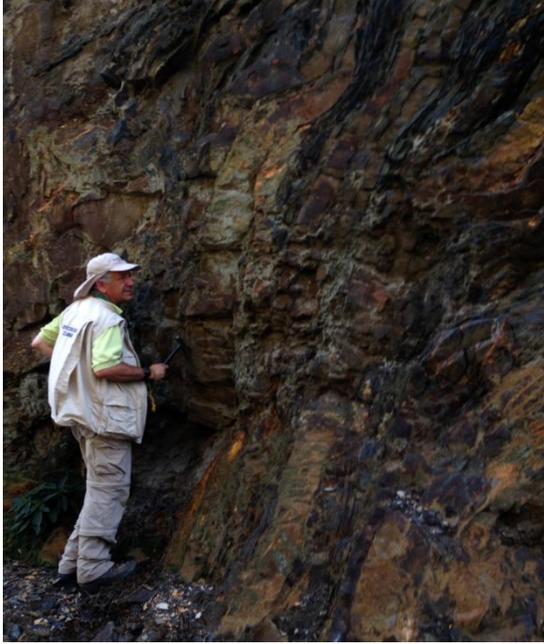
**Fotografía 4. Vegetación presente en el Km 57 Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2012.



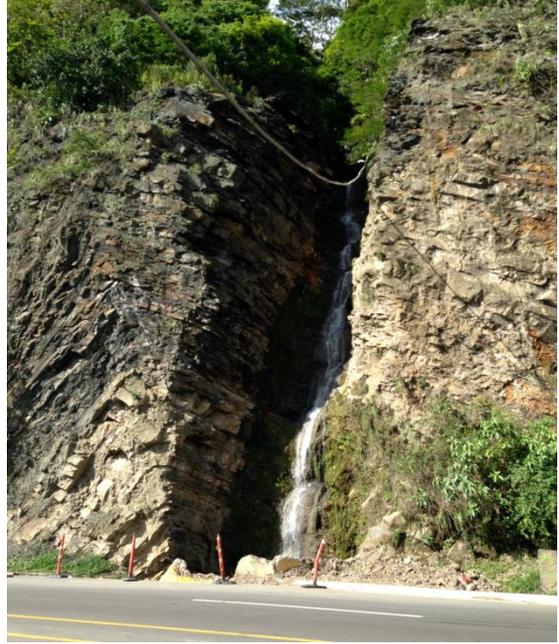
**Fotografía 5. Manejo de cuerpo de aguas Chorro de Caiquero Km 72 Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2013.



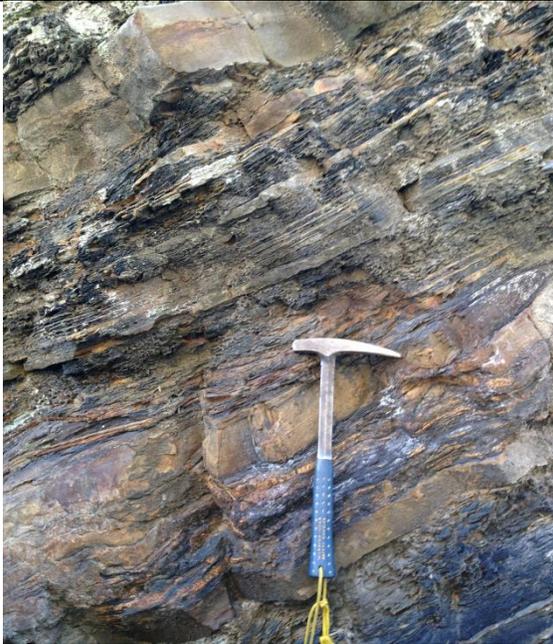
**Fotografía 6. Vegetación presente -Chorro de Caiquero Km 72 Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2013



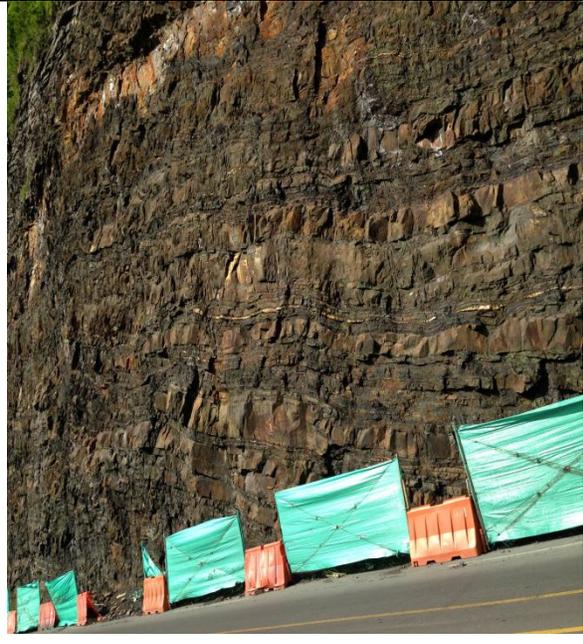
**Fotografía 7. Recorrido de campo Chorro de Caiquero Km 72 Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2013.



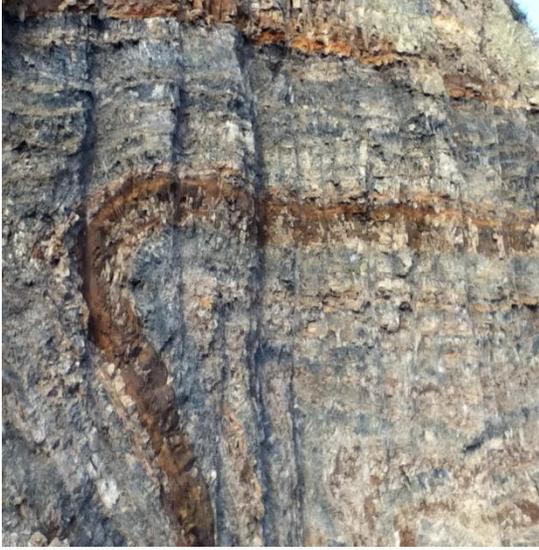
**Fotografía 8. Manejo de cuerpo de aguas Chorro de Caiquero Km 72 Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor 2013.



**Fotografía 10. Tipo de roca presente en el Chorro de Caiquero Km 72 Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2013

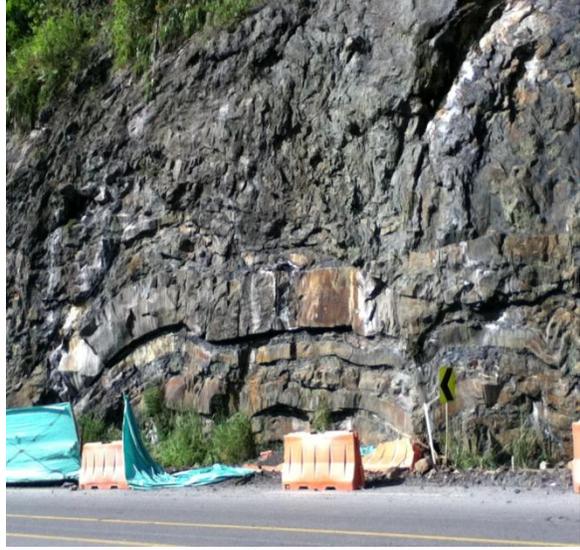


**Fotografía 11. Tipo de roca presente en el Chorro de Caiquero Km 72 Vía Bogotá- Villeta.**  
Fuente: Autor.2013.



**Fotografía 12** Tipo de roca presente en el Chorro de Caiquero Km 72 Vía Bogotá- Villeta.

Fuente: Autor.2013.



**Fotografía 13** Tipo de roca presente en el Chorro de Caiquero Km 72 Vía Bogotá- Villeta

Cataclacita: rocas trituradas

Fuente: Autor. 2013.



**Fotografía 14.** Vegetación presente -Ladera Km 57 Vía Bogotá- Villeta

Fuente: Autor. 2012.



**Fotografía 15.** Vegetación presente -Ladera Km 57 Vía Bogotá- Villeta

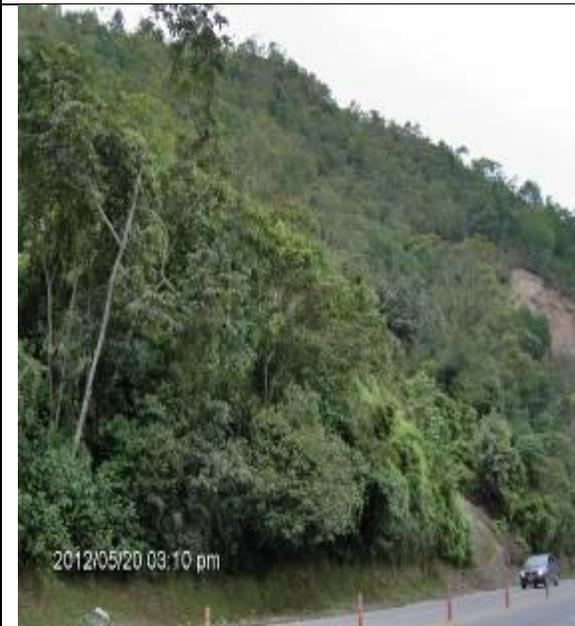
Fuente: Autor. 2013.



**Fotografía 16. Vegetación presente -Ladera Km 72 Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2012.



**Fotografía 17. Vegetación presente -Ladera Km 72 y 70 Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2012.



**Fotografía 18. Vegetación presente –Talud Km 57 La Vega Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2012.



**Fotografía 19. Talud Km 57 La Vega Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2012.



**Fotografía 20 Talud La Vega Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2012.



**Fotografía 21 Corte que quedo después del derrumbe en el Talud de La Vega Vía Bogotá-Villeta**  
Fuente: Autor. 2012.



**Fotografía 22 Talud La Vega Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2013.



**Fotografía 23 Talud La Vega Vía Bogotá- Villeta**  
Fuente: Autor. 2013.



**Fotografía 24 Composición de las rocas presentes en el Talud La Vega Vía Bogotá-Villeta.**

Fuente: Autor. 2013



**Fotografía 25 Talud La Vega Vía Bogotá- Villeta**

Fuente: Autor.2013

#### **6.1.1.7 Porcentaje de cobertura**

Los suelos de La Vega y Villeta generalmente cuenta con la protección dada por la cobertura natural o por los individuos arbóreos presentes caracterizados como de tipo bosque natural, situación afirmada en los recorridos de campo desarrollados en los km 57 y 72 de la vía Bogotá Villeta, encontrándose que la mayoría de la cobertura vegetal y de las especies arbóreas son propias de la región frente a las especies de bosques secundarios (árboles plantados) por lo tanto la relación de cobertura de las especies de bosque primario se encuentra en el orden del 75% del total de especies analizadas en la tabla No 4.

**Tabla 5. Resumen de datos de los puntos de análisis**

PUNTO DE ANALISIS		LA VEGA	CHORRO CAIQUERO
Geología	Formación	Formación Hilo (secuencia sedimentaria de carácter silíceo)	Formación areniscas de Útica (Kiut)
	Litología	Secuencia de arenisca bio-clástica cuarcítica - calcárea, color gris, de grano fino hasta medio y grueso, estratificación laminar fina, sub-paralela a ondulosa; Por encima y debajo describe la presencia de lutita arcillosa gris oscura a negra y de carácter fisible.	Secuencia de arenisca bio-clástica cuarcítica - calcárea, color gris, de grano fino hasta medio y grueso, estratificación laminar fina, sub-paralela a ondulosa; Por encima y debajo describe la presencia de lutita arcillosa gris oscura a negra y de carácter fisible.
	Tectónica	Falla (Quebrada Honda, Albán, Supata)	Anticlinal (Anclinatorio de Villeta)
	Amenaza Natural	Deslizamientos, Erosión Hídrica.	Deslizamientos, Desbordamiento del río, Erosión Hídrica.
Hidrología	Tipo	Superficial (cercano a la vía)	Superficial en talud
	Presenta obra civil para el manejo de aguas	No	No
CLIMA (Templado)	Temperatura	18° -24° C	18° -24° C
	Precipitación	1500 - 2000 mm/m <sup>2</sup>	1500 - 2000 mm/m <sup>2</sup>
	Días de lluvia multianual	150 a 200	150 a 200
	Humedad Relativa (promedio anual)	80 al 85 %	80 al 85 %
	Brillo solar	1300 a 1700 horas al año	1300 a 1700 horas al año
	Vientos	1,0 y 2,0 m/s	1,0 y 2,0 m/s
TIPO DE TALUD		Actualmente es natural debido al deslizamiento presentado en diciembre de 2011	Antrópico
BIOTA	Vegetación del Talud de la vía	Vegetación Tipo Bosque Primario Vegetación Rastrera	Vegetación Tipo Bosque Primario Vegetación Rastrera
	Porte	Un gran porcentaje son de porte bajo (alturas entre 0.4 y 1 m.	Un gran porcentaje son de porte bajo (alturas entre 0.4 y 1 m.
	% de cubrimiento de la vegetación	75%	50%
Uso del suelo	Tipo de Uso	MISCELANEO	MISCELANEO
	Presenta conflicto de uso del suelo	Conflicto por sobreutilización	Conflicto por sobreutilización
	Presenta Practicas inadecuadas	SI	SI

Fuente: Autor. 2014.

### 6.1.1.8 Análisis de riesgo

Tabla 6. Criterios de Calificación para la Matriz de Evaluación de Riesgos

	CRITERIO	CUALIDAD	INTERPRETACIÓN	CALIFICACIÓN		
CALIFICACION DE LA AMENAZA	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (# de veces que se presenta la amenaza)	REMOTA	La posibilidad de que ocurra el riesgo es muy limitada	2,5	BAJA	
		OCASIONAL	El riesgo se presenta pocas veces	5	MEDIA	
		MODERADA	El riesgo se presenta con cierta frecuencia más de una vez	7,5	ALTA	
		FRECUENTE	El riesgo se presenta - ocurre con frecuencia	10	MUY ALTA	
	FRECUENCIA (# de veces que se puede repetir cuando la amenaza se presenta)		Entre 1 y 3 veces	2,5	BAJA	
			Entre 4 y 7 veces	5	MEDIA	
			Entre 8 y 10 veces	7,5	ALTA	
			Más de 10 veces	10	MUY ALTA	
	INTENSIDAD (Grado de daño que genera la amenaza)		Entre el 10 % y 39%	2,5	BAJA	
			Entre el 40 % y 79%	5	MEDIA	
			Entre el 80 % y 100%	10	ALTA	
	CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD	ORGANIZACIÓN (Se refiere a la estructura que tiene los actores vinculados (municipio, concesión de vía entre otros) para cubrir el riesgo)		Buena	2,5	BAJA
				Media	5	MEDIA
			Baja	10	ALTA	
LOCALIZACIÓN (Ubicación de los elementos en riesgo)			Buena	2,5	BAJA	
			Media	5	MEDIA	
			Baja	10	ALTA	
EQUIPOS Y MAQUINARIA (Disponibilidad ó apoyo logístico para atender la amenaza)		Buena	Buena	2,5	BAJA	
		Media	Media	5	MEDIA	
		Baja	Baja	10	ALTA	
GRAVEDAD (Grado de daño que ocasiona el riesgo cuando se presenta)		INSIGNIFICANTE	El daño causado sobre el medio es imperceptible o mínimo	2,5	INSIGNIFICANTE	
		MARGINAL	Los daños causados sobre el medio son leves	5	MARGINAL	
		CRITICA	Los daños causados sobre el medio son graves mayores al 50%	7,5	CRITICO	
		CATASTROFICA	Los daños causados sobre el medio son irrecuperables	10	CATASTROFICO	
DURACIÓN (Tiempo durante el cual los elementos en riesgo están expuestos a dicho riesgo)		INSTANTANEO	Cuando el riesgo dura muy CORTO tiempo	2,5	INSIGNIFICANTE	
		CORTO	Cuando el riesgo tiene una duración MEDIA	5	MARGINAL	
		LARGO	Cuando el riesgo tiene una duración PROLONGADA	7,5	CRITICO	
	PERMANENTE	Cuando el riesgo es CONTINUO e INDEFINIDO	10	CATASTROFICO		

Fuente: Autor. 2014.

De acuerdo a lo establecido en la metodología se identificaron las variables y se clasificaron los riesgos para proceder a su evaluación utilizando los criterios definidos en la tabla No 6; los cuales fueron aplicados a la formula Clasificación del Riesgo

$$R = GA + GV + GG + GD$$

Donde:

R= Riesgo

GA Grado de Amenaza

GV= Grado de Vulnerabilidad

GD= Grado de Duración.

Obteniendo resultados que se encuentran entre los diez (10) y ochenta (80), como se que se interpretan de la siguiente forma:

ACEPTABLE	ENTRE 10 Y 29
TOLERABLE	ENTRE 30 Y 59
INACEPTABLE	ENTRE 60 Y 80

En la tabla No 7 se presenta la matriz de evaluación del riesgo se puede observar que una vez aplicada la formula a los factores ambientales y antrópicos presentes en los km 57 La Vega y 72 Chorro Caiquero, se encuentra que los riesgos detonantes de los movimientos en masa son en la variable ambiental la deforestación la cual alcanzo un valor de 80, en los antrópicos el uso extensivo del suelo con 65, las condiciones de la roca y suelo, la sobrecarga de la acumulación del agua con 62.5 y la remoción de la cobertura vegetal.

Los valores obtenidos en la valoración son consecuentes con los riesgos que detonan los movimientos en masa debido a que la deforestación ocasiona la desprotección del suelo por la pérdida de la cobertura dejándolo susceptible a las condiciones climáticas y al aprovechamiento del hombre para la instalación de cultivos y ganadería, los cuales requieren del uso de agua provocando procesos de meteorización de la roca y el suelo haciendo

**Tabla 7. Matriz de Evaluación de Riesgos**

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO														
No.	FACTORES	CARACTERÍSTICAS Y/O ACTIVIDADES	RIESGO ASOCIADO	RIESGO								GRAVEDAD	DURACIÓN	CALIFICACION DEL RIESGO
				AMENAZA				VULNERALIDAD						
				PROBABILIDAD	FRECUENCIA	INTENSIDAD	RESULTADO	ORGANIZACIÓN	LOCALIZACIÓN	RECURSOS PARA ATENCIÓN	RESULTADO			
1	AMBIENTALES	Condiciones de suelo y roca	Movimientos en masa	7,5	10	10	27,5	5	10	5	20	7,5	7,5	62,5
2		Topografía		2,5	2,5	2,5	7,5	2,5	2,5	2,5	7,5	2,5	2,5	20
3		Lluvia		5	5	5	15	2,5	2,5	5	10	5	5	35
4		Actividad Tectónica		7,5	7,5	5	20	5	5	5	15	7,5	7,5	50
5	ANTRÓPICOS	Deforestación		10	10	10	30	10	10	10	30	10	10	80
6		Excavaciones		5	2,5	5	12,5	2,5	2,5	2,5	7,5	5	5	30
7		Sobrecarga por rellenos		10	7,5	2,5	20	5	2,5	2,5	10	2,5	5	37,5
8		Sobrecarga por terraplenes		10	5	5	20	5	2,5	2,5	10	5	5	40
9		Sobrecarga por acumulación de agua		10	7,5	10	27,5	10	5	2,5	17,5	7,5	10	62,5
10		Remoción de cobertura vegetal		7,5	10	5	22,5	2,5	10	10	22,5	7,5	7,5	60
11		Uso extensivo del suelo		10	10	5	25	10	10	2,5	22,5	7,5	10	65
12		Extracción de materiales a cielo abierto (actividad minera)		2,5	2,5	2,5	7,5	2,5	2,5	2,5	7,5	7,5	7,5	30

Fuente: Autor. 2014.

### 6.1.1.9 Movimientos de masa registrados en Cundinamarca.

De acuerdo a lo registrado en la base de datos del Servicio Geológico Colombiano en el transcurso de los años 2011 y 2012 se han presentado movimientos en masa de tipo deslizamiento en inmediaciones a la vía Bogotá –Villeta, como se aprecia en la tabla No 8. La frecuencia fue en aumento de año 2011 al 2012, especialmente en los meses de terminación del año 2011 e inicio de 2012.

Lo anteriormente demuestra que los movimientos en masa no han fueron prevenido ni controlados por falta de la adopción de medidas de prevención y control.

**Tabla 8. Información de los movimientos de masa registrados.**

Código	Fecha	Latitud	Longitud	Sitio	Tipo de Movimiento
NOCAIMA					
17235	4/08/11	5,055022901	-74,39371926	El Volador	Deslizamiento
23687	24/01/12	5,066388889	-74,38333333	-	Deslizamiento
23688	24/01/12	5,066388889	-74,38333333	-	Deslizamiento
23689	24/01/12	5,066388889	-74,38333333	-	Deslizamiento
23690	24/01/12	5,066388889	-74,38333333	-	Deslizamiento
LA VEGA					
26309	16/12/12	4,976111111	-74,33305556	CORONA DESLIZAMIENTO	Deslizamiento rotacional
26369	26/12/12	5,011944444	-74,32972222	Cuerpo del movimiento	Flujo de detritos
17234	4/08/11	4,973719015	-74,34578119	Entre Santa Lucía y Hoya Grande	Deslizamiento
20627	19/01/12	4,999722222	-74,35	KILOMETRO 66	Deslizamiento
23677	24/01/12	4,999444444	-74,35	-	Deslizamiento
23678	24/01/12	4,999722222	-74,35	-	Deslizamiento
25424	7/05/12	5,065	-74,425	Alto del Vino	Deslizamiento
26313	16/12/12	4,945277778	-74,31444444	FINCA MANUEL BARRIGA	Deslizamiento
26369	26/12/12	5,011944444	-74,32972222	Cuerpo del movimiento	Reptación de suelos
26389	27/12/12	4,972777778	-74,3325	CAMPO BELLO EL CURAL	Reptación de suelos

Fuente: <http://zaforo.sgc.gov.co/simma/default.aspx>

## **6.2 MEDIDAS DE CONTROL**

Una vez analizadas identificadas, caracterizadas, ponderadas y priorizadas las causas del riesgo de movimientos en masa del estudio en cuestión se diseñó un Plan de Gestión del Riesgo que consiste en el desarrollo de una serie de estrategias, diseñadas como medida de control para la prevención de estos fenómenos y en consecuencia la reducción de pérdida de vidas y recursos por la destrucción de propiedades e infraestructuras.

### **6.2.1 PLAN DE GESTIÓN DEL RIESGO**

Dentro del Plan de Gestión del Riesgo se proponen Programas dentro de las líneas de acción de Ingeniería Civil, Control Ambiental y Social, que en el marco de un proceso de planificación, contribuyan a establecer medidas de prevención, control y remediación y/o estabilización para reducir los niveles de amenaza y riesgo. Dichas estrategias se orientan a la implementación de medidas para:

- Disminuir el riesgo de desastres a largo plazo (prevención), reduciendo causas como intensidad del fenómeno, la exposición o el grado de vulnerabilidad
- Establecer medidas de control para mitigar el riesgo de movimientos en masa
- Preparación de respuesta adecuada en caso de ser requerida, incluyendo alertas tempranas y métodos de evacuación temporal
- Respuesta en el evento o posterior a un evento de desastre

#### **6.2.1.1 Programa de Ingeniería Civil**

El programa de Ingeniería consiste en el desarrollo de diferentes medidas para el diseño técnico de taludes. Para lo cual se establece los lineamientos básicos y especificaciones para realizar un manejo técnico durante la construcción de taludes, orientado principalmente a las compañías constructoras. Este programa contiene las siguientes etapas:

##### **Etapas 1. Evaluación de la vía:**

Durante esta etapa los constructores deberán analizar la vía considerando lo siguiente:

- La determinación de condiciones técnicas y ambientales de tipo topográfico, geológico, hidrogeológico, geotécnico y ecológicas del terreno mediante el uso de la matriz de riesgos e impactos ambientales (Ver Anexo B)
- Estimación de condiciones climáticas, principalmente la precipitación

- Valoración de los volúmenes de movimiento de tierras y dimensiones de las obras de drenaje de cada alternativa.<sup>84</sup>

Teniendo en cuenta las longitudes, pendientes, volúmenes de cortes y rellenos, obras de drenaje, problemas geológicos, geotécnicos y ambientales, se realizará un análisis de alternativas considerando el riesgo de movimientos en masa como el factor más importante y proponer medidas para estabilización de los terrenos en los cuales se hayan detectado riesgos, atendiendo a los siguientes aspectos:

- Muros de contención en gaviones o de concreto
- Desviación de drenajes
- Aterramiento de taludes
- Revegetalización de taludes
- Reforestación de áreas críticas
- Reubicación de viviendas en zonas de riesgos en coordinación con Instituciones públicas encargadas de temas de vivienda y prevención de desastres<sup>85</sup>

## **Etapas 2. Diseño Técnico de taludes:**

En las vías ubicadas en terrenos montañosos, los cortes deberán ser diseñados de forma que los taludes resultantes de éstos, no presenten problemas posteriores de erosión. (Banco Mundial, 1990)

La construcción de taludes debe realizarse con los siguientes criterios técnicos:

- Los taludes de corte y relleno de altura menor a tres metros deberán ser alisados y redondeados para suavizar la topografía y evitar deslizamientos
- Para taludes de corte y relleno de mayor altura (relación 1.5/2 ó 2/1, se realizarán plataformas en el corte. El ancho de las plataformas deberá ser suficiente para permitir una operación adecuada de compactación y nivelación. Se deberá construir un muro de contención si se encuentra dificultad con el aterramiento
- En terrenos ondulados, se podrán usar muros de parapeto en el borde del espaldón como alternativa a rellenos laterales o cortes excesivos
- Se debe considerar la construcción de taludes de cortes altos, en suelos sueltos o no cementados, debido a que éstos no toleran un talud mayores de relación 1/1, sin muro de contención.

---

<sup>84</sup> BANCO MUNDIAL. Manual Ambiental para el diseño y construcción de vías. Proyecto especial de rehabilitación infraestructura de transportes, 1990. p. 57.

<sup>85</sup> Ibid., p.90.

- Se debe evitar hacer grandes cortes para reducir las pérdidas de suelo orgánico, debido a la erosión porque la capa de suelo está carente de nutrientes y poco desarrollada estructuralmente, los procesos de revegetalización se dificultan.<sup>86</sup>

<b>PERFIL DEL PROYECTO - FICHA N° 1</b>		
<b>PROYECTO :</b> Estabilización de taludes por remoción de material		
<b>ESTRATEGIA:</b> Control		
<p><b>OBJETIVO:</b> Retirar materiales inestables que permitan reducir las fuerzas actuantes con el fin de evitar el deslizamiento.</p> <p><b>DESCRIPCIÓN:</b></p> <p>La remoción de materiales inestables va desde el descapote o remoción de los primeros metros de suelo hasta la eliminación de todo el material inestable.</p> <p><b>ACTIVIDADES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio Geotécnico del terreno y evaluación del factor de seguridad del talud existente.</li> <li>• Diseño para la conformación del talud.</li> </ul>		<p style="text-align: center;">Construcción del Talud e Instalación de la malla galvanizada</p>
Método	Ventajas	Desventajas
Remoción de materiales de la cabeza del talud	Muy efectivo en la estabilización de los deslizamientos rotacionales	En movimientos muy grandes, las masas que se van a remover tendrían una gran magnitud.
Abatimiento de la pendiente	Efectivo, especialmente en los suelos friccionantes	No es viable económicamente en los taludes de gran altura.
Terraceo de la superficie	Además de darle estabilidad al deslizamiento permite construir obras para controlar la erosión	Cada terraza debe ser estables independientemente
Colocación de bermas o	Contrarrestan el momento de las fuerzas actuantes y además, actúan como	Se requiere una cimentación con suficiente capacidad de soporte.

<sup>86</sup> Ibid., p. 90.

contrapesos	estructura de contención.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción del talud</li> </ul>		

<b>PERFIL DEL PROYECTO - FICHA N° 2</b>		
PROYECTO : Estructura de Contención		
ESTRATEGIA: Control		
OBJETIVO: Implementar estructuras de contención de tierras que aumenten las fuerzas externas e impidan el movimiento en masa		
DESCRIPCIÓN:		
<p>Instalación de estructuras - muros de gravedad como lo son muros en concreto simple, concreto ciclópeo, gaviones, criba, mampostería, enrocado con el fin de impedir el movimiento en masa</p>		
ACTIVIDADES:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la viabilidad del uso de las estructuras de contención: Análisis de las restricciones de derecho de vía, materiales, equipos, estructuras existentes, aspectos ambientales, estética, movimientos de tierra y costos.</li> <li>• Estudio Geotécnico del terreno y evaluación del factor de seguridad del talud existente.</li> <li>• Realizar el estudio que permita la determinación del método más apropiado, para la estabilización del terreno tomando en cuenta factores como: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tamaño del movimiento en masa</li> <li>○ Tipo de movimiento en masa</li> <li>○ Potencial de consecuencias</li> <li>○ Conocimiento del terreno</li> <li>○ Posibilidad de eventos externos</li> <li>○ Localización del muro de contención propuesta.</li> <li>○ Altura del muro de contención</li> <li>○ Condiciones del terreno y nivel freático</li> <li>○ Cantidad de movimiento del terreno</li> </ul> </li> </ul>		
Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto reforzado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a ocho metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos	Requieren de buen piso de cimentación. Son poco económicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace poco efectivos en muchos casos de estabilización de movimientos en

	convencionales de construcción.	masa grandes.
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para mejorar su apariencia exterior	No permite deformaciones importantes, se necesitan de grandes cantidades de concreto y u tiempo de curado antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente son poco económicos para alturas mayores a tres metros.
Concreto Ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto. Generalmente, son más económicos que los de concreto simple o reforzado.	El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes. Se requiere la disponibilidad de bloques de roca
Concreto ciclópeo con columnas de refuerzo	Combinan las ventajas de economía del concreto ciclópeo con la capacidad de flexión del concreto reforzado.	Es muy poca la investigación sobre su comportamiento y no existe una metodología aceptada de diseño
Mampostería o bloques de roca pegados con concreto	Son muy económicos cuando hay disponibilidad de bloques de roca. Son visualmente atractivos	Resistencia muy baja a la flexión. Son muy vulnerables a los movimientos.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño de la estructura</li> <li>• Construcción de la estructura</li> </ul>		

### PERFIL DEL PROYECTO - FICHA N° 3

PROYECTO : Estructuras Enterradas

ESTRATEGIA: Control

OBJETIVO: Reducir las fuerzas actuantes con el fin de evitar el deslizamiento.

DESCRIPCIÓN:

Son estructura compuestas por tablestacas, pilas o pilotes, las cuales se profundizan por debajo de la superficie de la falla, aumentando la resistencia al cortante sobre la superficie del deslizamiento y transmiten cargas a los materiales profundos mas competentes.

ACTIVIDADES

- Estudio Geotécnico del terreno y evaluación del factor de seguridad del talud existente.
- Realizar el estudio que permita la determinación del método más apropiado, para la estabilización del terreno tomando en cuenta factores como:

- Tamaño y tipo del movimiento en masa
- Tipo de roca presente
- Conocimiento del terreno
- Condiciones del terreno y nivel freático
- Cantidad de movimiento del terreno

Estructura	Ventajas	Desventajas
Anclajes y pernos individuales	Refuerzos que sostienen los bloques de roca. Permiten la estabilización de los bloques individuales o puntos específicos dentro de un macizo de roca.	Pueden sufrir corrosión. Se requiere rigidez del macizo rocoso.
Muros anclados	Estructuras de concreto ancladas al talud. Se pueden construir en forma progresiva de arriba hacia abajo, a medida que se avanza con el proceso de excavación. Permite excavar junto a edificios o estructuras. Permiten alturas considerables.	Los elementos de refuerzo pueden sufrir corrosión en ambientes ácidos. Se puede necesitar un mantenimiento permanente (tensionamiento). Con frecuencia, se roban las tuercas y los elementos de anclaje. Para su construcción, se puede requerir el permiso del vecino. Su construcción es muy costosa.
Clavos (Nails)	Inclusiones o refuerzos cementados en toda su longitud. Muy eficientes como elemento de refuerzo en los materiales fracturados o sueltos.	Generalmente, hay que emplear gran cantidad de nails para estabilizar un talud específico, lo cual los hace costosos. No funcionan muy bien sueltos.
Micropilotes	Inclusiones de refuerzo inyectadas con lechada a presión.  Refuerzo el suelo e inyectan los poros para mejorar la resistencia del material del talud	Su efecto específico es difícil de predecir. No son muy eficientes en suelos arcillosos.

- Diseño de la estructura
- Construcción de la estructura

### Etapa 3. Diseño de obras de drenaje

Las obras de drenaje son primordiales durante la gestión de riesgo de deslizamiento, debido a que el material saturado del suelo pierde resistencia, generando inestabilidad tanto en los soportes de las instalaciones, como en los taludes. Las deficiencias de diseño, construcción y mantenimiento de drenajes generan acumulación de agua que puede afectar de diferentes maneras la vegetación, el suelo y los organismos asociados.<sup>87</sup>

<sup>87</sup> SUAREZ, Op.cit., p.19.

Las especificaciones de diseño de taludes deberá realizarse con base en el régimen hidrológico, teniendo en cuenta que las obras de drenaje se pueden colmatarse debido a que una nueva carretera induce a procesos de asentamiento de población, lo que genera deterioro de las cuencas por deforestación y posterior erosión, lo que genera incremento en el aporte de sedimentos.<sup>88</sup>

A continuación se proponen los tipos de drenaje más comunes que pueden ser utilizados como alternativa para la protección del riesgo de deslizamiento.

- Zanjas en las partes altas del talud: son utilizados para interceptar y conducir adecuadamente las aguas lluvias, evitando su acumulación en el talud, éstas unidades no deben construirse cerca al borde del talud, deben estar atrás de las grietas de tensión en la corona del talud, tener adecuada impermeabilización y pendiente suficiente para garantizar el efectivo drenaje del agua captada.<sup>89</sup>
- Cunetas: son zanjas que pueden ser construidas de forma paralela al eje del camino, en área de pendiente suave y taludes pequeños. Estas unidades no deben utilizarse en zonas de escarpes, debido a que el drenaje en altas pendientes podría causar erosión. El funcionamiento adecuado de las cunetas se logra utilizando pendientes del 0.2 % si son revestidas y 0.3 % si no lo son.<sup>90</sup>
- Alcantarillas: se usan principalmente en zonas de sección mixta (corte – terraplén), donde las aguas pueden ser evacuadas a ríos u otras fuentes de agua. Cuando su utilización no es posible se emplea el tubo de arco, o la alcantarilla de cajón. La pendiente recomendada para tubos es de 1 a 2 %, para evitar sedimentos, la erosión y la excesiva velocidad del flujo de agua. También se debe considerar el ángulo en que se cruzará el drenaje, para el alineamiento y ubicación de éstas unidades. El sistema cuneta - alcantarilla no funciona bien si a la salida de la alcantarilla no se considera la instalación de una obra que evite la erosión del talud.<sup>91</sup>

Considerando las anteriores recomendaciones, se estableció uno de los proyectos del programa de Ingeniería que se describe a continuación

---

<sup>88</sup> SUAREZ, Op.cit., p.19.

<sup>89</sup> Ibid., p.90.

<sup>90</sup> Ibid., p.90

<sup>91</sup> SUAREZ, Op.cit., p.19.

## PERFIL DE PROYECTO – FICHA No 4

**PROYECTO:** Construcción de una zanja de corona de control de drenaje

### 1- ANTECEDENTES GENERALES:

Durante las exploraciones de campo se observó la importancia en la implementación de obras de drenaje y subdrenaje por las características hidroclimáticas de la región. Teniendo en cuenta que una de las técnicas más efectivas para la estabilización de laderas y taludes es el control de las aguas superficiales y subterráneas y que éstas obras son poco costosas, este proyecto comprende el desarrollo de una zanja de corona con el objetivo de controlar los efectos del agua, reduciendo las fuerzas que producen el movimiento y aumentando las fuerzas resistentes.

### 2- ESTRATEGIA: Prevención

Disminuir el riesgo de desastres a largo plazo (prevención), reduciendo causas como intensidad del fenómeno, la exposición o el grado de vulnerabilidad, mediante el correcto diseño de obras de ingeniería.

### 3. – OBJETIVO:

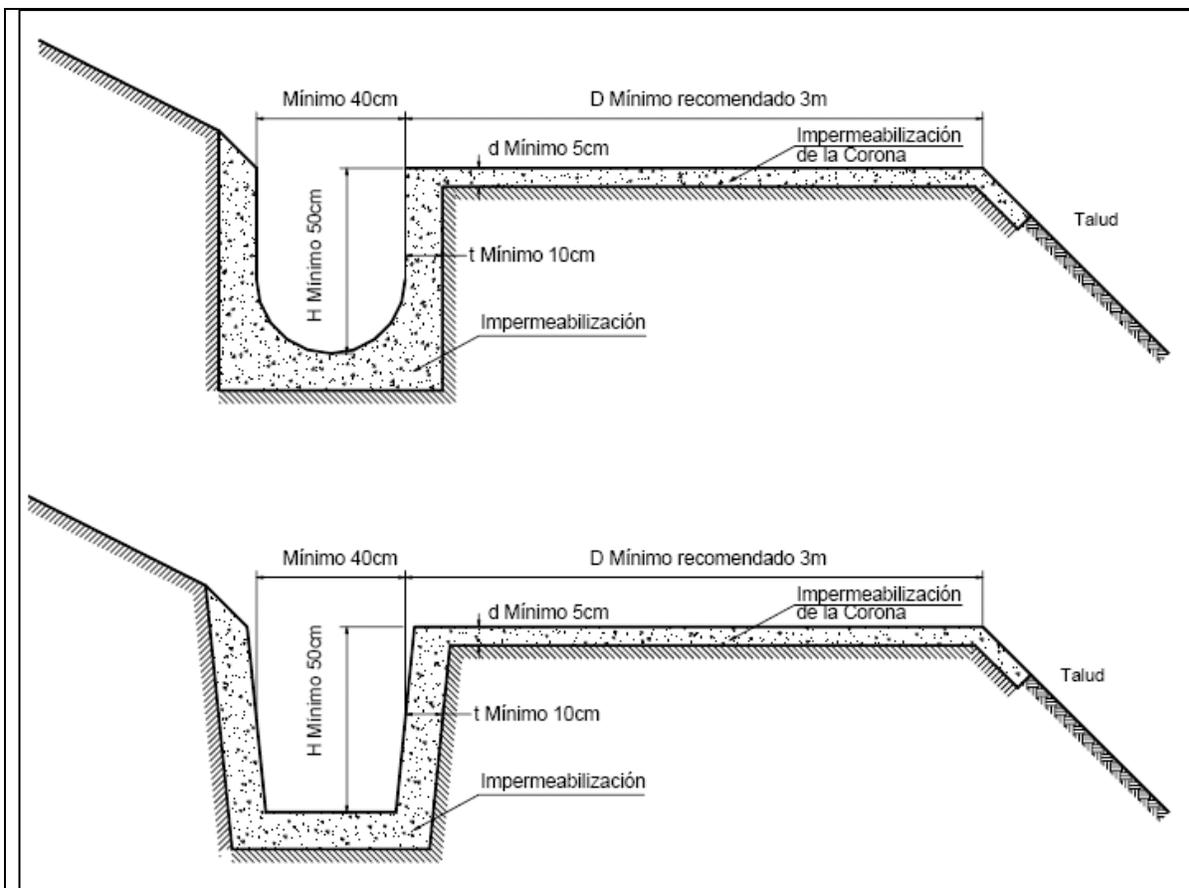
Mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión por medio de un sistema de zanja de corona.

### 4- METAS:

Diseño, construcción e implementación de una zanja interceptora en la parte alta del talud

### 5- DESCRIPCIÓN:

El proyecto consiste en el desarrollo de una obra de drenaje superficial, cuyo primordial objetivo es captar la escorrentía tanto del talud, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y conducir el agua lejos del talud que se quiere proteger, evitando daños por acción de la erosión, almacenamiento e infiltración.



**Ilustración 27. Detalle de zanjas de la corona para el control de las aguas superficiales del talud**

Para este propósito se propone la construcción de zanjas de corona en la parte alta del talud.

Criterios de construcción:

- Su construcción deberá ser realizada retirada del borde superior del talud
- Debe ser impermeabilizada
- Se requiere programación de actividades de mantenimiento para impermeabilización de las fisuras y las grietas que se presenten
- Debido a que el proyecto se implementará para un área pequeña de drenaje se recomienda una zanja rectangular de 40 cm centímetros de ancho y 50 centímetros de profundidad
- Su ubicación debe ser a lo largo de una curva de nivel, a fin de garantizar un

correcto drenaje

- Debe estar localizada suficientemente atrás de las grietas de tensión en la corona
- La separación mínima recomendada, es de tres metros desde el borde de la corona

#### 6.-ACTIVIDADES

- Estudio de la topografía de la zona
- Calculo de la escorrentía y caudales a ser colectados
- Diseño
- Evaluación del diseño
- Construcción
- Impermeabilización
- Mantenimiento

#### 7.-INDICADORES

- Porcentaje de erosión
- Volumen de agua de infiltración

#### 6.2.1.2 Programa de Control Ambiental.

Este programa se enmarca en la implementación de medidas de Control Ambiental con el fin de reducir los problemas de estabilidad identificados en la fase de evaluación del riesgo y la promoción de buenas prácticas agropecuarias.

Las medidas de estabilidad están orientadas al manejo biológico del terreno a procesos de revegetalización del terreno, que son importantes en la estabilidad de los taludes debido a que ofrecen protección contra la erosión pluvial en climas secos y contra la solifluxión y remoción en masa en los climas húmedos. Se analizará el tipo de vegetación apropiada para la protección de taludes teniendo en cuenta que:

- Se requiere vegetación que proporcione protección superficial, para impedir el impacto directo de las gotas de lluvia de acuerdo a las características climáticas de la zona de influencia
- El tipo de cobertura de hojarasca y especies herbáceas que disminuyan la velocidad de escorrentía

- El tipo de cobertura que mejore la estructura del suelo y aumento de su capacidad de retención y estabilización de minerales y agregados, procurando especies cuyas raíces favorezcan infiltración moderada.

Se debe considerar la necesidad de reacondicionar los taludes antes de iniciar trabajos de revegetalización con el fin de reducir las pendientes, debido a que en áreas de morfología inclinada o en taludes artificiales es difícil el asentamiento de especies que contribuyan a estabilizar el terreno. Para esto es necesario aplicar técnicas para disminuir el gradiente de la pendiente de los taludes y buscar una base estable para la vegetación.

Para cada problema específico encontrado se implementaran medidas biológicas específicas como es presentado en el siguiente cuadro:

<b>PROBLEMAS ENCONTRADOS</b>	<b>MEDIDAS BIOLÓGICAS</b>
Socavación	Mantenimiento de la vegetación natural o revegetalización de los taludes afectados
Procesos erosivos	Realizar procesos de revegetalización con especies propias del ecosistema afectado con el fin de evitar la exposición de la roca a la acción del agua
Procesos de Erosión pluvial	Procesos de revegetalización con especies de clima seco, preferiblemente arbustivas, que con su sistema radicular retengan y establezcan el material
Solifluxión	Revegetalización con gramíneas que favorezcan la escorrentía y eviten la infiltración de las aguas

Fuente: Autor. 2014.

Conformación del terreno: Con el fin de obtener la pendiente crítica de revegetalización, se deberán desarrollar las siguientes medidas:

- Banquetas: estructuras de tejido de alambre que se colocan sostenidas en el terreno siguiendo la curva de nivel, a 40 centímetros sobre la superficie y 30 centímetros enterrados. La banqueta es llenada con suelo orgánico y plantada con pequeños arbustos y plantas herbáceas especiales para la revegetalización.
- Trinchos: éstas son unidades delimitadas por estacas de madera, en las que se colocan especies capaces de formar cercas vivas.
- Coberturas de hojarasca: con el fin de favorecer la formación del suelo, se realiza un proceso de recubrimiento con hojarasca, comenzando en la pata del talud y

continuando hacia arriba, este proceso se realiza con estacar para mantener la densidad de ramas y otros restos vegetales

- Siembras en curvas de nivel : consiste en la siembra de especies vegetales con raíz, a lo largo de las curvas de nivel, con una separación entre curva y curva de entre 1.5 y 3 metros.

#### **PERFIL DE PROYECTO – FICHA No 5**

**PROYECTO:** Construcción de un sistema de bioingeniería para revegetalización del talud

##### **ANTECEDENTES GENERALES:**

Tomando en consideración que la protección ideal de la superficie de un talud es el recubrimiento con vegetación, se propone para este proyecto la implementación de medidas de bioingeniería para permitir la implantación de la vegetación en un área deteriorada en el talud.

##### **ESTRATEGIA:** Control

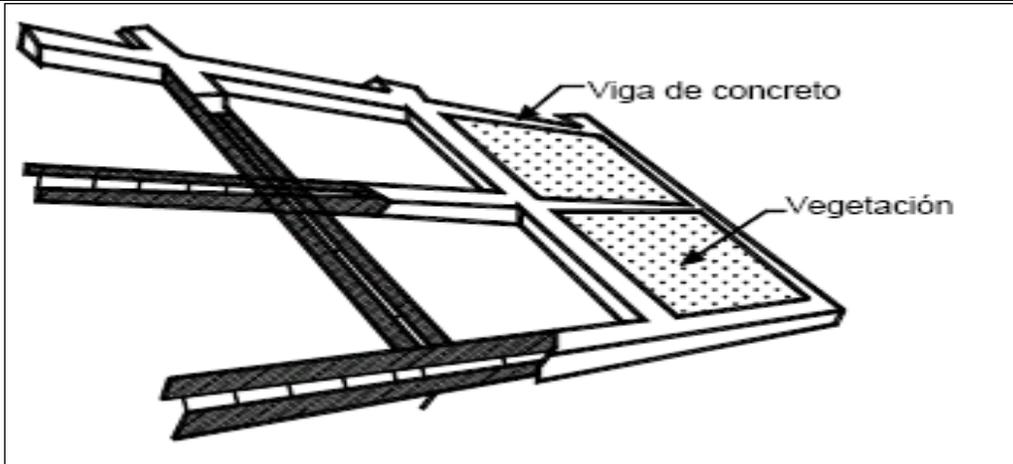
Establecer medidas de control para mitigar el riesgo de movimientos en masa.

##### **OBJETIVOS:**

Mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión, con el fin de mitigar el riesgo de movimientos en masa.

##### **DESCRIPCIÓN:**

Para este proyecto se propone la implementación de un sistema de biotecnología para la estabilización del talud , que consiste en la instalación superficial de vigas de concreto armado en forma reticulada, cuyas áreas intermedias serán sembradas con especies seleccionadas de acuerdo a la problemática a ser solucionada dentro del talud ya sean procesos de soliflucción, erosión pluvial, o socavación. En la Ilustración 29 se describe la estructura de bioingeniería:



**Ilustración 28. Estructura de bioingeniería.**

**ACTIVIDADES**

- Establecer áreas en el talud menores a 45° de pendiente
- Realizar un estudio de la vegetación apropiada para el tipo de proceso identificado y adaptación de acuerdo al suelo y topografía del área a ser revegetalizada.
- Realizar un estudio piloto para determinar la adaptación de las especies seleccionadas
- Diseño y construcción de estructura de vigas
- Instalación de la estructura de vigas
- Revegetalización de las áreas intermedias de las vigas

Las medidas de promoción de buenas prácticas agropecuarias permitan el acceso y la disponibilidad a alimentos seguros y diversos, que en el proceso de cosecha disminuyan los efectos negativos sobre el suelo.

<b>PERFIL DEL PROYECTO - FICHA Nº 6</b>
PROYECTO : Promoción buenas prácticas agropecuarias
ESTRATEGIA: Control
OBJETIVO: Concienciar a la comunidad respecto a los beneficios y la disminución de los riesgos que trae la implementación de buenas prácticas agrícolas.

#### DESCRIPCIÓN:

Realizar actividades que permitan la apropiación y la inclusión dentro de la comunidad las buenas prácticas agrícolas las cuales corresponden a un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas aplicables a la producción, procesamiento y transporte de alimentos, orientados a cuidar la salud humana, proteger el medio ambiente.

#### ACTIVIDADES

- Solicitar apoyo de entidades como el ministerio de agricultura, CORPOICA entre otros.
- Realizar capacitaciones en temas como:
  - Conocimiento del terreno
  - Tipos de cultivos y sus requerimientos
  - Calidad y manejo racional del agua
  - Manejo racional de agroquímicos
  - Prácticas de rotación de cultivos
  - Manejo integrado del cultivo
- Realizar evaluaciones periódicas correspondientes al impacto generado por las capacitaciones.

#### 6.2.1.3 Programa Social.

El programa social consiste en la concienciación de los actores que pueden verse afectados por riesgo de movimientos en masa a través de una cartilla que contiene una guía con los factores que pueden ser identificados de manera que se pueda establecer un sistema de monitoreo de los deslizamientos por parte de la comunidad y la conformación de un mecanismo de alertas tempranas.

#### PERFIL DE PROYECTO – FICHA No 7

**PROYECTO:** Establecimiento de un sistema de monitoreo de movimientos en masa por parte de la comunidad

#### ANTECEDENTES GENERALES:

Debido a que uno de los actores directamente involucrados en la gestión del riesgo es la comunidad, es importante la conformación de un equipo capacitado para hacer monitoreo de los factores de riesgo de movimientos en masa en zonas habitadas.

#### ESTRATEGIA: Prevención

Disminuir el riesgo de desastres, con la identificación de factores de riesgo por parte de

la comunidad

#### OBJETIVO:

Establecer un sistema de alertas tempranas promovido por la comunidad para la reducción de desastres en áreas habitadas

Conformación y funcionamiento de un grupo local de gestión del riesgo.

#### DESCRIPCIÓN:

El proyecto consiste en la conformación de una Red Comunitaria, como instancia responsable de la implementación del proceso de gestión local a través de las siguientes actividades

- Proceso de consulta: participación de los diferentes actores claves del municipio, entre ellos, las instituciones gubernamentales, ONGs, organizaciones comunitarias, entre otros.
- Discusión y análisis de las problemáticas sobre los movimientos en masa.
- Elaboración de un plan de gestión local de riesgo
- Capacitación de los enfoques conceptuales y procesos técnicos referentes al conocimiento de deslizamientos y acciones de sensibilización a través de una cartilla guía para identificación de riesgos críticos, a grupos más amplios de la población, para que se apropien y manejen los detalles de un sistema participativo de monitoreo de la amenaza de movimientos en masa.

#### ACTIVIDADES

- Elaboración de la guía para identificación de factores críticos de riesgo de un movimientos en masa
- Conformación del grupo de monitoreo
- Establecimiento de un canal de comunicación con instituciones locales de gestión del riesgo

### **6.3 GUÍA DE IDENTIFICACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGO GENERADO POR MOVIMIENTOS EN MASA.**

Para realizar un acercamiento con la comunidad, se presenta la siguiente guía que servirá de orientadora, debido a que es una forma sencilla y rápida de explicar los procesos de movimientos en masa, su ocurrencia, identificación de sus características, posibles acciones a desarrollar, que permitan una preparación oportuna en la prevención y atención. (Ver Anexo C)

## 7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los componentes del riesgo son la amenaza y la vulnerabilidad; en el análisis se identificaron el tipo, ubicación, la probabilidad de ocurrencia, la duración, la intensidad o magnitud y su cuantificación; se identificaron las personas o los elementos vulnerables, los factores que influyen como son la exposición, fragilidad y la resiliencia; posteriormente se estimó, para integrar el análisis de riesgo.

Los procesos geológicos junto al clima actúan sobre las rocas, dando origen al relieve como elemento del paisaje, fallas activas que liberan energía traducidas en movimientos (sismos y tsunamis) o calor (volcanes) y procesos exógenos como la erosión, las inundaciones, los movimientos en masa, que están condicionados a las propiedades intrínsecas de las rocas y el suelo producto de la degradación aunado a las formas de relieves, pendientes resultantes y las actividades antrópicas, fueron evaluados para el área de estudio de manera integrada.

El proceso de identificación de la amenaza partió con la caracterización y descripción de las variables asociadas a los riesgos de movimientos en masa que pueden causar daños en las vías y consecuentemente en las personas, bienes y el medio ambiente.

Para el estudio de caso se tomó como referencia dos (2) puntos de la vía Bogotá - Villeta, referenciados como Km 57 La Vega y Km 72 Chorro Caiquero, los cuales son áreas sensibles a este tipo de eventos, debido al relieve, clima, tipo y usos de suelos, manejo de cuerpos de agua y vegetación (tipo de vegetación y porcentaje de cobertura), para los cuales se realizó la descripción de los factores básicos a considerar en la evaluación del terreno mediante las siguientes variables analizadas:

- Geología:
  - Litología
  - Tectónica
  - Amenazas Geoambientales
  
- Hidrología
  
- Clima
  - Temperatura
  - Precipitación
  - Humedad relativa
  - Vientos

- Cobertura vegetal en el talud
  - Evaluación de Vegetación
  - Porte
  - Porcentaje de cobertura
  
- Uso de suelo
  - Uso actual del suelo
  - Conflictos de uso del suelo
  - Porcentaje de cobertura

Se presentan dos detonantes de movimientos en masa en el área de estudio: los antrópicos y los naturales. Los antrópicos generados por las actividades desarrolladas por el hombre como son las agrícolas, agropecuarias, talas de bosques, mal manejo de cuerpos de agua, entre otras; y los naturales originados por el sistema montañosos tropical que presentan en los puntos de referencia, donde al encontrar las fallas de Quebrada Honda, Albán y Supatá, provocan alto nivel de sismicidad en el área; a lo cual se suma, la meteorización generada por la radiación solar, la precipitación y la humedad traída por los vientos que provienen del Valle del Magdalena hacia la Sabana, los cuales provocan procesos de movimientos en masa.

Estos movimientos en masa producen cambios locales en la morfología del terreno, diversos daños: ambientales, en las obras de infraestructura, destrucción de viviendas, pérdidas de vidas, desabastecimiento de productos hacia la capital de país, bloqueo de ríos, etc; por lo cual se deben realizar estudios de gestión del riesgo.

Dentro de los factores ambientales y antrópicos presentes en los km 57 La Vega y 72 Chorro Caiquero, se encuentra que los riesgos detonantes de los movimientos en masa son en la variable ambiental la deforestación la cual alcanzo un valor de 80, en los antrópicos el uso extensivo del suelo con 65, las condiciones de la roca y suelo, la sobrecarga de la acumulación del agua con 62.5 y la remoción de la cobertura vegetal; debido a que la deforestación ocasiona la desprotección del suelo por la pérdida de la cobertura dejándolo susceptible a las condiciones climáticas y al aprovechamiento del hombre para la instalación de cultivos y ganadería, los cuales requieren del uso de agua provocando procesos de meteorización de la roca y el suelo haciendo

El grado de amenaza se califico como alto para el área de estudio, debido a que los factores ambientales anteriormente mencionados y la vulnerabilidad, de acuerdo con el análisis de riesgos obtenidos, complementado a la falta de organización de los diferentes entes administrativos y jurisdiccionales; hacen necesario que se incluya un programa que vincule a toda la comunidad (pobladores, alcaldías, concesión de la vía entre otros) con el fin de gestionar el riesgo.

## 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El análisis de riesgo implica una evaluación de las amenazas y de la vulnerabilidad que deben entenderse como actividades inseparables.
- En el análisis de la amenaza se identificó el tipo de amenaza y su ubicación, posteriormente se especificó sus características principales: probabilidad de ocurrencia, duración, intensidad o magnitud, valorar y cuantificar la amenaza.
- En la vía Bogotá – Villeta Km 57 La Vega y Km 72 Chorro Caiquero, son muchas las variables que se deben estudiar para determinan la estabilidad del terreno pero no todos tienen que estar presentes al mismo tiempo, para crear una situación de movimientos en masa, sin embargo es indispensable que cada variable sea analizada y se considere su influencia, para el caso de estudio se observa como factores asociados a la geología regional y local como el que sean rocas sedimentarias de tipo areniscas, con presencia de fallas de tipo anticlinal y factores de temperatura entre 18° -24° C, Precipitación: 1500 - 2000 mm/m2, Días de lluvia 150 a 200 Humedad relativa: 80 al 85 %, Brillo solar: 1300 a 1700 horas al año y Vientos: 1,0 y 2,0 m/s bajo estos parámetros entre otros contribuyen a la inestabilidad del terreno es decir a los movimientos de masa.
- Las áreas de estudio presentan características físicas particulares que la hacen susceptible a los movimientos en masa. En las áreas de ladera los movimientos ocurren por la combinación de una serie de factores tales como altas pendientes, el tipo, origen y calidad de los materiales presentes, el tipo de cobertura del suelo, el régimen de lluvias y en zonas urbanizadas el manejo incontrolado de aguas domiciliarias, generando todos los tipos elementales de movimientos.
- El análisis de la vulnerabilidad consistió en estudiar la capacidad del sistema o de un elemento expuesto para enfrentar, eludir o neutralizar los efectos de determinados eventos naturales o generados por los humanos realizando identificación de las personas o elementos potencialmente vulnerables, análisis de los factores que influyen en la vulnerabilidad (Exposición - fragilidad y resiliencia)
- El Plan de Gestión de Riesgo Generado por los Procesos de Movimientos en Masa en la Vía Bogotá Villeta cuenta con un componente de prevención control y remediación y/o estabilización para reducir los niveles de amenaza y riesgo. Dichas estrategias se orientaron a la implementación de medidas para:
  - Disminuir el riesgo de desastres a largo plazo (prevención), reduciendo causas como intensidad del fenómeno, la exposición o el grado de vulnerabilidad

- Establecer medidas de control para mitigar el riesgo de movimientos en masa
- Preparación de respuesta adecuada en caso de ser requerida, incluyendo alertas tempranas y métodos de evacuación temporal.
- Respuesta en el evento o posterior a un evento de desastre.

Por lo anterior se establecieron 3 proyectos en las líneas de Ingeniería civil, Control Ambiental y Control Social como medidas de prevención y control consistentes en la construcción de una zanja corona para control de drenajes, la construcción de un Sistema de Bioingeniería para revegetalización del talud y por ultimo un Sistema de monitoreo por parte de la comunidad.

- Si bien éstos proyectos se plantearon como resultado de la calificación de la matriz de riesgo en la que se obtuvo una valoración alta de riesgo de sobrecarga por acumulación de agua, por las condiciones de suelo y roca que al encontrarse con poca vegetación representaba un factor de importancia en procesos erosivos y consecuente movimientos en masa, no necesariamente deben ser los propuestas para otros casos debido a que las condiciones cambian de una obra a otra y deberá realizarse el mismo proceso ejecutado en este estudio para definir la pertinencia de los proyectos a realizar.

Los planes de gestión del riesgo deben priorizar, programar y ejecutar acciones por parte de todas las entidades, lo cual conlleva al análisis del riesgo, con el fin de establecer medidas de reducción y de manejo del desastre, como parte del ordenamiento territorial y de desarrollo

## BIBLIOGRAFÍA

- ACOSTA, J. Cambios laterales en la Formación Hiló. Memorias VI Congreso Colombiano de Geología, Tomo I, Medellín, Colombia, 1993.p. 182-195.
- ALCARAZ APARICIO, Manuel; SÁNCHEZ MEDRANO, Rafael y TRIGUEROS TORNERO, Emilio. Estudios geotécnicos para grandes taludes en roca. Madrid: Entorno Gráfico, 2003.
- AYALA CARCEDO, Javier y POSSE ANDREU, Francisco. Manual de ingeniería de taludes. España: Instituto Geológico y Minero de España, 2006.
- BANCO MUNDIAL. Manual Ambiental para el diseño y construcción de vías. Proyecto especial de rehabilitación infraestructura de transportes, 1990. p. 57.
- BARRETO ARCINIEGAS, Germán. Informe Técnico sobre la Visita de Emergencia al Sitio Villa Pía - Vereda La Masata Municipio de Villeta - Departamento de Cundinamarca. v.1. 2004
- BRABB, E; HRROD, B. Landslides: Extent and economic significance: Proc., 28th International Geological Congress: Symposium on landslides, A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, 1989. p.385.
- CÁCERES, C. y ETAYO, F. Bosquejo Geológico de la Región del Tequendama.-1er Congreso Colombiano de Geología, Opúsculo guía, Excursión pre-congreso, Bogotá. 1969. p. 22.
- CASAL, Patricia; DURÁN, Jorge y MONTALVO, Javier. Aplicaciones para la restauración de taludes. Laboratorio de Ecología Aplicada, Departamento de Ecología y Biología Animal. Facultad de Ciencias, Universidad de Vigo (UVI). Pontevedra. 2009.
- COMUNIDAD ANDINA. Incorporando la Gestión del Riesgo de Desastres en la Planificación y Gestión Territorial. Guía Técnica para la Interpretación y Aplicación del Análisis de Amenazas y Riesgos. Perú. 2009.
- CRUDEN, D. A simple Definition of a Landslide Bulletin of the International Association of Engineering Geology. No 43, 1991, p 27-29.
- CRUDEN, D.M., VARNES, D. J. "Landslide Types and Processes". Landslides: Investigation and Mitigation. Special Report 247, National Academy Press, Washington D. C. 1996.
- CONSULTORES, C. Clasificación de la Formación Vegetal Cundinamarca. 2011.

- COSTA GARCIA, Almudena. Inestabilidades por degradación superficial de taludes en suelos. Cantabria, España: Universidad de Cantabria, 2004.
- ETAYO, F. Zonation of the Cretaceous of Central Colombia by Amonites.– Publicación Especial de Ingeominas, Bogotá. 1979, p. 11 – 12,
- GARCÍA MURCIA, Misael. La Gestión del riesgo en Colombia y su relación con el cambio climático. Bogotá. 2009.
- GTZ. Guía para la gestión local de riesgo por Deslizamientos. 2 ed. El Salvador, Guatemala: Proyecto Sistema de Monitoreo de Deslizamientos SIMDE/GTZ, 2007.
- HOLDRIDGE, Lesli. Life Zone Ecology. 1967.
- HUBACH, E. Exploración en la región de Apulo – San Antonio – Viotá. Boletín de Minas y Petróleos. v. 4, Bogotá. 1931. p. 41 – 60.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA. GEOLÓGICOS. Riesgos Geológicos. Madrid, España. 1987.
- LAVELL, Allan. Degradación Ambiental, Riesgo y Desastre Urbano: Problemas y Conceptos; Ciudades en Riesgo. La RED. USAID. Lima, Perú. 1996.
- MINISTERIO DEL INTERIOR. Ley 1523 de 2012. Sistema Nacional de Gestión del Riesgo, Bogotá. 2012.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE, SECRETARÍA DE ESTADO PARA LAS POLÍTICAS DEL AGUA Y EL MEDIO AMBIENTE. Guía para la elaboración de estudios del medio físico, Contenido y Metodología. Madrid, 1.992.
- MORENO, Juan y CONCHA, A. Nuevas manifestaciones ígneas básicas en el flanco occidental de la Cordillera Oriental. Geología Colombiana. Bogotá. 1993.
- OTEO MAZO, Carlos. El agua y la carretera. El agua en los desmontes. España: Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera, 2004. 228-261 p. ISSN 0212-6389. N°. 136.
- ORNÉS VASQUEZ, Sandra; CHACÓN, Rosa. La Gestión del Riesgo Ambiental como eje de la planificación Urbana e indicador de desarrollo local. Caracas: Departamento de Planificación Urbana de la Universidad Simón Bolívar. 2009
- PALOMINO SAAVEDDRA, Cesar. Estudio del terreno y obras correctivas en el sitio de el cune, municipio de Villeta, Cundinamarca; con aplicación del método observacional. Bogotá, Colombia: U. N. Colombia Ed. Maestría En Ingeniería – Geotecnia, 2011.

- PERLADO ALONSO, Ricardo. Estudios climáticos e hidrológicos en los proyectos de carreteras. 2004. 14-31 p. ISSN 0212-6389, N°. 136.
- SAAVEDRA, C. P. Estudio del terreno y obras correctivas en el sitio de el cune, municipio de Villeta, Cundinamarca; con aplicación del método observacional; Maestría en Ingeniería – Geotecnia, Universidad Nacional de Colombia; 2011.
- SEING LTDA, S. E. Plan Básico de Ordenamiento Territorial- PBOT Villeta de San Miguel. La Vega Cundinamarca, 2000.
- SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las comunidades andinas. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Publicación Geológica Multinacional No 4. 2007. 432 p.
- SUAREZ, Jaime. Deslizamientos: Técnicas de Remediación, Colombia. 2010.
- UNALMED. Erosión Libro 1 y 2. 2011.
- UNESCO. Conceptos y herramientas sobre Sistemas de alerta temprana y Gestión del riesgo para la comunidad educativa. Costa Rica. 2009.
- RIBEIRO, Antonio Celso. Modelo de análisis de riesgos para desastres.2011.
- RIVERA POSADA, Horacio. Utilización del Nacedero Trichanthera gigantea (H&B) Nees, para la prevención y recuperación de áreas degradadas por erosión y remociones masales en suelos de ladera de Colombia. Cali Colombia: Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, 2002. 129-144 p.
- TRAGSA, Tragsatec. Restauración hidrológico-forestal de cuencas y control de la erosión. Mundiprensa. Madrid. 1998.
- VARNES, D.J., Slope Movement: Types and Proceses. In Scuster & Krizek, 1978: Landslides: Analysis and Control. Special report 176. Transportation Research Board, Comisión on Sociotechnical Systems, National Research Council. National Academy of Sciences, Washungton D.C. 1978. p. 234.
- WYLLIE, Duncan; NORRISH Norma “Stabilization of rock slopes”. Landslides investigation and mitigation. Special report 247. Transportation Research. 1996.

#### Consultas electrónicas

- [www.ideam.gov.co/](http://www.ideam.gov.co/). Recuperado 20/02/2014.
- [www.igac.gov.co/](http://www.igac.gov.co/). Recuperado 20/10/2013 y 04/03/2014.
- <http://zafiro.sgc.gov.co/simma/default.aspx>. Recuperado 15/11/2013.

- <http://ecoambientes.tripod.com/id9.html>. Recuperado 06/01.2014.
- <http://www.mucubaji.com/3Clima.html>. Recuperado el 31/08/2014.