

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO
SUBDIRECCIÓN DE EVALUACIÓN Y CONOCIMIENTO AMBIENTAL - SUBCEA**

**MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA
MUNICIPIO DE ALBÁN. ESCALA 1:25.000
DEPARTAMENTO DE NARIÑO**

MEMORIA DESCRIPTIVA

SAN JUAN DE PASTO, OCTUBRE DE 2012.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	10
1. ANTECEDENTES	11
2. LOCALIZACIÓN Y GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO	12
3. OBJETIVO	13
3.1 OBJETIVO GENERAL	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
4. ALCANCES Y LIMITACIONES	15
5. METODOLOGÍA	16
6. MAPAS E INSUMOS TEMÁTICOS	18
6.1 INSUMOS GENERALES	18
6.1.1 Cartografía Base	18
6.2.2 Modelo Digital de Elevación DEM	19
6.2 INSUMOS TEMÁTICOS	20
7. INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA	21
8. ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA	53
8.1 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES	53
8.1.1 Geología Regional	53
8.1.2 Geología Local	55
8.1.3 Geología	55
8.1.3.1 Resistencia.	56
8.1.3.2 Fabrica/ Estructura.	56
8.1.3.3 Densidad de Fracturamiento.	57
8.1.3.4 Calificación de la susceptibilidad por la variable Geología	58
8.1.4 Geomorfología	60
8.1.4.1 Morfometría	60
8.1.4.1.1 Pendiente	61
8.1.4.1.2 Rugosidad	62
8.1.4.1.3 Acuenca	63
8.1.4.2 Morfogénesis	65
8.1.4.3 Morfodinámica	66
8.1.4.4 Susceptibilidad por morfometría	69
8.1.4.5 Susceptibilidad: morfogénesis y morfodinámica	70
8.1.4.6 Calificación de la susceptibilidad por la variable Geomorfología	73
8.1.5 Suelos	74
8.1.5.1 Textura	77
8.1.5.2 Taxonomía	77
8.1.5.3 Profundidad	78
8.1.5.4 Tipo de arcilla (Mineralogía)	78
8.1.5.5 Drenaje Natural	79
8.1.5.6 Calificación de la susceptibilidad por la variable suelos.	81
8.1.6 Cobertura y Uso de la Tierra	83

	Pág.
8.1.6.1 Coeficiente de evapotranspiración del cultivo.	84
8.1.6.2 Drenaje profundo	84
8.1.6.3 Sistema raíz	84
8.1.6.4 Estratos.	84
8.1.6.5 Calificación de la susceptibilidad por la variable suelos.	85
8.1.7 Zonificación de la susceptibilidad.	88
8.1.7.1 Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa.	89
8.1.7.1.1 Zonas de susceptibilidad baja.	90
8.1.7.1.2 Zonas de susceptibilidad media.	90
8.1.7.1.3 Zonas de susceptibilidad alta.	90
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	91
BIBLIOGRAFÍA	101

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01. Localización de eventos por formaciones geológicas.	22
Tabla 02. Formaciones Geológicas presentes en el municipio de Albán	54
Tabla 03. Clasificación del atributo Resistencia.	56
Tabla 04. Clasificación de la Fábrica / Estructura	56
Tabla 05. Fabrica/Estructura de las rocas	57
Tabla 06. Clasificación de la densidad de fracturamiento	58
Tabla 07. Susceptibilidad geológica del municipio de Albán.	58
Tabla 08. Calificación del atributo Pendiente	61
Tabla 09. Unidades de pendiente en el municipio de Albán	61
Tabla 10. Clasificación del atributo Rugosidad	62
Tabla 11. Clasificación del atributo Acuenca	64
Tabla 12. Geoformas de acuerdo a su origen.	67
Tabla 13. Criterios de calificación empleados para calificar los sistemas morfogénéticos según procesos morfodinámicos.	68
Tabla 14. Propuesta de susceptibilidad morfogénética y morfodinámica de acuerdo a su origen.	70
Tabla 15. Unidades de suelo en el municipio de Albán	75
Tabla 16. Leyenda del mapa de suelos.	76
Tabla 17. Subgrupo y orden correspondientes a las unidades de suelo identificadas. Extraída parcialmente de la leyenda del estudio general de suelos del departamento de Nariño. IGAC.	77
Tabla 18. Calificación de la taxonomía de suelos a nivel de orden.	78
Tabla 19. Calificación de Profundidad Total, Tomado IDEAM, 2009.	78
Tabla 20. Clases de suelos en la categoría orden. Tomado de IGAC, 1.995.	79
Tabla 21. Calificación del tipo de arcilla. Tomado INGEOMINAS - IDEAM 2009	79
Tabla 22. Calificación del drenaje natural del suelo. Tomado y modificado de INAT, 1.996. IDEAM, 2009.	80
Tabla 23. Susceptibilidad por la variable suelo del municipio de Albán.	81
Tabla 24. Cobertura y Uso del Suelo en el Municipio de Albán	83
Tabla 25. Calificación de atributos según la contribución a la estabilidad.	85
Tabla 26. Susceptibilidad por la variable cobertura del municipio de Albán	86
Tabla 27. Ecuaciones para la generación del mapa de susceptibilidad.	88
Tabla 28. Área de susceptibilidad por movimientos en masa en el municipio de Albán.	89
Tabla 29. Franjas granulométricas del material de afirmado	97

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01. Localización del general del Municipio de Albán en el Departamento de Nariño.	12
Figura 02. Variables y atributos evaluados con sus respectivos pesos. Adaptada de INGEOMINAS por CORPONARIÑO.	17
Figura 03. Cartografía base escala 1:25:000 Municipio de Albán, fuente IGAC.	18
Figura 04. Modelo Digital de Elevación Municipio de Albán	19
Figura 05. Mapa. Inventario de eventos correspondientes a movimientos en masa.	21
Figura 06. Mapa de Unidades Geológicas - Municipio de Albán.	54
Figura 07. Diagrama de atributos Evaluados en la Variable Geología	55
Figura 08. Mapa de Nivel de Susceptibilidad por unidad Geológica.	59
Figura 09. Diagrama de atributos Evaluados en la Variable Geomorfología	50
Figura 10. Clasificación de Pendientes - Municipio Albán	62
Figura 11. Atributo Rugosidad - Municipio de Albán	63
Figura 12. Atributo Acuenca - Municipio de Albán	64
Figura 13. Origen de las unidades de paisaje - Municipio de Albán	65
Figura 14. Susceptibilidad Morfometría	69
Figura 15. Susceptibilidad por morfogénesis (unidades de paisaje)	71
Figura 16. Susceptibilidad por morfodinámica	72
Figura 17. Susceptibilidad por la variable Geomorfología	73
Figura 18. Diagrama de Atributos Evaluados en la Variable Edafología (Suelos)	74
Figura 19. Mapa de Suelos - Municipio de Albán	75
Figura 20. Nivel de susceptibilidad por la variable Suelos - Municipio de Albán	82
Figura 21. Diagrama de Atributos Evaluados en la Variable Cobertura y uso de la tierra.	21
Figura 22. Mapa de Cobertura y Uso del Suelo - Municipio de Albán	84
Figura 23. Nivel de susceptibilidad por el atributo uso del Suelo	87
Figura 24. Susceptibilidad por Movimientos en Masa - Municipio de Albán	89
Figura 25. Tipología de filtros o geodrenes.	97
Figura 26. Tipología de canales.	97

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

		Pág.
Fotografía 01 y 02.	Vista en dirección W-E. EVENTO 01. Panorámicas del deslizamiento.	23
Fotografía 02.	Vista en dirección W-E. EVENTO 01. Vista central	24
Fotografía 03.	Vista panorámica en el sentido S-N, indica la afectación de la banca en el sector del Carmelo.	24
Fotografía 04.	EVENTO 05.	24
Fotografía 05 y 06.	Vista frontal en dirección NW-SE. EVENTO 06.	25
Fotografía 07 y 08.	Panorámica en dirección N-S. EVENTO 07.	26
Fotografía 09.	EVENTO 08. Panorámica en dirección S-N del tramo de banca afectado.	27
Fotografía 10.	EVENTO 08. Indica el asentamiento de la banca de la vía en el sector.	27
Fotografía 11.	Panorámica de la ladera en dirección NW-SE. EVENTO 09.	28
Fotografía 12.	Panorámica en dirección E-W. EVENTO 09. Hundimiento de la banca.	28
Fotografía 13.	Panorámica de la banca en dirección S-N. EVENTO 11. Detalle del bombeo.	29
Fotografía 14.	Fotografía 14. Panorámica en sentido N-S EVENTO 11.	29
Fotografía 15 y 16.	Vistas en sentido SW-NE y NW-SE. EVENTO 12. Panorámica de la ladera.	29
Fotografía 17 y 18.	EVENTO 33. Detalles de la afectación de la banca y de la ladera.	30
Fotografía 19.	Panorámica del talud en dirección N-S. EVENTO 10.	31
Fotografía 20.	Panorámica S-N. EVENTO 10.	31
Fotografía 21.	Panorámica del talud Vista NW-SE. EVENTO 32.	32
Fotografía 22.	Panorámica del deslizamiento. EVENTO 32.	32
Fotografía 23 y 24.	Panorámica del deslizamiento en dirección SE-NW EVENTO 13.	33
Fotografía 25 y 26.	Panorámica en dirección SE-NW. EVENTO 14.	34
Fotografía 27.	Panorámica en dirección SE-NW. EVENTO 31.	34
Fotografía 28.	Panorámica en dirección NW – SE. EVENTO 31.	34
Fotografías 29 y 30.	Panorámica en dirección W-E. EVENTO 30.	35
Fotografía 31.	Panorámica en dirección S – N. EVENTO 28.	36
Fotografía 32.	EVENTO 28. Afloramiento de esquistos, intercalaciones de esquistos grafitosos y verdes.	36
Fotografías 33 y 34.	EVENTO 29.	36
Fotografía 35.	Panorámica en dirección S –N. EVENTO 27.	37
Fotografía 36.	Panorámica en dirección N - S. EVENTO 27.	37
Fotografía 37.	Panorámica en dirección NW – SE. EVENTO 33.	38
Fotografía 38.	EVENTO 26. Vista hacia el pie del talud exterior en el cauce del Río Quiña.	38
Fotografía 39.	EVENTO 35.	38

		Pág.
Fotografía 40.	EVENTO 34. Panorámica N-S. Sitio de construcción de la estructura de contención en el sector.	38
Fotografía 41.	EVENTO 04.	39
Fotografía 42.	EVENTO 04. Afloramiento de esquistos muy meteorizados de estructura foliada	39
Fotografía 43.	Vista en sentido E-W. Indica la localización de la institución Educativa Chapiurco.	40
Fotografía 44.	Panorámica de la ladera en dirección W - E respecto de la Institución Educativa Chapiurco.	40
Fotografía 45.	Afloramiento de esquistos verdes, de estructura foliada, y alto grado de meteorización. Localizados en la ladera Este, a una altura de 2.053 msnm.	40
Fotografía 46.	Panorámica de la ladera en dirección N-W. Localización de viviendas sobre la Vía Chapiurco – San Jose de Alban.	40
Fotografías 47 y 48.	Vivienda Señorara. Maria Gutiérrez.	41
Fotografías 49 y 50.	Vivienda Señora. Flor Chávez.	41
Fotografías 50 y 51.	Puesto de Salud Chapiurco.	42
Fotografía 51 y 52.	Vivienda Sr. Melquis Bravo. Asentamientos diferenciales en cimentación, y un avanzado fisuramiento en muros.	42
Fotografía 53.	Vista interna del área de comedor. Se presenta fisuración de muros y pisos de la Institución Educativa Chapiurco.	43
Fotografía 54.	Vista exterior de la Institución Educativa Chapiurco en su bloque central.	43
Fotografía 55 y 56.	EVENTO 16. Vereda El Salado	44
Fotografía 57.	Panorámica del deslizamiento en dirección NW – SE. EVENTO 17. Vereda Chapiurco.	45
Fotografía 58.	EVENTO 17. Localización del Evento en el Mapa Geológico del Municipio.	45
Fotografía 59 y 60.	Panorámicas. EVENTO 18. Vereda El Salado	46
Fotografía 61.	Panorámica EVENTO 22. En la vereda el Carmelo.	47
Fotografía 64 y 65.	EVENTO 22. Deslizamiento de Suelo, Tipo Rotacional. Roca muy fracturada y meteorizada, matriz arcillo limosa, de plasticidad media y humedad de saturación.	47
Fotografía 66.	Panorámica del talud en dirección S – N. EVENTO 02.	48
Fotografía 67.	EVENTO 02. Vereda Campo Bello. Detalle de las rocas que afloran en el talud.	49
Fotografía 68.	Panorámica del talud en dirección W – E. EVENTO 02.	49
Fotografía 69.	Panorámica de la ladera en deslizamiento en dirección W _ E. EVENTO 22. Vereda Campo Bello.	50
Fotografías 70 y 71.	EVENTO 22. Vereda Campo Bello.	50
Fotografía 72.	EVENTO 19. Vereda Campo Bello	51
Fotografía 73 y 74.	EVENTO 19. Esquistos grafitosos.	51
Fotografía 75.	Canales de drenaje en sección trapezoidal, construidos con sacas y suelo cemento (8:1).	93
Fotografía 76.	Detalle de los disipadores con espaciamiento de 5.0 m	93
Fotografía 77.	EVENTO 08. Indica el asentamiento de la banca de la vía en el sector. (a= 0.65 m)	94

		Pág.
Fotografía 78.	Panorámica en dirección E-W. EVENTO 09. Hundimiento de la banca.	94
Fotografía 79.	Panorámica de la ladera en dirección NW-SE. EVENTO 09.	95
Fotografía 80.	Panorámica de la banca en dirección S-N. EVENTO 11.	95
Fotografía 81.	Vista en sentido NW-SE. EVENTO 12.	96
Fotografía 82.	Panorámica S-N. EVENTO 10.	96
Fotografía 83.	Vista en sentido NW-SE. EVENTO 12.	96
Fotografía 84.	Panorámica S-N. EVENTO 10.	96
Fotografía 85.	Canal con materiales tipo polimez	98
Fotografías 28 y 29.	EVENTO 19. Vereda Campo Bello.	99

ANEXOS CARTOGRÁFICOS

MAPA No. 01	MAPA BASE.
MAPA No. 02	DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA.
MAPA No. 03	GEOLOGÍA
MAPA No. 04	GEOMORFOLOGÍA/PAISAJE
MAPA No. 4A	UNIDADES DE PENDIENTE
MAPA No. 4B	RUGOSIDAD
MAPA No. 4C	ACUENCA
MAPA No. 05	SUELOS
MAPA No. 06	COBERTURA Y USO DEL SUELO
MAPA No. 07	SUSCEPTIBILIDAD A FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA

RESUMEN

En este documento se plasman los resultados del estudio de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa en el Municipio de Albán para lo cual se aplicó los lineamientos metodológicos propuestos por el Servicio Geológico Colombiano a través del “Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa” (2012). Se aplica el método heurístico propio de escalas regionales el cual hace uso de variables geométricas que proporciona la aplicación de Sistemas de Información Geográfica y de la aplicación de variables temáticas de Geología, Geomorfología, tipo de Suelos y Uso del Suelo.. De esta manera se obtiene una zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa de la zona comprendida en las planchas a escala 1:25000 410IVB y 411IIIA de fuente IGAC, correspondiente al municipio de Albán.

La descripción de los resultados en el mapa, se realiza con la distribución de la zonificación de la amenaza clasificada en categorías de amenaza alta, media y baja. Además, se puede identificar la amenaza predominante y se indican las características geológicas, geomorfológicas, suelos y cobertura de la tierra.

1. ANTECEDENTES

La ola invernal de finales del 2010 y 2011, fue catalogada como uno de los eventos de mayor impacto en Colombia y particularmente en el Departamento de Nariño, generó grandes pérdidas y deterioro de la infraestructura social, propiedades, cultivos y vidas humanas. El mayor número de afectaciones tuvo lugar en los meses de octubre, diciembre de 2010 y diciembre 2011.

Los reportes del Comité Regional para la Prevención y Atención de Desastres del departamento de Nariño, publicados por la Dirección de Gestión del Riesgo del Ministerio del Interior y de Justicia (DGR, 2011), identificaron en 45 municipios del departamento 11.288 familias afectadas por fenómenos de remoción en masa y 11.135 familias por eventos de inundaciones en 13 municipios¹.

En el año 2011 CORPONARIÑO realizó el Mapa de Susceptibilidad a procesos de remoción en masa a escala 1:10000 del departamento de Nariño en el cual el municipio de Alban predomina la susceptibilidad alta.

En el Municipio de Alban, esta situación se intensificó en los meses de abril de 2010 y diciembre de 2011, reportándose por parte del Concejo Departamental del Riesgo de Desastres un consolidado de 1.120 familias afectadas por fenómenos de remoción en masa en las veredas Chapiurco, Campo Bello, Fátima, El Carmelo, El Salado, El Diviso, Betania y perímetro urbano de San José de Alban. Se evidenció entonces la alta susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, originada por las características geológicas de la zona, su morfología y el alto grado de intervención antrópica.

La región estructuralmente es compleja según lo indican los levantamientos geológicos realizados por INGEOMINAS descrita en las memorias geológicas de las planchas 410 - La Unión y 411 - La Cruz. La principal estructura de la región la constituye el sistema de Fallas Romeral y sus lineamientos estructurales asociados. Al Sistema Romeral pertenecen las fallas Silvia - Pijao y el Tablón, lineamientos que enmarcan el municipio en la dirección SW – NE. Ver Mapa II. Mapa Geológico.

CORPONARIÑO adelantó a partir del mes de Febrero a Julio del año 2012 el proyecto denominado “Elaboración del Mapa de Susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa del Municipio de Albán. Escala 1:25.000, Departamento de Nariño

¹ Fuente: Dirección de Gestión del Riesgo – SIGPAD 2011

2. LOCALIZACIÓN Y GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Municipio de Albán, está localizado al nororiente del Departamento de Nariño. Limita al norte con el Municipio de San Bernardo, al sur con los Municipios de El Tablón de Gómez y Buesaco, al oriente con el Municipio de El Tablón de Gómez y al occidente con el Municipio de Arboleda.

NORTE	1001346 m Este	659372 m Norte
ESTE	1006451 m Este	657189 m Norte
SUR	998134 m Este	650120 m Norte
OESTE	996337 m Este	651327 m Norte

SISTEMA DE COORDENADAS PROYECTADAS: MAGNA_COLOMBIA_OESTE

El Municipio de Albán tiene; una extensión de 3.873,24 hectáreas y una área urbana de 34,86 hectáreas. Está conformado por las veredas, Guarangal, El Diviso, Betania, Alto de las Estrellas, El Socorro, San Bosco, Tambo Alto, Tambo Bajo, San Luis, Viña, El Cebadero, Buena Vista, Fátima, El Salado, Chapiurco, El Carmelo y Campo bello. Su cabecera municipal, San José, está localizada a 52.0 Km de la ciudad de Pasto sobre el tramo vial Pasto – El Empate – San Bernardo, a 1.971 msnm; con temperatura promedio de 16.41 grados centígrados.



El Municipio de Albán, hace parte de la cordillera centro oriental, cuyo eje principal posee dirección NE paralelo al sistema de Fallas Romeral, según INGEOMINAS (1980).

Su régimen pluviométrico es bimodal. La estación seca definida de junio a septiembre, y dos periodos de lluvia comprendidos entre los meses de noviembre a enero y de marzo a mayo. Según información meteorológica de la Estación San Bernardo registrada en el periodo de 1.987 a 1.988. Los valores máximos oscilaron entre 539 mm en el mes de noviembre y 129 mm en el mes de Julio, lo cual coincide con los períodos lluviosos en Octubre y Diciembre con pico en Noviembre a lo largo del año. Los valores medios registraron el pico en Noviembre con 297 mm y el más seco en el mes de Agosto con 48 mm. El pico de valores mínimos, está registrado en el mes de Noviembre con 144 mm y 36 mm en Agosto el menor valor, período en el cual se registra el segundo verano.²

Hidrológicamente, el Municipio de Albán está dividido en tres microcuencas. La microcuenca del Río Quiña formada por siete fuentes, ocupa un área de 2.359,52 hectáreas y representa el 61% de la extensión territorial. La subcuenca del Río Janacatú está conformada por la microcuenca de la Quebrada El Rosal, los escurrimientos directos de la Quebrada El Chorrillo y el Río Janacatú, ocupa un área de 1.514,22 hectáreas equivalente al 39%.

² . Esquema de Ordenamiento Territorial 2.000 – 2.009.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Generar el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:25.000 del Municipio de Albán, Departamento de Nariño, como herramienta para realizar la evaluación y ajuste al Esquema de Ordenamiento Territorial en el tema de riesgo, amenaza y vulnerabilidad, con el fin de fortalecer el tema de prevención, atención de emergencias y mitigación de riesgos a nivel municipal

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Generar un inventario detallado de los principales deslizamientos ocurridos en la zona de estudio.
- Generar un mapa a escala 1:25.000 y documento que brinde al Municipio de Albán, una herramienta guía para su proceso de ordenamiento territorial, la planeación del desarrollo y la gestión del riesgo.

4. ALCANCES Y LIMITACIONES

Corponariño desde el año 2011 viene desarrollando proyectos de zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala regional, cuya trascendencia se refleja en la producción de conocimiento en el departamento de Nariño en la temática relacionada con amenazas naturales. La zonificación de susceptibilidad por movimientos en masa se realizó en el municipio de Albán señalado por Corponariño como una de las áreas prioritarias susceptibles a movimientos en masa en el departamento de Nariño.

Uno de los principales aportes de este proceso es determinar zonas susceptibles a amenaza por remoción en masa, logrando de esta manera suministrar una herramienta de planificación a nivel local, como la administración municipal para zonificar su territorio de tal forma que pueda identificar dichas amenazas con el fin de incorporar estos resultados tanto en su plan de Ordenamiento Territorial, Plan de Desarrollo y Plan de Gestión del Riesgo, priorizando inversiones y proyectos a ejecutar.

Este informe presenta el inventario de eventos y el análisis de susceptibilidad a movimientos en masa para el Municipio de Albán. Estos pretenden servir de base y fundamento para que el municipio, CORPONARIÑO y otras entidades, continúen y fortalezcan los estudios de Gestión del Riesgo en los municipios y el departamento.

La calidad y nivel de detalle de información temática y en algunos casos, base cartográfica o documental es el principal impedimento dentro del análisis realizado. CORPONARIÑO para la profundizar empleo una escala topográfica 1:25000, empleo información temática de diferentes fuentes.

La correcta identificación y caracterización de las zonas, responde básicamente a la calidad y la escala de trabajo utilizada para el desarrollo de cada uno de los análisis y de los reportes entregados por las entidades estatales y privadas, los cuales posteriormente fueron estandarizados y procesados para generar el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa.

Las zonas que se establecen en el mapa de susceptibilidad a los fenómenos de remoción en masa no indican una condición absoluta de estabilidad o inestabilidad, sino una condición relativa del terreno respecto al nivel de susceptibilidad según el cual ciertas zonas del área de estudio se encuentran afectadas por algún tipo de fenómeno de remoción en masa. Es decir que el análisis de susceptibilidad con la metodología empleada es heurístico y no probabilístico o en otras palabras, este permite conocer el estado actual del municipio pero no los escenarios posibles.

5. METODOLOGÍA

El fundamento metodológico se encuentra en el “Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa escala 1:100.000” (Servicio Geológico Colombiano, 2012).

Para la generación del mapa de susceptibilidad, se emplean variables cualitativas y cuantitativas. Dentro de las variables cualitativas se encuentra la geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra y dentro las variables cuantitativas se encuentran la pendiente, rugosidad y Acuenca, las cuales se derivan del modelo digital de elevación (DEM). La metodología aplicada es el Proceso de análisis jerárquico (AHP).

Este análisis de susceptibilidad a movimientos en masa se compone de la evaluación, valoración y clasificación de la susceptibilidad a diferentes atributos de cuatro variables biofísicas como se menciona anteriormente que controlan y determinan los procesos geodinámicos: Geología, Geomorfología, Suelos, Cobertura; para esto son calificados (los atributos) en una escala ordinal de 1 - 5, donde uno (1) es el nivel más bajo, lo que representa una menor susceptibilidad y cinco (5) el nivel más alto o de mayor susceptibilidad. Cada variable es en resumen el producto de la calificación y multiplicación de sus atributos, con unos pesos establecidos en la metodología y determinados mediante análisis de procesos jerárquico y analítico, para posteriormente aplicando los factores obtener un mapa de susceptibilidad a movimientos en masa. Los resultados de las variables y atributos que el análisis estadístico género se detallan en la Figura 2. A continuación se detalla las variables y los atributos evaluados en la metodología.

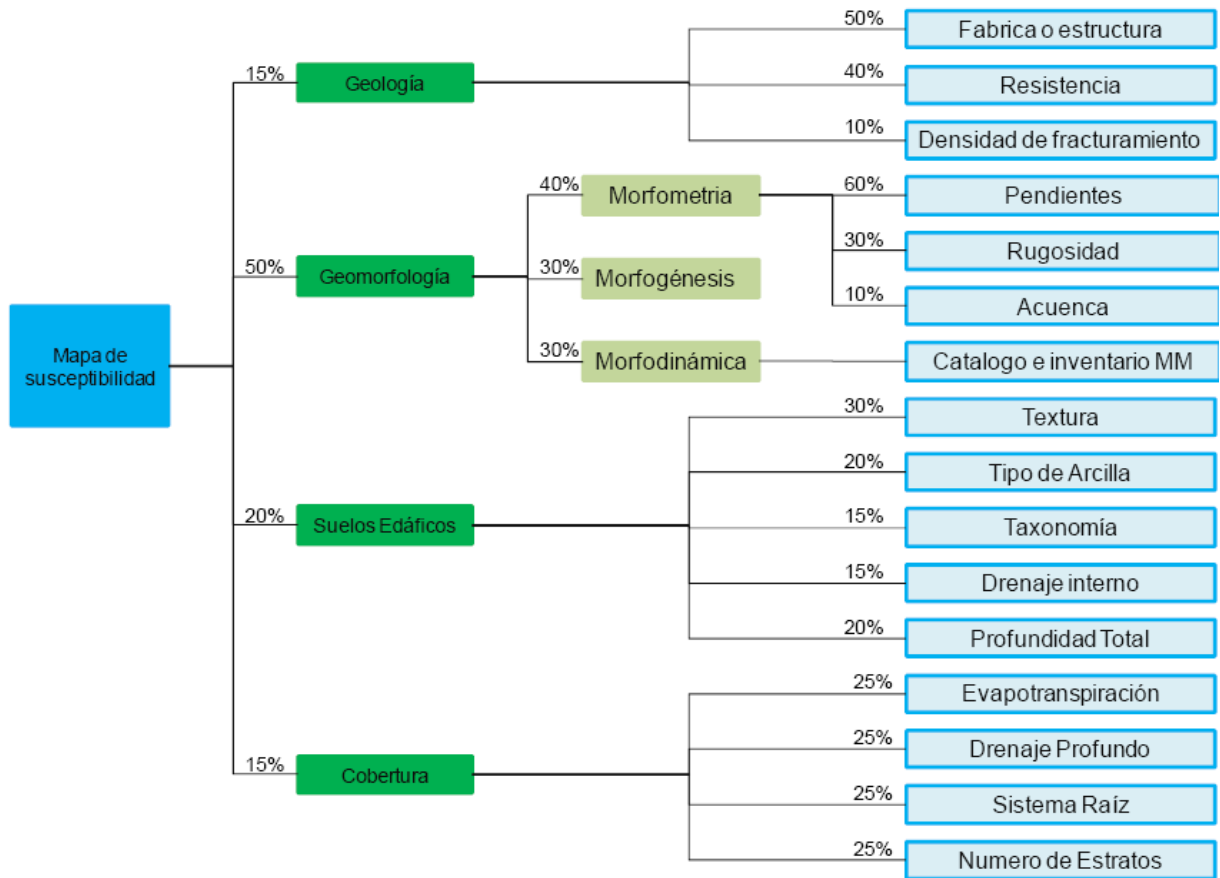


Figura 2. Variables y atributos evaluados con sus respectivos pesos.
Adaptada de INGEOMINAS por CORPONARIÑO.

6. MAPAS E INSUMOS TEMÁTICOS

Para elaborar el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa, se requirió contar inicialmente con información cartográfica base, para lo cual es importante tener una correcta definición del área de estudio, también se requirió contar con mapas temáticos que contengan información interdisciplinaria relacionada, tales como, la geología general, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra, entre otros.

6.1 INSUMOS GENERALES

6.1.1 Cartografía Base

Se usó la base cartográfica con la información de las planchas 410IVB y 411IIIA a escala 1:25.000 correspondientes al perímetro municipal, generadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, las cuales contienen principalmente información topográfica (curvas de nivel cada 50 metros), hidrografía y toponimia.

A partir de este insumo, la información representada cartográficamente se encuentra georeferenciada en el sistema Magna Colombia Oeste. Ver Figura 3.

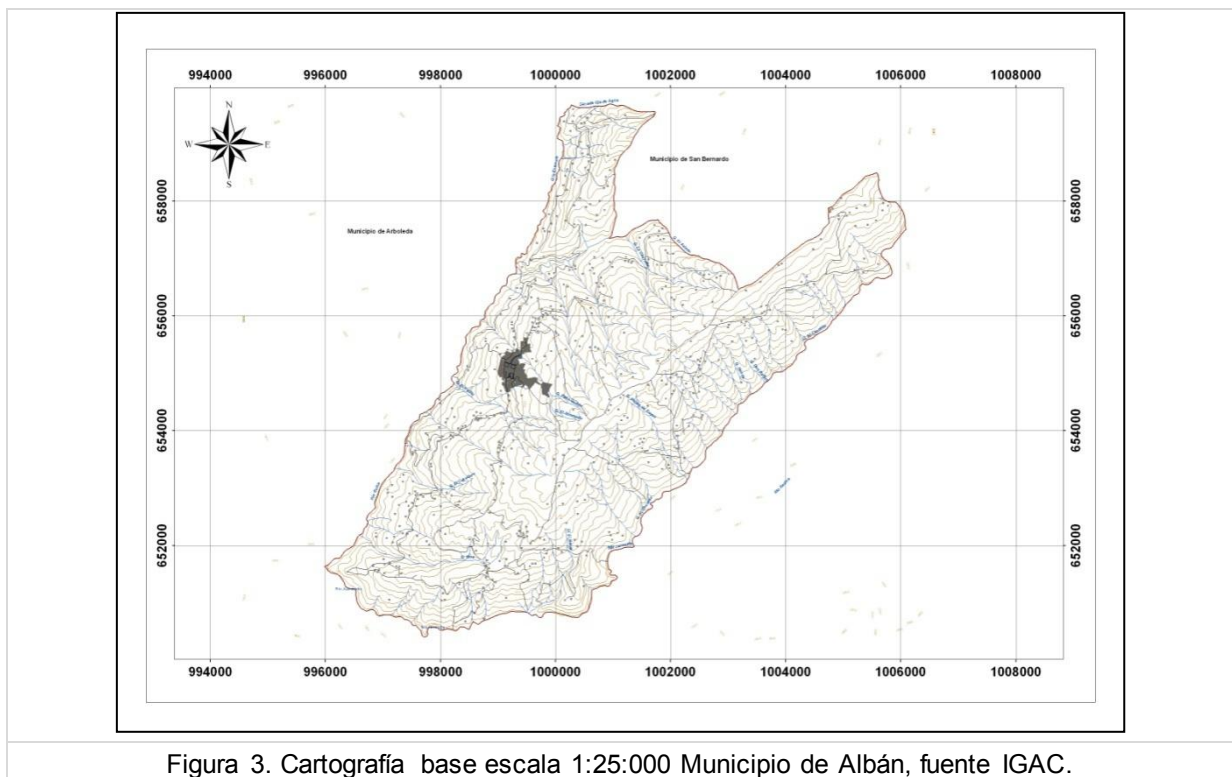


Figura 3. Cartografía base escala 1:25:000 Municipio de Albán, fuente IGAC.

Para obtener información base adicional no contenida en las planchas del IGAC mencionadas anteriormente como la delimitación del perímetro municipal, división veredal y perímetro urbano fue necesario acudir a la información cartográfica correspondiente al Esquema de Ordenamiento Territorial.

6.2.2 Modelo Digital de Elevación DEM

A partir de la información topográfica contenida en la cartografía base (Escala 1:25000) se genera un Modelo Digital de Elevación (resolución de pixeles cuadrados de 30 x 30 metros) comprendido como una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. Para esto se empleó herramientas de análisis espacial en un software para SIG. Ver Figura 4.

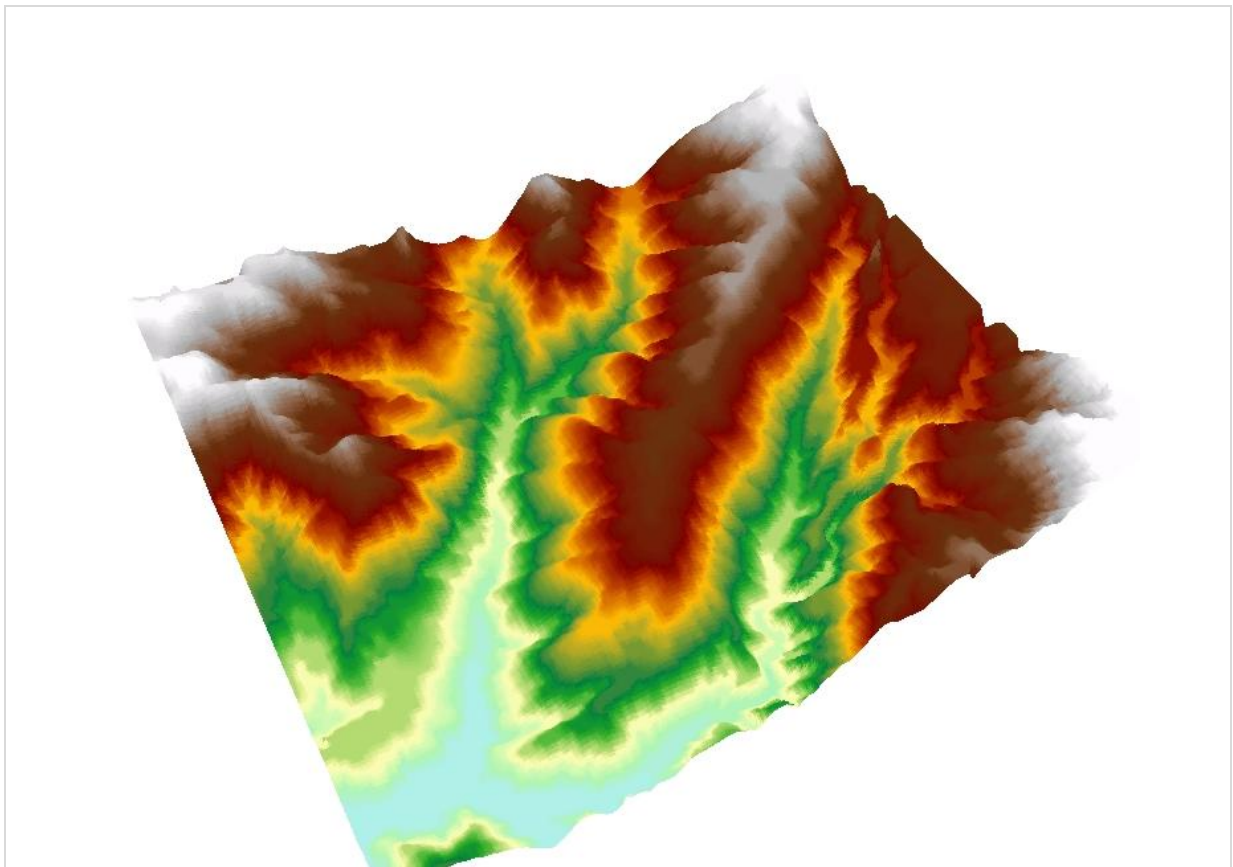


Figura 4. Modelo Digital de Elevación Municipio de Albán

6.2 INSUMOS TEMÁTICOS

En la generación del mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa, se hizo uso de un conjunto de variables cualitativas y cuantitativas. Dentro de las variables cualitativas se encuentra la geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra y dentro las variables cuantitativas se encuentran la pendiente, la orientación y la curvatura superficial. Estas últimas se derivan del modelo digital de elevación (DEM).

Alguna de la información temática fue el resultado del estudio realizado Corponariño, en el cual se consideraba dentro de sus resultados la realización del mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en el departamento de Nariño a escala 1:100.000. Para lo cual en su momento se recopiló diferentes insumos temáticos, los cuales se ordenaron en Grupos, según el aspecto de estudio detallado y para este trabajo se seleccionó el área correspondiente al municipio de Albán con respecto a las siguientes temáticas:

- **Geología.** Contiene las formaciones y grupos y unidades cartográficas, fallas, pliegues y lineamientos de las planchas de geología 410 y 411 escala (1:100.000) de INGEOMINAS.
- **Edafología.** Contiene los objetos espaciales del estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras de Nariño (IGAC, 2004)

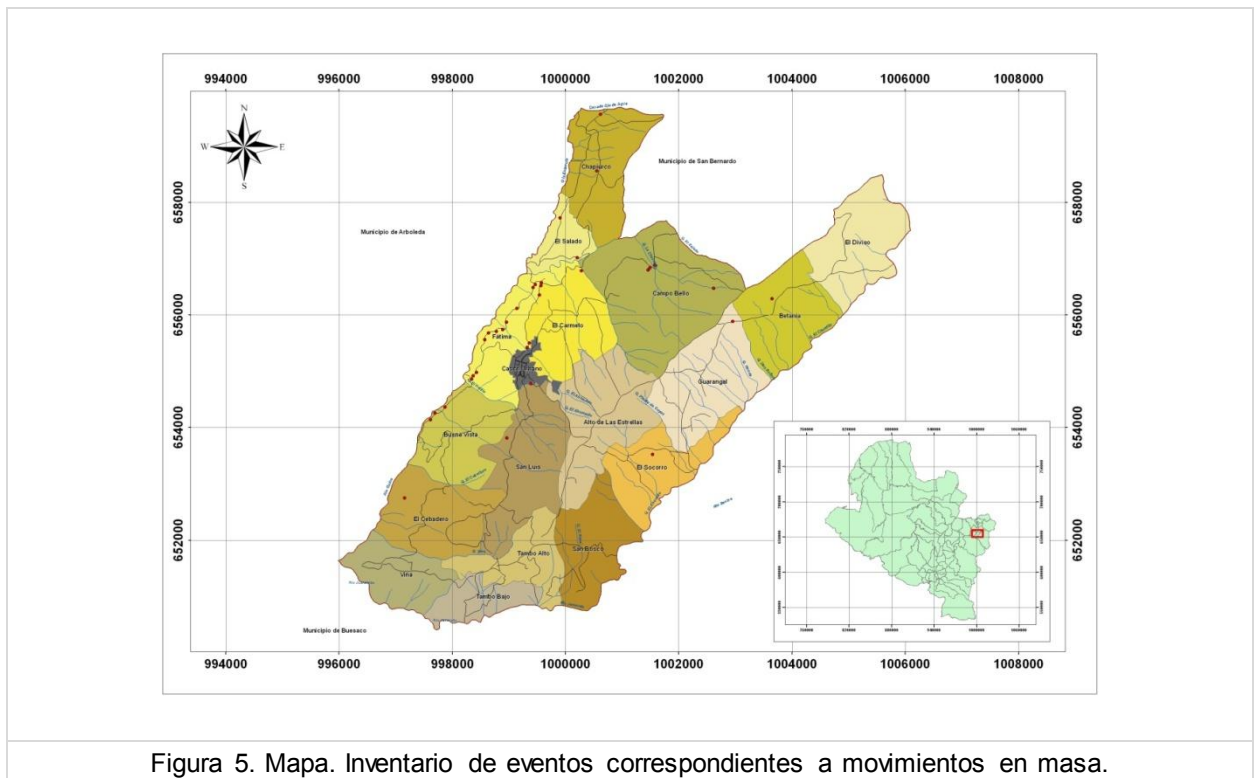
Por otra parte se recurrió a la cartografía del Esquema de Ordenamiento Territorial de Albán para obtener información temática correspondiente a unidades geomorfológicas y cobertura y uso de la tierra, dicha información se verifico, depuro y edito de manera que se ajustara a la metodología empleada para este proceso.

- **Geomorfología.** Contiene las unidades geomorfológicas y morfogénesis.
- **Cobertura.** Contiene las cobertura identificadas y adaptadas a la metodología Corine LandCover' (IDEAM, 2010) Y los ajustes posteriores realizados para su análisis.

7. INVENTARIO DE MOVIMIENTOS EN MASA

El trabajo de campo se adelantó los días 20, 25, 26 y 27 de abril, 11, 18 y 27 de junio de 2012, con el apoyo del Sr. Libardo Gómez, Alcalde Municipal y la coordinación de la Secretaría de Obras, la Secretaría de Planeación Municipal y el Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres. Los recorridos se realizaron con el acompañamiento de los Señores Luis Delgado y Orencio Nacasa funcionarios de la oficina de la UMATA. La información detallada en el presente informe, con relación a la fecha de ocurrencia o iniciación de los eventos, fue suministrada por las personas que acompañaron los diferentes recorridos adelantados.

Las visitas de carácter técnico se basaron en observaciones directas de campo; de los problemas de uso de suelo, cobertura, manejo de aguas, actividades antrópicas, las condiciones físicas, geográficas y ambientales del sector; y la revisión bibliográfica de documentos técnicos realizados por el INGEOMINAS (ahora Servicio Geológico Nacional), para poder determinar e identificar la problemática a ese nivel de descripción. Por lo tanto la finalidad de este informe es la de adoptar un concepto técnico sobre la problemática que se presenta en el sector; a la vez que constituya un apoyo para orientar decisiones y acciones de acuerdo a las recomendaciones realizadas.



A continuación se realiza la descripción de 34 eventos inventariados, de los cuales veinticuatro están localizados en la vertiente occidental del municipio de Albán, Veinte de

estos sobre el corredor de la vía pavimentada entre el Puente Río Quiña y el casco urbano del Municipio de Albán.

Tabla 01. Localización de eventos por formaciones geológicas.

LOCALIZACIÓN	SECUENCIA ESQUISTOS BUESACO (Pzbue)	FORMACIÓN QUEBRADA GRANDE (K1cgg)	FORMACIÓN LAVAS Y CENIZAS (TQvic)	DEPOSITOS ASOCIADOS A ACTIVIDAD VOLCANICA (TQvi)
	GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III	
VERTIENTE OCCIDENTAL VÍA PAVIMENTADA PUENTE RIO QUIÑA - SAN JOSE DE ALBAN	01, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33	-	-	-
VERTIENTE OCCIDENTAL – VEREDAS; CHAPIURCO, CAMPO BELLO, EL CARMELO, EL SALADO	04, 16, 17, 18, 22	02, 03, 15, 19, 23	-	-
VERTIENTE ORIENTAL – VEREDAS GUARANGAL, BETANIA, EL DIVISO	-	-	21, 25, 24	-
TOTALES	25	5	3	1

Fuente: Este estudio.

El PRIMER GRUPO DE EVENTOS de movimientos en masa, se encuentra ubicada sobre la franja inferior localizada en la vertiente occidental del municipio que recorre longitudinalmente el cauce del Río Quiña en dirección Sur – Norte. Involucra las veredas; Viña, El Cebadero, Buena Vista, Fátima, El Salado y Chapiurco. Según las planchas 410 - La Unión y 411 - La Cruz, del Mapa Geológico de Colombia, corresponde a una zona donde se identifican afloramientos de roca perteneciente a las Secuencia Esquistos Buesaco (Pzbue), *por lo general, muy fracturados por efectos del fallamiento, por lo que las rocas se encuentran muy afectadas por cataclasis. Información constatada en las salidas a campo por CORPONARIÑO.*

Con relación a la clasificación de Cobertura y Uso de Suelo del sector en donde se localizan los movimientos antes enumerados, corresponde al tipo Mosaico de Cultivos MQBg2, de uso eminentemente agrícola. El renglón productivo de mayor cobertura en la zona es el café, representa el 36.7% del área total del municipio. Existe gran variedad de otros cultivos asociados al café, entre las especies más representativas están: el plátano, cítricos, maíz, otros frutales como tomate, papaya, aguacate, piña, mora; fríjol, yuca, lulo, caña panelera, arveja³. Información corroborada en campo por CORPONARIÑO.

El sector geomorfológicamente se clasifica como *Colina y Ladera Denudada*, de pendientes muy escarpadas con inclinaciones predominantes de 35 – 60°, de alta susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa⁴. Los suelos Taxonómicamente se clasifican como Dystric

³ Esquema de Ordenamiento Territorial 2.000 – 2.009.

⁴ Servicio Geológico Colombiano Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000” Tabla 16. Propuesta de calificación morfogénesis

Haplaustands, de textura Franco Areno Limosa (FARL) y/o Franco Limosa (FL) de alta susceptibilidad a Fenómenos de Remoción en Masa, originados por la meteorización de la formación Esquistos Buesaco.

EVENTO 01.

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
01	652.433	997.537	1.549	El Cebadero

Para efectos de clasificación de los eventos, se emplea el Sistema PMA – GMA 2007, planteado por Varnes (1978), Cruden y Varnes (1996) y Hungr (2001), adoptado por Servicio Geológico Colombiano⁵.

El bloque deslizado está localizado en la vereda el Cebadero, tiene una dirección E-W, el talud deslizado tiene una dirección SE_NW, a 3.1 Km. en dirección S 41° W del casco municipal, a una altura de 1.549 msnm. No se tiene referencia de la fecha de su ocurrencia. El sector corresponde a la clasificación de relieve muy escarpado con pendiente de ladera del 72.0°. La unidad de cobertura vegetal en la zona se clasifica como Mosaico de Pastos, Cultivos y Espacios Naturales, y su uso es 100 % agrícola.



Fotografías 01 y 02. Vista en dirección W-E. EVENTO 01. Panorámicas del deslizamiento. Se indica la fisura arriba de la corona del movimiento, al contorno de la masa deslizada y la dirección del movimiento.

El movimiento se encuentra en estado activo; corresponde a un Desplazamiento Traslacional. Este tipo de eventos son propios de la pendiente y forma de ladera presente en la zona, características de zonas de alta susceptibilidad a movimientos en masa. Superficialmente afloran en el sector intercalaciones de esquistos, en avanzado estado de meteorización.

Para efectos de cubicación se evaluó el deslizamiento localizado en la ladera occidental del bloque desplazado. Se estimó una altura de 150.0 m, un espesor de masa desplazada de 1.0 m, y ancho medio de 80.0 m en una longitud de 180.0 m. Se calculó un volumen deslizado de 14.400 m³., correspondiente a un área directamente afectada de 1.4 Hec., aproximadamente. Los agentes condicionantes del evento corresponden a las características físicas del material deslizado, la elevada pendiente de la ladera y el grado de intervención antrópica en el sector. El agente detonante del movimiento corresponde a los altos niveles de pluviosidad presente en la zona en épocas de lluvias.

EVENTOS 05 y 06

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
05	655.107	999.696	1.887	Fátima
06	655.187	999.740	1.880	El Carmelo

Localizados en la Vereda Fátima. El primero en la abscisa K 5+570.0 m, próximo al puente sobre la quebrada denominada Huevo del Ahorcado, a 413 m en dirección N 20° W del casco municipal y el segundo en K 5+500.0 m, a una distancia de 474.0 m medidos desde San José de Albán en la dirección N 16° E.



Fotografía 03. Vista panorámica en el sentido S-N, indica la afectación de la banca en el sector del Carmelo.



Fotografía 04. EVENTO 05. En el sector se observa superficialmente el afloramiento de esquistos grafitosos propios de la secuencia.



Fotografías 05 y 06. Vista frontal en dirección NW-SE. EVENTO 06.

El sitio corresponde a la unidad de cobertura denominada Bosque Ripiario, superficialmente se observa un estrato orgánico (OH) al que subyacen esquistos grafitosos con alto grado de meteorización y de estructura foliada.

Según información suministrada por acompañantes del recorrido, los eventos iniciaron su proceso en el año 1.998. Los desplazamientos tienen dirección SE-NW, corresponden al tipo Deslizamiento Rotacional, en estado activo y confinado.

Es difícil evaluar con certeza el volumen deslizado en los eventos, debido a que su estado actual es suspendido. Con base en la morfometría levantada los volúmenes deslizados corresponden a 1.330 y 1.340 m³ respectivamente y tienen, en su orden, una afectación directa de 1.330 y 1.600 m².

La ladera en este sector se clasifica como abrupta, con pendientes entre 15° y 30°, recta y con patrón de drenaje paralelo, perpendicular al eje de la vía. La cobertura en la zona corresponde al tipo Mosaico de Cultivos, y su uso es 100% agrícola.

Los factores condicionantes de los deslizamientos corresponden al tipo de material deslizado, la morfología de la ladera y el grado de deforestación del sector. Los factores detonantes son; la presencia de afloramientos de agua y el elevado nivel de pluviosidad, que se presentan en el sector durante los primeros meses del año.

En esta zona de la ladera occidental y particularmente en este tramo de la vía a San José de Albán, se han adelantado trabajos de revegetalización mediante la siembra de algunas especies de pastos y arbustos destinados a estabilizar la ladera, con buenos resultados en algunos tramos.

EVENTO 07. COORDENADA Norte 656.036, Este 999.919, 1.800 msnm.

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
07	656.036	999.919	1.800	El Carmelo

Localizado a 1.3 Km de la cabecera municipal en dirección N15°E, en la abscisa K 4+500.0 M sobre la vía puente Río Quiña - San José de Albán. El estado actual del deslizamiento es estabilizado. A la fecha de inventario se terminó la construcción de una estructura de contención convencional en concreto reforzado, de 3.0 m de altura media y una longitud de 65.0 m. La zona al igual que la anterior, está caracterizada en la unidad litológica denominada Secuencia Metamórfica de Buesaco, la estructura en el sector, corresponde a intercalaciones de esquistos, particularmente gráficas con alto grado de meteorización y de textura foliada.



Fotografía 07 y 08. Panorámica en dirección N-S. EVENTO 07. El deslizamiento se ha estabilizado mediante la construcción de un muro de contención en concreto reforzado de 3.0 m de altura y una longitud de 65.0 m.

El movimiento está orientado en sentido SW-NE y corresponde a un deslizamiento rotacional, estabilizado. El evento se presenta en una longitud de 60.0 m con altura media de 40.0 m, y espesor de masa desplazada de 2.0 m. Su cubicación es de aproximadamente 4.400 m³ de masa deslizada y genera una afectación de un área de 2.200 m².

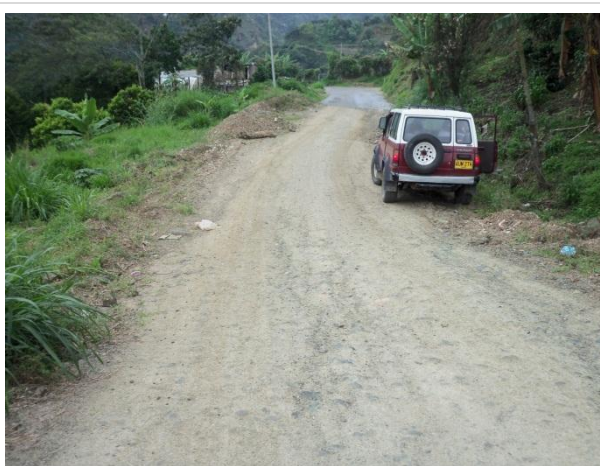
Los factores condicionantes del movimiento correspondieron al tipo de material, la elevada pendiente de la ladera y el alto grado de deforestación del sector. Los factores detonantes son; la presencia de afloramientos de agua y el elevado nivel de pluviosidad que se presenta en la zona durante los primeros meses del año.

EVENTOS 08, 09, 11 y 12

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
08	656.200	999.946	1.746	El Carmelo
09	656.258	999.947	1.743	Fátima
11	656.224	999.842	1.751	Fátima
12	656.169	999.805	1.746	Fátima

Los eventos están localizados, en la ladera occidental del municipio, entre las abscisas K3+880.0 m y K4+400.0 m, en el tramo vial que conduce desde el Puente Rio Quiña (K0+000.0 m) a San Jose de Albán, en dirección N15°E, a una distancia promedio de 1.6 Km desde el casco municipal. La ocurrencia de los eventos, según información suministrada por funcionarios de la alcaldía municipal, se da a partir del mes de diciembre de 1.998.

La descripción litológica del sector corresponde a la Secuencia Esquistos Buesaco, Pzbue detallada en la Plancha 410 – La Unión. Superficialmente se presenta una capa orgánica muy alterada por la dinámica del evento; subyacen esquistos con diferentes grados de meteorización en matriz arenosa o limo arenosa, de color carmelito, con alto contenido de humedad y de plasticidad baja.



Fotografía 09. EVENTO 08. Panorámica en dirección S-N del tramo de banca afectado.



Fotografía 10. EVENTO 08. Indica el asentamiento de la banca de la vía en el sector.

Los deslizamientos se clasifican según el sistema PMA - GMA 2007, como Deslizamientos de Detritos, del tipo Rotacional; recorren la ladera en sentido E-W, en el caso de los eventos 08 y 09 hasta el cauce del Rio Quiña, interceptando la vía en los tramos identificados.

Los eventos han generado afectación de la banca provocando daños moderados a severos, manifestados por asentamientos de la rasante en los eventos 08 a 09 y bombeo de la misma en el tramo comprendido entre los deslizamientos 11 y 12.



Fotografía 11. Panorámica de la ladera en dirección NW-SE. EVENTO 09.



Fotografía 12. Panorámica en dirección E-W. EVENTO 09. Hundimiento de la banca.

La inclinación de la ladera es del tipo muy abrupta a escarpada, con pendientes hasta de 45°, cóncava y de drenaje paralelo, perpendicular al eje de la vía. En el sector el cajeo para la construcción de la vía generó taludes con inclinaciones mayores a 60°, hasta aproximadamente 70°.

Los factores condicionantes de los movimientos corresponden; al tipo de roca su grado de fracturación y meteorización, la pendiente de la ladera y los taludes de la vía y el grado de intervención antrópica en el sector. El factor detonante corresponde a los altos niveles pluviométricos que se presentan en la zona durante los periodos de lluvia. Se observa en el tramo que el suelo (Estrato superior), se desliza en mayor o menor grado dependiendo de la pendiente que tiene la ladera. La cobertura vegetal de la zona corresponde a la clasificación Mosaico de Cultivos y el uso de suelo es especialmente agrícola.

El evento 08 tiene una altura de 38.0 m., medida entre su corona y base a nivel de la rasante en la vía, se determinó un ancho medio de masa desplazada de 23.0 m. Corresponde a esta morfometría un volumen de 750.0 m³, y afectación de 832.0 m².

El deslizamiento en estado activo genera el asentamiento de la banca en un tramo de 50.0 m. (Se recomienda adelantar trabajos de drenaje en la zona de corona a profundidad del sustrato y en la vía lateralmente a la profundidad de la estructura. Debe definirse la construcción de estructuras de contención de la banca. En la zona de ladera afectada se recomienda adelantar labores de revegetalización y reforestación).

Con base en la morfometría levantada en el evento 09, el material deslizado tiene una cubicación de aproximadamente 8.000 m³, afectando un área de 8.000 m². La afectación generada por el deslizamiento en la banca es de aproximadamente 100.0 m, se manifiesta con asentamientos periódicos mayorados en épocas de invierno en la zona.



Fotografía 13. Panorámica de la banca en dirección S-N. EVENTO 11. Detalle del bombeo.



Fotografía 14. Panorámica en sentido N-S EVENTO 11.

El volumen deslizado en el evento 11, según su morfometría, corresponde a un volumen de 168.0 m^3 , y abarca un área de aproximadamente 400.0 m^2 .



Fotografía 15 y 16. Vistas en sentido SW-NE y NW-SE. EVENTO 12. Panorámica de la ladera.

El evento 12 tiene una altura media, medida entre su corona y la base del talud de 21.0 m , un ancho deslizado de 80.0 m aproximadamente. La morfometría levantada indica un movimiento de aproximadamente 800.0 m^3 , afectando un área de talud de 800.0 m^2 .

EVENTO 33.

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
33	655.798	999.521	1.725	Fátima

El evento está localizado en el tramo vial Puente Rio Quiña - San Jose de Alban, en la abscisa K 3+500.0 m, ubicado en el talud derecho a 1.1 Km en dirección N3°W del perímetro urbano municipal. No se obtuvo información de su ocurrencia, el evento se encuentra en estado latente, confinado.

Según el sistema PMA - GMA 2007 el evento se clasifica como Deslizamiento de Suelos, Rotacional. La litología en el sector corresponde a intercalaciones de esquistos grafitosos y verdes muy fracturados y de textura foliada en matriz limo arenosa, ML, color carmelito, de plasticidad alta y visiblemente saturados.

El deslizamiento se genera en el talud derecho, tiene altura promedio de 5.0 m y un ancho desplazado de 48.0 m; su inclinación es de 53° y se desarrolla en el sentido Sur a Norte. El volumen deslizado es de 432.0 m³, afecta un área de 300.0 m² aproximadamente. La cobertura vegetal de la zona corresponde a la clasificación Mosaico de Cultivos y el uso de suelo es especialmente agrícola.



Fotografía 17 y 18. EVENTO 33. Detalles de la afectación de la banca y de la ladera. Se observó la presencia de esquistos grafiticos muy fracturados y de textura foliar.

Los factores condicionantes del evento están relacionados básicamente con el tipo de roca y su grado de fracturación, meteorización y el grado de intervención antrópica del sector. Los factores detonantes del evento son la intensidad de lluvias en los periodos de invierno en la zona y los afloramientos de agua en el sector.

El evento genera en la vía el asentamiento de la banca en una longitud de 50.0 m. Es recomendable ejecutar labores de drenaje en el sector próximo a la corona y longitudinalmente en la cuneta derecha. Estos trabajos deben complementarse con la construcción de estructuras de contención.

EVENTO 10.

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
10	655.553	999.335	1.685	Fátima

Localizado en el tramo vial Puente Rio Quiña K0+000.0 m - San Jose de Alban, a una distancia de 0.82 Km, medidos en dirección N 347° W desde el casco municipal. No existe referencia de la ocurrencia del evento, se encuentra en estado activo, modo confinado. Se clasifica según el Sistema PMA – GMA 2.007, como un Deslizamiento Rotacional de Suelos, localizado litológicamente en la secuencia Esquistos Buezaco, Pz?b. En el talud expuesto se observa la presencia de esquistos grafitosos, muy fracturados, de textura foliada. y en avanzado estado de meteorización, generando suelos arcillosos de color amarillo a pardo amarillento, de plasticidad media y alto contenido de humedad.



El deslizamiento se desarrolla en dirección SE-NW, en la ladera occidental con pendiente de 43°. Con base en los datos de campo levantados, se define una altura medida desde su base a la altura de corona del talud de 57.0 m, un ancho medio de masa desplazada de 32.0 m. El volumen inicialmente desplazado corresponde a 1.700 m³ y un área afectada directamente de 2.500 m².

Los factores condicionantes del movimiento son; el tipo de suelo presente en el sector, la elevada pendiente de la ladera y el alto grado de deforestación del sector. Los factores detonantes son; la presencia de afloramientos de agua y el elevado nivel de pluviosidad que se presenta en la zona durante los primeros meses del año.

EVENTO 32.

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
32	655.422	999.267	1.680	Fátima

Ubicado a una distancia de 771 m, en dirección N 21° E, del casco municipal. El evento está localizado en la vereda Fátima, sobre la vía Puente Río Quiña - San Jose de Albán, en la abscisa K 2+750.0 m. El deslizamiento se encuentra en estado activo de distribución ensanchada. No se tiene registro de la fecha de ocurrencia. El evento según el sistema PMA - GMA 2007 se clasifica como un Deslizamiento de Suelos, tipo Rotacional.

Se observa en el talud expuesto la presencia de intercalaciones de esquistos grafitosos y verdes, muy fracturados y de textura foliada. La meteorización de esta roca genera suelos arcillosos de color amarillo a pardo amarillento. Se observa que el material expuesto en el deslizamiento tiene humedad de saturación y plasticidad media.



Fotografía 21. Panorámica del talud Vista NW-SE. EVENTO 32.



Fotografía 22. Panorámica del deslizamiento. EVENTO 32.

Se estima una masa deslizada equivalente a 720.0 m³ aproximadamente y un área afectada de 452.0 m². La ladera en el sector se clasifica con forma cóncava, con pendientes escarpada; en el lugar el cajeo de la vía a generado taludes con pendientes de 66°.

EVENTOS 13, 14 y 31

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
13	655.390	999.156	1.631	Fátima
14	655.360	999.014	1.635	Fátima
31	655.242	998.950	1.635	Fátima

Estos eventos están localizados en la vereda Las Palmas sobre la vía puente Río Quiña – San José de Albán, entre las abscisas K2+700.0 m, y K2+400.0 m, el sector está ubicado a una distancia de aproximadamente 850.0 m medidos desde el casco municipal en la

dirección N30°W. El deslizamiento 13 inicio su actividad a partir del mes de febrero de 2.003; no se tiene información de la ocurrencia de los movimientos denominados 14 y 31. El estado general de los deslizamientos es activo, si bien la dinámica del evento 13 está en proceso de estabilización ya que en el sitio se han ejecutado obras de drenaje y contención con ese objeto. (Ver Fotografías 23 y 24).



En los taludes expuestos se observa el afloramiento intercalado de esquistos grafitosos negros y verdes, con alto grado de meteorización, y de textura muy foliada. El sitio presenta gran cantidad de afloramientos de agua particularmente en el sector correspondiente al evento 13, al parecer parte de estas corrientes provenían de colectores fisurados de aguas residuales domésticas desde el perímetro urbano de San José de Albán, localizado arriba del deslizamiento. En el sector se construye una estructura de contención en concreto reforzado con altura de 5.0 m y longitud de 30.0 m.

Con base en la morfometría levantada se determinó que el volumen deslizado y/o cortado, es de 7.500 m³ para una altura de masa desplazada de 30.0 m, un ancho de desplazamiento de 88.0 m y un espesor de masa deslizada de 2.0 m. Con el objeto de estabilizar este movimiento se construyó en el área próxima a la corona del talud un sistema de drenaje que intercepta las corrientes que afloran en el sector y las transporta lateralmente. Según el sistema PMA – GMA 2.007, los eventos se clasifican como Deslizamientos de Suelo, del tipo Rotacional.



Fotografía 25 y 26. Panorámica en dirección SE-NW. EVENTO 14. La altura del evento es de 5.0 m. se desarrolla longitudinalmente en 61.0 m. El movimiento corresponde a una masa de 241.0 m³, ocupa un área de 366.0 m².

En el sector correspondiente al deslizamiento 31, se encuentra construida una estructura de contención en gaviones con altura media 1.5 m., el deslizamiento ha generado en algunos puntos el fallamiento de la estructura.



Fotografía 27. Panorámica en dirección SE-NW. EVENTO 31. La altura del deslizamiento es de aproximadamente 4.5 m., se desarrolla en una longitud de 50.0 m.

Fotografía 28. Panorámica en dirección NW – SE. EVENTO 31. El volumen deslizado se estimó en 294.0 m³, ocupa un área de 234.0 m².

La cobertura vegetal de la zona corresponde a la clasificación Mosaico de Cultivos y el uso de suelo es agrícola. Los factores condicionantes del movimiento corresponden al tipo de material, las elevadas pendientes de ladera y el alto grado de deforestación del sector. Los factores detonantes son; la presencia de afloramientos de agua y el elevado nivel de pluviosidad que se presenta en la zona durante los primeros meses del año

EVENTOS 28, 29 y 30

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
28	654.543	998.717	1.581	Fátima
29	654.600	998.744	1.593	Fátima
30	654.659	998.804	1.604	Fátima

Los eventos están localizados en el tramo comprendido entre las abscisas K1+800.0 m y K1+700.0 m, de la vía que conduce desde el puente sobre el Río Quiña al casco municipal de San José de Albán. Ubicados a una distancia de 780.0 m en dirección N267°W del casco municipal. No se identificó la fecha de su ocurrencia, corresponden a procesos antiguos de velocidades muy lentas.

La zona está localizada, según la Plancha 410 – La Unión, en la zona denominada Secuencia Esquistos Buesaco. Se observa en el sector la presencia de intercalaciones de esquistos grafitosos verdes, muy fracturados y de textura foliada. Según el sistema de clasificación PMA - GMA 2007 los deslizamientos corresponden a Deslizamientos de Suelos del tipo Rotacional, en estado latente, compuestos y de distribución ensanchada. Los suelos que se generan por efecto de la meteorización corresponden a arcillas y limos de plasticidad alta, color amarillo a pardo amarillento; según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS se denominan CH, MH.



Fotografías 29 y 30. Panorámica en dirección W-E. EVENTO 30. Altura del deslizamiento, medida entre su corona y base del talud de 180.0 m, un ancho de 45.0 m y un espesor de masa deslizada de 1.0 m. El área afectada por el movimiento corresponde a 10.500 m².

Con relación a las condiciones de ladera en el sector, está caracterizado por pendientes altas, en el rango de 50 a 70°, corresponden a laderas con pendientes muy escarpadas. Se identifica en el sector un patrón de drenaje paralelo, perpendicular al eje de la vía.



Fotografía 31. Panorámica en dirección S – N. EVENTO 28. El evento presenta un volumen deslizado de 2.180 m³, y una afectación correspondiente a un área de 4.300 m²



Fotografía 32. EVENTO 28. Afloramiento de esquistos, intercalaciones de esquistos grafitosos y verdes.



Fotografías 33 y 34. EVENTO 29. La altura del evento es de 80.0 m, tiene un ancho de 51.0m. El volumen deslizado corresponde a 2.180 m³ y presenta una superficie afectada de 4.350 m².

Los factores condicionantes de los desplazamientos son; el tipo de suelo, material altamente meteorizado y las elevadas pendientes de ladera. Los factores detonantes son; la presencia de afloramientos de agua y el elevado nivel de pluviosidad que se presenta en la zona durante los primeros meses del año. La cobertura vegetal de la zona corresponde a la clasificación Mosaico de Cultivos y el uso de suelo es agrícola.

EVENTOS 26, 27 y 34

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
26	653.823	997.989	1.500	Buenavista
27	654.048	998.248	1.507	Buenavista
34	653938	998070	1.450	Buenavista

El sector está comprendido en un tramo de vía de 250.0 m, entre las abscisas K 0+360.0 m y K 0+410.0 m. Ubicado a una distancia de 1.7 Km en dirección N 243° W desde el casco municipal de San José de Alban. No se tiene referencia de la ocurrencia de estos eventos, corresponden a deslizamientos que se desarrollan a velocidades bajas y generan situaciones como la pérdida de la banca de la vía, en el caso del evento 27 y 34, y en otras ocasiones la obstrucción parcial por deslizamiento de los taludes, situación generada en el evento 26. El estado de los deslizamientos 27 y 26 es activo de distribución creciente. En el caso del evento 34 su estado es suspendido de distribución confinada.

En el sector se verifica el afloramiento de esquistos grafitosos verdes, de textura foliada, muy fracturados y en avanzado estado de meteorización. Los deslizamientos superficialmente corresponden a un coluvión de esquistos muy fracturados en matriz limo arenosa (ML), o arcillosa (CH) de color carmelita.



Fotografía 35. Panorámica en dirección S –N.
EVENTO 27.

Fotografía 36. Panorámica en dirección N - S.
EVENTO 27.

La dirección de los deslizamientos es E-W; no es posible definir los parámetros de buzamiento de los estratos debido al alto grado de plegamiento y meteorización que presenta la roca en el sector. Su clasificación corresponde a Deslizamientos de Suelos, del tipo Rotacional para el caso de los eventos 27 y 34. El evento 26 por su dinámica y las condiciones actuales del talud corresponde a la clasificación Flujo de Detritos.



Fotografía 37. Panorámica en dirección NW – SE. EVENTO 33. Tiene una altura de corona de 15.0 m, un ancho promedio de masa deslizada de 52.0 m, genero un volumen deslizado de 832.0 m³.



Fotografía 38. EVENTO 26. Vista hacia el pie del talud exterior en el cauce del Río Quiña.

La cobertura vegetal de la zona corresponde a la clasificación Mosaico de Cultivos y el uso de suelo es agrícola.



Fotografía 39. EVENTO 35. El deslizamiento se encuentra en estado suspendido. Según morfometría del evento la masa deslizada es de 1.350 m³, área afectada 1.850 m²



Fotografía 40. EVENTO 34. Panorámica N-S. Sitio de construcción de la estructura de contención en el sector.

A continuación se realiza la descripción de los eventos 04, 16, 17, 18 y 22, corresponden también al PRIMER GRUPO antes descrito, pero se localizan fuera del tramo vial Puente Río Quiña – San Jose de Alban.

Están ubicados en la vertiente nor-occidental del municipio; en la Secuencia Esquistos Buesaco, Pzbu, localizada en la Planca 411 La Cruz, según el documento “Cartografía Geológica de las Zonas Andina Sur y Garzón - Quetame (Colombia)”, de Alberto Núñez Tello, Servicio Geológico Colombiano, 2003.

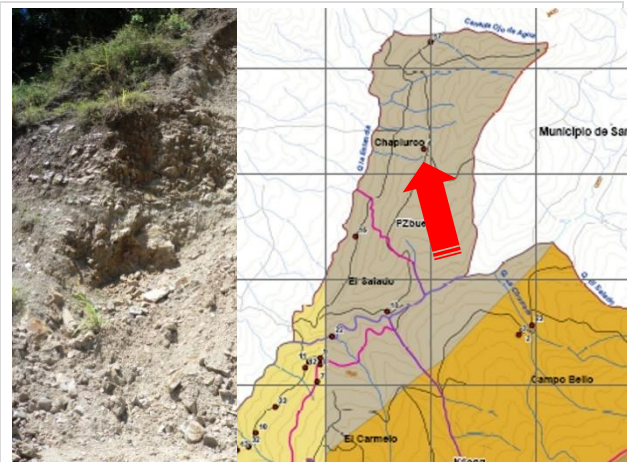
EVENTO 04

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
04	658.236	1.000.931	2.010	Chapiurco

El deslizamiento está localizado al norte del municipio en la vereda Chapiurco, al costado este de la Institución Educativa Chapiurco. Ubicado a una distancia de 3.8 Km. en dirección N21°W del casco municipal de San José de Albán. Corresponde a un deslizamiento rotacional con dirección E-W, en estado activo y distribución confinada, según información de habitantes de la zona el evento ocurrió con anterioridad al año 2007.



Fotografía 41. EVENTO 04. Detalle de la presencia de un estrato de arena limosa, color carmelita y blanco en la base del evento.



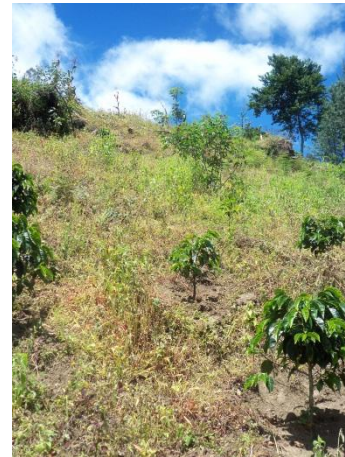
Fotografía 42. EVENTO 04. Afloramiento de esquistos muy meteorizados de estructura foliada.

En la zona del deslizamiento se observa superficialmente una capa de suelo orgánico segregada por el evento, subyacen esquistos muy meteorizados de estructura foliada. Se observó en la base del deslizamiento la presencia de un estrato de arena limosa, color carmelita y blanco. (Ver Fotografías 41 y 42). Según los datos de morfometría levantados, la altura del deslizamiento es de 24.0 m y se desarrolla en una longitud de 64.0 m. El espesor de masa deslizada en promedio se estima en 1.0 m y tiene un ancho medio de 33.0 m. El volumen deslizado es de 2.255 m³, y abarca un área de 2.255 m². La cobertura vegetal identificada corresponde al tipo Mosaico de Pastos y Cultivos y el uso de suelo en el sector es agrícola.

La ladera en dirección Este a la Institución Educativa Chapiurco, presenta alto grado de deforestación, (Ver Fotografías 39, 40), es de forma recta y se clasifica como muy escarpada con pendientes hasta de 60° en la parte alta; la ladera se desarrolla hasta una altura de 2.053 msnm.



Fotografía 43. Vista en sentido E-W. Indica la localización de la institución Educativa Chapiurco.



Fotografía 44. Panorámica de la ladera en dirección W - E respecto de la Institución Educativa Chapiurco.

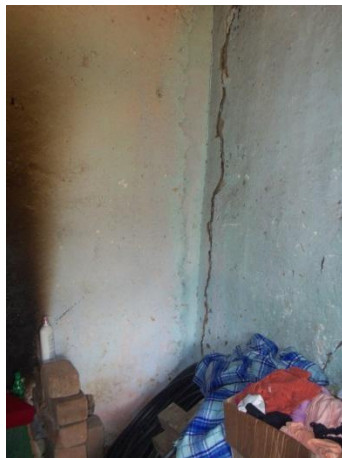


Fotografía 45. Afloramiento de esquistos verdes, de estructura foliada, y alto grado de meteorización. Localizados en la ladera Este, a una altura de 2.053 msnm.



Fotografía 46. Panorámica de la ladera en dirección N-W. Localización de viviendas sobre la Vía Chapiurco – San Jose de Alban.

En una zona próxima a la Institución Educativa Chapiurco, en un radio de aproximadamente 100.0 m., se identificaron edificaciones que presentan agrietamientos en muros, pisos y estructura. Entre ellas están la Institución Educativa Chapiurco, el antiguo Centro de Salud Chapiurco hoy abandonado, y tres viviendas vecinas. (Ver fotografías 45 a 54).



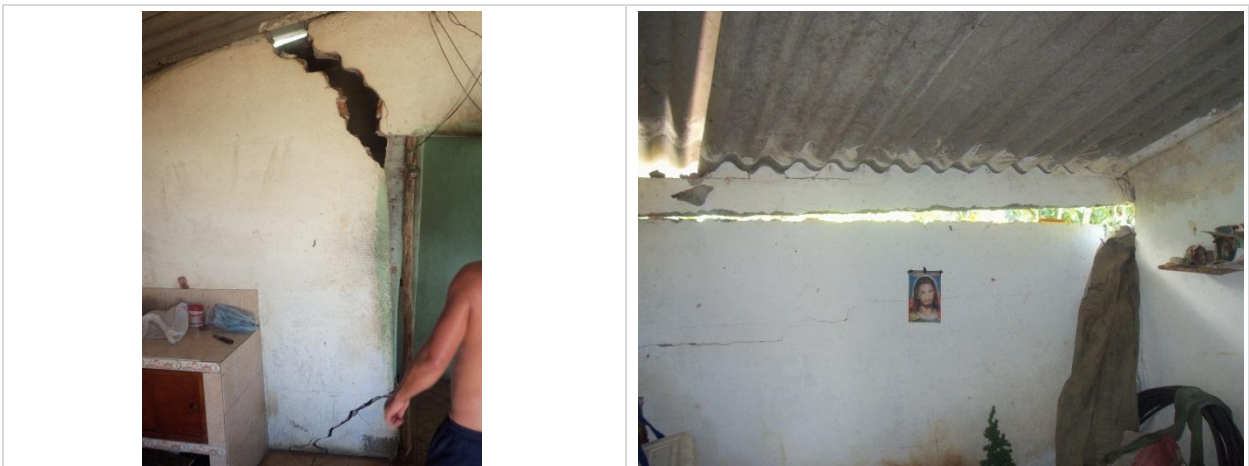
Fotografías 47 y 48. Vivienda Señorara. Maria Gutiérrez. Se presenta fisuramiento en muros. Corresponde a una construcción con muros en adobe y cubierta de teja de barro sobre estructura en madera rolliza. Tiene una antigüedad mayor a 30 años.



Fotografías 49 y 50. Vivienda Señora. Flor Chávez. Corresponde a una construcción de un piso con muros en ladrillo común, se observó algunas columnas y vigas de corona en concreto reforzado. La vivienda presenta fisuramiento en muros.



Fotografías 50 y 51. Puesto de Salud Chapiurco. La construcción presenta fisuramiento en muros y andenes perimetrales.



Fotografía 51 y 52. Vivienda Sr. Melquis Bravo. Asentamientos diferenciales en cimentación, y un avanzado fisuramiento en muros.

La planta física de la Institución Educativa Chapiurco, tiene dos etapas constructivas. Una con antigüedad de aproximadamente 30 años, corresponde a tres bloques que presenta fisuramientos en muros y pisos; pueden tener origen sísmico o geotécnico, manifestados en asentamientos diferenciales a nivel de cimentación. No se aprecia fisuramiento en la estructura de concreto.



Fotografía 53. Vista interna del área de comedor. Se presenta fisuración de muros y pisos de la Institución Educativa Chapiurco.



Fotografía 54. Vista exterior de la Institución Educativa Chapiurco en su bloque central. Corresponde a una construcción con muros en ladrillo común y estructura en concreto reforzado

Compone la infraestructura de la institución un bloque adicional de aulas, construido a nivel de un segundo piso, sobre una estructura con la antigüedad de la anteriormente descrita. En esta estructura a nivel de segundo piso se observó agrietamientos en muros a nivel de primer piso y con espesores milimétricos en muros en el segundo nivel. Adicionalmente se presentan agrietamientos en la zona de patios próxima a un muro de cierre construido en el costado occidental de la institución. El fisuramiento de piso en esta zona indica un posible asentamiento por consolidación de un relleno mal construido, evento que ha generado el fallamiento de la estructura de cimentación del muro de cierre.

La situación actual de agrietamientos observada se ha desarrollado en un periodo largo, probablemente se originó con anterioridad al año 2.008. Es difícil definir a nivel del presente estudio, su origen como un problema netamente geológico relacionado con la posibilidad de un fenómeno local de movimiento en masa, descartando la injerencia de los procesos constructivos y de los materiales de construcción empleados en el sector. Factores que sin duda que mayoran el nivel de afectación e incrementan el grado de susceptibilidad a fenómenos de movimientos en masa que pueden generarse en el sector.

EVENTO 16.

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
16	657.408	1.000.282	1776	El Salado

El evento 16 está localizado en la vereda El Salado, en las coordenadas Norte 657.410 y Este 1.000.283 a una altura de 1.776 msnm. Ubicado a 2.8 Km, de la cabecera municipal en dirección N 15° E. Según información suministrada la ocurrencia del evento fue en el mes de Noviembre de 2011 El evento se encuentra en estado activo, y distribución creciente. La zona corresponde a la Secuencia Esquistos Buesaco. Superficialmente se expone un estrato

orgánico (OH) muy disgregado, subyacen intercalaciones de esquistos negros y verdes, muy meteorizados.



Según el sistema de clasificación PMA – GMA 2007, el deslizamiento corresponde a un Deslizamiento de Suelo, tipo Rotacional; se observa no canalizado y su ocurrencia de velocidad rápida.

El material superficialmente corresponde a detritos, compuesto por gravas, arenas y suelos finos. Se observa ligeramente húmedo, no pastico, corresponde a un suelo de origen residual. Los factores condicionantes del evento son el tipo de suelo y las condiciones de ladera como son las pendientes escarpadas y el grado de intervención antrópica. El evento tiene una altura de 50.0 m, una longitud de falla de 80.0 m, ancho de falla de 30.0 m y un espesor de falla de 0.70 m. El volumen desplazado es de 1.600 m³ en un área afectada de 2.400 m².

EVENTO 17.

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
17	659.247	1.000.993	1.971	Chapiurco

El deslizamiento está localizado en la Vereda Chapiurco, sobre la vía San José de Albán, a una distancia de 4.90 Km en dirección N 17° E del casco municipal. El evento inició su actividad en el mes de Febrero de 2.012. Su estado es activo, compuesto de distribución creciente.

El deslizamiento está localizado, según la Plancha _ 411 La Cruz, del Mapa Geológico de Colombia, la Secuencia Esquistos Buesaco, Pzbue. Afloran en el talud del deslizamiento intercalaciones de esquistos grafitosos, negros y verdes de estructura foliada, muy fracturados y en avanzado estado de meteorización.

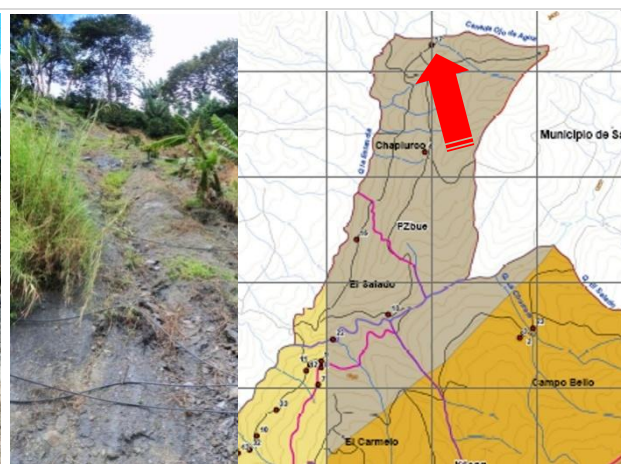
Superficialmente se observa la presencia de suelo orgánico (OH), bajo el cual se presenta la roca característica de la secuencia Esquistos Buesaco. Se identifico superficialmente humedad de saturación y plasticidad media, el suelo es de origen residual y puede clasificarse como un limo arenoso (ML) y arena arcillosa (SC). El movimiento se clasifica según el sistema PMA – GMA 2007 como un Desplazamiento de Suelos, del tipo Rotacional.

El evento tiene una altura de 20.0 m, medidos desde la corona al pie del talud, un ancho de superficie de falla de 50.0 m, longitud de superficie de falla de 10.0 m, y una profundidad de la superficie de falla de 2.5 m. El volumen desplazado corresponde a 1.250 m³.

El sector corresponde a una ladera muy abrupta a escarpada, con patrón de drenaje paralelo El tipo de cobertura corresponde a la clasificación Mosaico de Pastos y Cultivos de uso agrícola.



Fotografía 57. Panorámica del deslizamiento en dirección NW – SE. EVENTO 17. Vereda Chapiurco.



Fotografía 58. EVENTO 17. Localización del Evento en el Mapa Geológico del Municipio.

EVENTO 18.

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
18	656.700	1.000.583	1.720	El Saldo

Está localizado en la Vereda Chapiurco, corresponde a una vieja mina de arena actualmente abandonada. Localizada a una distancia de 2.1 Km, en dirección N 26° E desde el casco municipal. No se tiene información de la fecha de iniciación de la explotación. Su estado es latente de distribución confinada. La clasificación del evento en el sistema PMA – GM 2007, corresponde a un Deslizamiento de Suelo, de tipo Rotacional. El evento está localizado según la Plancha 411 La Cruz, en la Secuencia Esquistos Buesaco.



En el lugar se observa la presencia de esquistos verdes y en el talud de la vía el afloramiento de un estrato de arena bien gradada, color carmelito a blanco, con presencia de grava. En el Sistema Unificado para la Clasificación de Suelos corresponde a un SW. Se observa estratos levemente húmedos de baja plasticidad.

El movimiento tiene una altura de 50.0 m, una longitud de deslizamiento de 30.0 m, ancha de superficie de falla de 50.0 m. El movimiento corresponde a 6.000 M³, si se considera una profundidad de deslizamiento de 4.0 m.

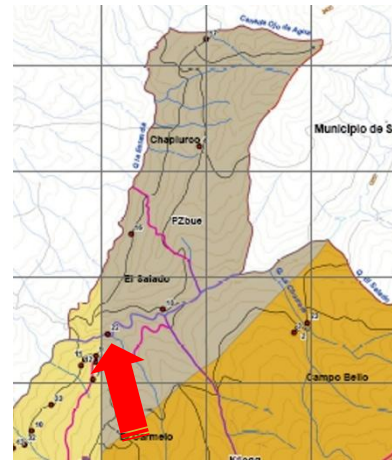
EVENTO 22.

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
22	656.465	1.000.659	1.776	El Carmelo

El deslizamiento está localizado en la vereda El Carmelo, en la Quebrada El Salado, a una distancia de 2.1 Km, N 33° E, desde el casco municipal de San José de Albán. El evento se originó el mes de Marzo de 2010; su estado es activo, compuesto de distribución avanzada. El sitio está localizado según la Plancha 411 La Cruz, en el área de incidencia de la Secuencia Esquistos Buesaco, Pzbue. En el lugar se observa que el material deslizado corresponde a esquistos en avanzado estado de fracturación y meteorización.



Fotografía 61. Panorámica EVENTO 22. En la vereda el Carmelo



Localización del evento en el Mapa Geológico del Municipio.



Fotografía 64 y 65. EVENTO 22. Deslizamiento de Suelo, Tipo Rotacional. Roca muy fracturada y meteorizada, matriz arcillo limosa, de plasticidad media y humedad de saturación.

El evento se clasifica como un Flujo de Suelo, dadas las condiciones del lugar y el sustrato desplazado. El material desplazado corresponde a roca muy meteorizada, al tamaño de gravas (GM), y suelo arcillo limos se observa muy húmedo y de plasticidad baja.

El evento tiene una altura de aproximadamente 70.0 m, un ancho de superficie de falla de 50.0 m y longitud de masa desplazada de 122.0 m. El volumen desplazado tiene un volumen de 3.150 m³, si se considera una profundidad de superficie de falla de 1.5 m. La ladera en el sentido del deslizamiento SW – NE, tiene pendientes superiores a 45° corresponde a una pendiente muy escarpada, de patrón de drenaje paralelo, perpendicular al eje de la Quebrada El Salado. Los agentes condicionantes son el tipo de material desplazado, las condiciones de ladera en relación a pendientes y el grado de intervención antrópica en el sector. El factor detonante es los elevados índices de pluviosidad presente en la zona en la primera etapa invernal.

A continuación se describe el **SEGUNDO GRUPO DE EVENTOS** denominados 02, 03, 15, 23 y 19, localizados en la vertiente occidental del municipio de Albán, sobre la zona media y alta de la ladera Ver Figura 6. Mapa de Unidades Geológicas - Municipio de Albán.

Este segundo grupo de movimientos está ubicado sobre la franja media de la ladera occidental, se desarrolla longitudinalmente en dirección Sur - Norte e involucra las veredas; San Luis, El Carmelo y Campo Bello, y la parte alta del casco urbano del Municipio. *En esta zona se identifica la Formación Quebradagrande, (K1cgg), según la Plancha 411 – La Cruz, del Mapa Geológico de Colombia, está constituida por areniscas, grawacas, limolitas, chert, brechas, tobas, basaltos amigdalares y almohadillados y diabasas con incipiente metamorfismo de tipo dinámico. (Orrego et al., en edición).*

EVENTOS 02 y 03

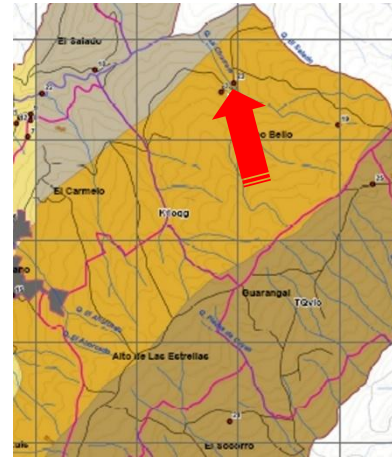
EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
02	656.523	1.001.869	1.912	Campo Bello
03	654.479	1.001.832	1.940	Campo Bello

Localizados en la Vereda Campo Bello, en la vía San José de Albán – San Bernardo, a 2.9 Km., en dirección N51°E de la cabecera municipal. Según información de habitantes del sector el primer evento ocurrió el mes de Diciembre de 1.999, se presentó inicialmente asentamiento de la banca acompañado de deslizamientos sucesivos del talud en periodos de lluvias,

Según Plancha 411 – La Unión, del Mapa Geológico de Colombia, en la zona se identifica la Formación Quebradagrande (K1cgg), Los deslizamientos corresponden a la clasificación Deslizamiento de Suelo – Rotacional, en estado activo y distribución creciente, orientados en sentido SW-NE Superficialmente en el sector, se presenta una capa de suelo orgánico (OH), y a continuación un estrato de coluvión de roca fracturada en matriz limo arcillosa (MH).



Fotografía 66. Panorámica del talud en dirección S – N. EVENTO 02.



Localización del evento en el Mapa Geológico del Municipio.

El volumen desplazado en el evento 02 es de aproximadamente 1.022 m³. La altura del deslizamiento entre la corona y la base del talud es de 13,0 m, el espesor de masa desplazada de 1.0 m, y ancho promedio desplazado de 73.0 m.



Fotografía 67. EVENTO 02. Vereda Campo Bello. Detalle de las rocas que afloran en el talud.



Fotografía 68. Panorámica del talud en dirección W – E. EVENTO 02.

Los deslizamientos tienen como condicionantes la elevada pendiente de la ladera (70.0 °) y el tipo de material deslizado; el factor detonante del evento fue el elevado índice de pluviosidad presente en la zona en la primera temporada de lluvias del año 2.012.

El evento 03, localizado en las coordenadas Norte 654.479, Este 1.001.832, está localizado en la misma ladera en donde se generó el deslizamiento 02. La diferencia de altura entre la corona y la base del talud deslizado es de 45.0 m, el espesor deslizado promedio es de 1,0 m, y ancho promedio de masa desplazada es de 17.0 m. Con base en la morfometría descrita se define el volumen total desplazado en 1.001 m³, y el área afectada directamente es de 1.001 m². La cobertura vegetal en el sector corresponde a la clasificada como Mosaico de Cultivos de uso agrícola.

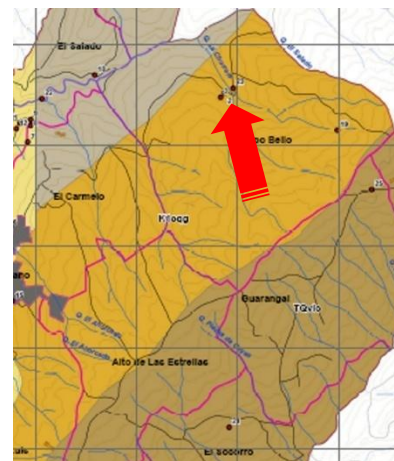
EVENTO 23. COORDENADA Norte 656.523, Este 1.001.869, 1.912 msnm.

EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
23	656.569	1.001.956	1912	Campo Bello

El evento ocurrió en la vía que conduce al municipio de San Bernardo, localizado a una distancia de 3.1 Km, en dirección N 52° E, de la cabecera municipal de San José de Albán. No se tiene información de la ocurrencia del deslizamiento. El movimiento se ha estabilizado parcialmente, mediante la construcción de un muro de contención en gaviones; se observa que se ha sembrado pastos con el objeto de revejetalizar el sector; el movimiento se encuentra en estado activo, compuesto y de distribución confinada. En el sector se observa superficialmente un estrato orgánico, subyacen un estrato de coluvión de roca fracturada en matriz limo arcillosa (MH) afectadas por metamorfismo.



Fotografía 69. Panorámica de la ladera en deslizamiento en dirección W _ E. EVENTO 22. Vereda Campo Bello.



Localización del evento en el Mapa Geológico del Municipio.

Según el Sistema PMA – GMA 2007, el deslizamiento se clasifica como un Deslizamiento de Suelo, tipo Rotacional. El material deslizado tiene origen residual, puede clasificarse como un limo arenoso (ML), o arcillas arenosas inorgánicas de plasticidad media (CL), con presencia de grava. Su origen es la meteorización de los esquistos presentes en el lugar.



Fotografías 70 y 71. EVENTO 22. Vereda Campo Bello.

La pendiente de la ladera está comprendida entre 30 a 45°, corresponde a una ladera muy abrupta a escarpada; el patrón de drenaje es paralelo La altura del deslizamiento es de 20.0 m, tiene un ancho de superficie de falla de 30.0 m y una longitud deslizada de 25.0 m. Corresponde a esta morfometría un volumen deslizado de 1.125 m³ y un área afectada de 750.0 m². En el sector la cobertura corresponde al tipo Mosaico de Cultivos y su uso es agrícola. Las causas del movimiento corresponden a el tipo de material, de tipo colapsable, meteorizado físicamente y las características de la ladera, el factor detonante son las lluvias que se presentan en el sector en los periodos invernales.

EVENTO 19.

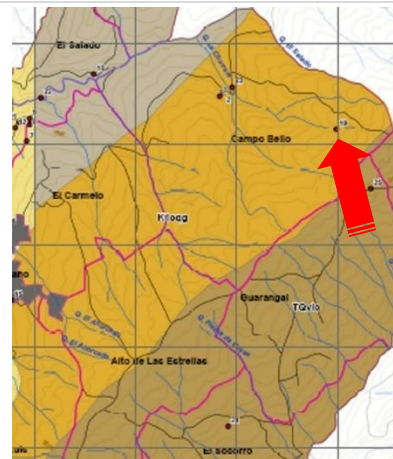
EVENTO	COORDENADAS		ALTURA	VEREDA
	NORTE	OESTE		
19	656.154	1.002.990	2250	Campo Bello

Esta localizado en la vereda Campo Bello, sobre la vía que conduce de San José de Albán al municipio de San Bernardo, a una distancia de 3.8 Km, en dirección N 67° E, desde el casco municipal. El evento inicio su actividad en el mes de Junio de 2004, Su estado actual es activo, ensanchado.

Litologicamente la zona corresponde a la Formación Quebradagrande (K1cgg), descrita en la Plancha 411 La Cruz, Constituida por areniscas, grauvacas, limolitas, chert, brechas, tobas, basaltos amigdalares y almohadillados y diabasas (Orrego et al., en edición). Por información suministrada por habitantes del sector, el evento corresponde a un Flujo de Detritos, generado por licuación del sustrato. Corresponde superficialmente a un suelo de origen residual, compuesto por limos inorgánicos (ML), con presencia de grava, de plasticidad baja y elevada humedad, saturados.



Fotografía 72. EVENTO 19. Vereda Campo Bello



Localización del evento en el Mapa Geológico del Municipio.



Fotografía 73 y 74. EVENTO 19. Esquistos grafitosos.

El evento tiene una altura entre base y corona es de 5.0 m, el ancho de superficie de falla es de 38.0 m y la longitud de falla es de 22.0 m; si se considera un espesor de superficie de falla de 2.0 m, el volumen deslizado sería de 1.672 m³, y el área afectada corresponde a 836.0 m². La ladera tiene pendientes entre 30.0 y 45.0 °, muy abrupta a escarpada, de forma recta y con patrón de drenaje paralelo. El sector corresponde a Bosque Ripiario, de uso es agrícola.

8. ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA

8.1 DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES

8.1.1 Geología Regional

La geología que se describe a continuación se adopta de los documentos; “Memoria Explicativa de la Plancha 410 - La Unión”, Departamento de Nariño, Escala 1:100.000, de Armando Murcia Leal y Héctor Cepeda Venegas, INGEOMINAS 1.991; y “Cartografía Geológica de las Zonas Andina Sur y Garzón - Quetame (Colombia)”, de Alberto Núñez Tello, INGEOMINAS 2003

La Figura 6, indica la localización del Municipio de Albán en el Mapa Geológico de Colombia, Planchas 410 y 411, localizado entre las coordenadas Norte 650.000 y 660.000 y Este 996.000 y 1.007.000, a una altura media de 2.393 msnm. Ubicado entre la Falla Cauca – Almaguer y la Falla El Tablón, pertenecientes al Sistema de Fallas Romeral.

En el área de estudio se identifican cuatro Formaciones geológicas.

La Secuencia Esquistos Buesaco (PZbue), que abarca la franja baja de la vertiente occidental del municipio, paralela al cauce del Río Quiña, ocupa un área total de 1.480,98 hectáreas. En la zona norte central del municipio se localiza el Complejo Quebradagrande (K1cqg), secuencia volcano sedimentaria, tiene límites fallados por el occidente con los Esquistos Buesaco, a través de la Falla Silvia – Pijao, con incipiente metamorfismo de tipo dinámico, ocupa un área de 860,43 hectáreas. Una tercera denominada Formación Lavas y cenizas (TQvlc), localizada en la vertiente oriental del municipio, abarca un área total de 1350,88 hectáreas y la formación denominada Ignimbritas (TQvi), localizada al sur del municipio, abarca un área de 180,96 hectareas. Ver Tabla 02. Formaciones Geológicas presentes en el municipio de Albán y Figura 6. Mapa de Unidades Geológicas - Municipio de Albán.

Tabla 02. Formaciones Geológicas presentes en el municipio de Albán

COD	NOMBRE	ÁREA (Hectáreas)
K1cqg	Complejo Quebradagrande	860,43
PZbue	Esquistos Buesaco	1480,98
TQvi	Ignimbritas eutaxíticas	180,96
TQvlc	Lavas y cenizas	1350,88
	Total	3873,25

Fuente. Planchas 410 y 411 Ingeominas, este estudio.

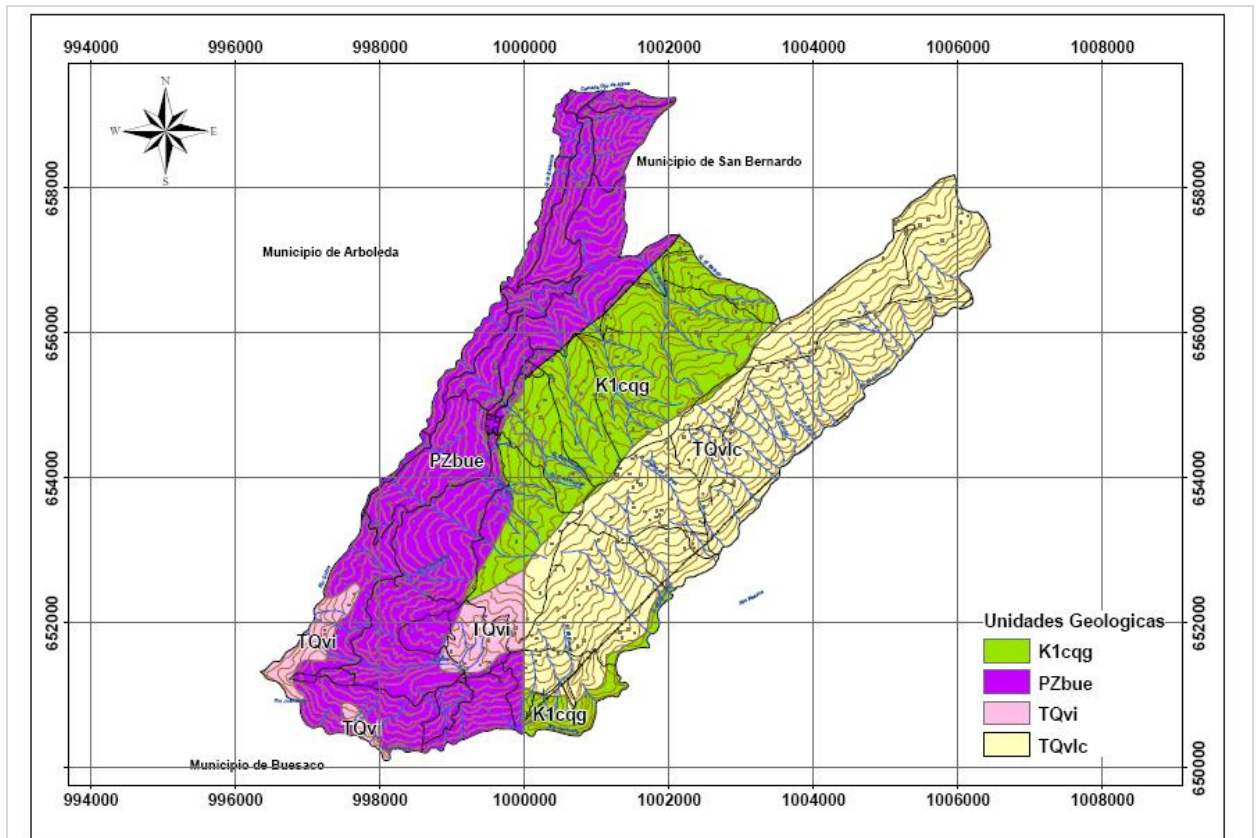


Figura 6. Mapa de Unidades Geológicas - Municipio de Albán.
Fuente: Planchas 410 y 411. INGEOMINAS.

La SECUENCIA ESQUISTOS BUESACO (Pzbu Según Plancha 411 – La Cruz), *constituida por intercalaciones de esquistos verdes y esquistos micáceos, cortados por venas de cuarzo y calcita que tiene buenos afloramientos en el carretable Buesaco - San José de Albán.* Hacia el sur esta secuencia se presenta en la Plancha 410 _ La Unión, como Pz?bu. Para efectos del mapa de susceptibilidad CORPONARIÑO, adopta valores de calificación como una sola unidad.

La FORMACIÓN COMPLEJO QUEBRADAGRANDE, (K1cgg), según la Plancha 411 – La Cruz, del Mapa Geológico de Colombia, está constituida por *conglomerados matriz soportados, con cantos sub redondeados de basaltos, diabasas, limolitas, chert, cuarzo y plagioclasa, en matriz litoarenosa de color gris a verde, con incipiente metamorfismo de tipo dinámico.*

La FORMACIÓN LAVAS Y CENIZAS (TQvlc), según la Plancha 410 - La Union y 411 – La Cruz, NQlp *abarca la zona correspondiente a la vertiente oriental del municipio de Albán. Esta denominación agrupa una gran cantidad de depósitos volcánicos y volcano sedimentarios, tanto flujos de lava como lahares y depósitos piroclásticos de flujo y caída.*

Los DEPÓSITOS denominados IGNIMBRITAS (TQvi), se identifican en tres sectores localizadas en la zona sur del municipio. *La secuencia está compuesta hacia la base por un*

flujo de ceniza arenosa sin soldar, de 1 - 2 m de espesor y luego comienzan a aparecer las ignimbritas soldadas en diferentes unidades de enfriamiento.⁶

8.1.2 Geología Local

Con base en los levantamientos geológicos realizados por INGEOMINAS descritos en las memorias geológicas de las planchas 410 - La Unión y 411 - La Cruz, la región estructuralmente es compleja por su posición geográfica y geológica. La principal estructura de la región la constituye el sistema de Fallas Romeral y sus lineamientos estructurales asociados; al Sistema Romeral pertenecen las fallas Silvia - Pijao y el Tablón, lineamientos que enmarcan el municipio en la dirección SW – NE. Ver Figura 6. Unidades Geológicas - Municipio de Albán.

La secuencia Esquistos Buesaco, Bzbu, tiene límites tectónicos con el Complejo Quebradagrande y la Formación Esmita, mediante las fallas Silvia – Pijao, pertenecientes al Sistema de Fallas Romeral. La secuencia tiene dirección N20°E – N40°E, con inclinaciones variables debido a macro y microplegamientos. Se trata de un bloque tectónico limitado al E y al W por fallas del Sistema Romeral.⁷

8.1.3 Geología (Variable)

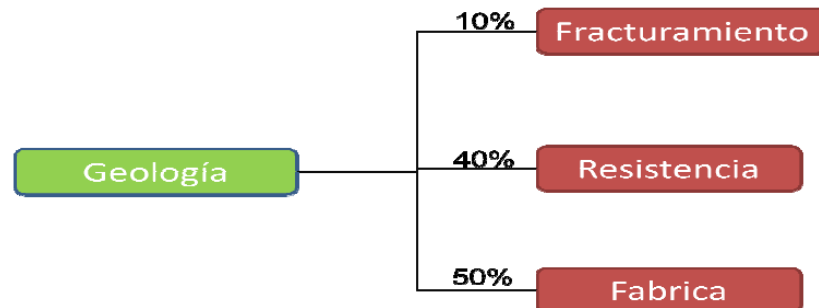


Figura 7. Diagrama de atributos Evaluados en la Variable Geología.

Para el proceso de zonificación se utilizaron las planchas geológicas 410 - La Unión y 411 - La Cruz, a Escala 1:100.000 del INGEOMINAS, las que en general contienen información litológica a nivel de formación y estructura, que permiten la caracterización litoestratigráfica de las unidades cartográficas.

La calidad de las rocas de cada Unidad Geológica se evalúa con base en las variables; Textura/Fábrica, Resistencia y Densidad de Fracturamiento, corresponden respectivamente al 50%, 40% y 10% del peso total de la Unidad. Para el proceso de identificación y

⁶ Murcia L. Armando, Cepeda V. Héctor, INGEOMINAS 1.991. Memoria Explicativa Plancha 410 - La Unión, Departamento de Nariño, Escala 1:100.000

⁷ Murcia & Cepeda 1984, 1991. Memorias Descriptivas Plancha 410 La Unión

descripción de las Unidades se utilizó las planchas geológicas 410 – La Unión y 411 -. La Cruz, de INGEOMINAS.

8.1.3.1 Resistencia.

Para efectos de valoración de la Resistencia del tipo de roca representativo de cada Unidad litológica identificada, se adopta la Tabla 03. Clasificación del atributo resistencia.

Tabla 03. Clasificación del atributo resistencia.

Grado de Resistencia	Compresión uniaxial (Mpa)	Termino	Nivel
R6 – R5	>100	Extremadamente Dura ó Muy Dura	1
R4	50 - 100	Dura	2
R3	25 - 50	Moderadamente Dura	3
R2	5-25.	Blanda	4
R1 - RO	<5	Muy Blanda y extremadamente blanda	5

Fuente: INGEOMINAS -IDEAM, 2009

8.1.3.2 Fabrica/ Estructura.

Este atributo se evalúa y califica en las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias de acuerdo con las características que se especifican en la Tabla 04. Clasificación de la Fábrica / Estructura, que se presenta a continuación.

Tabla 04. Clasificación de la Fábrica / Estructura

Fabrica / Estructura	Clase (Susceptibilidad)
Cristalina Masiva	1
Cristalina Bandeadas	2
Clasticas cementadas	3
Clasticas Consolidadas	4
Cristalina Foliada y Rocas de Falla	5

Fuente: INGEOMINAS, 2011

Para la Secuencia Esquistos Buesaco corresponde a la Textura / Fabrica, denominada *Cristalina Foliada y Rocas de Falla*; son rocas cuyas partículas minerales están mecánicamente entrelazadas, con una orientación preferencial a lo largo de la cual las rocas son menos resistentes. Su calidad se dispersa como consecuencia de su fábrica orientada, es decir, por los planos de esquistosidad y foliación⁸.

La roca que compone la Formación Quebradagrande (K1cgg), corresponde a la Textura / Fabrica, denominada *Clásticas Cementadas*, pertenece a rocas con partículas cementadas, con resistencia y deformación variable, dependiendo de la calidad del material cementante, la relación matriz-clastos y el grado de empaquetamiento general que posea.

⁸ Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa Escala 1: 100.000. INGEOMINAS FEBRERO 2010

Tabla 05. Fabrica/Estructura de las rocas

TEXTURA/FÁBRICA	CARACTERÍSTICAS
CRISTALINA MASIVA	En rocas de cualquier origen (ígneo, metamórfico o sedimentario) cuyas partículas minerales están entrelazadas y con orientación aleatoria. Corresponde a las rocas más resistentes y menos deformables, salvo las rocas volcánicas cuya calidad es un poco dispersa según sean porosas o no lo sean. Ejemplos: granitos, basaltos, calizas, chert, cuarcitas y mármoles.
CRISTALINA FOLIADA Y ROCAS DE FALLA	En rocas cuyas partículas minerales están mecánicamente entrelazadas, con una orientación preferencial a lo largo de la cual las rocas son menos resistentes. Su calidad se dispersa como consecuencia de su fábrica orientada, es decir, por los planos de esquistosidad y foliación. Ejemplos: Pizarras, filitas, esquistos, milonitas.
CRISTALINAS BANDEADAS	En rocas cuyas partículas minerales están mecánicamente entrelazadas, conformando bandas composicionales con alguna influencia direccional. Ejemplo: Neis.
CLÁSTICAS CEMENTADAS	En rocas con partículas cementadas, con resistencia y deformación variable, dependiendo de la calidad del material cementante, la relación matriz-clastos y el grado de empaquetamiento general que posea. Ejemplos: areniscas, conglomerados.

Fuente: Ingeominas 2004

Las Formaciones TQvlc (Plancha 410) y NQlp (411), se *caracterizan por Intercalaciones de flujos de lava y depósitos piroclásticos de flujo y caída, localmente predominan flujos de lavas.* Corresponde la denominación de Textura / Fabrica, *Cristalina Masiva. En rocas de cualquier origen (ígneo, metamórfico o sedimentario) cuyas partículas minerales están entrelazadas y con orientación aleatoria. Corresponde a las rocas más resistentes y menos deformables, salvo las rocas volcánicas cuya calidad es un poco dispersa según sean porosas o no lo sean.*

8.1.3.3 Densidad de Fracturamiento.

La principal estructura de la región la constituye el sistema de Fallas Romeral y sus lineamientos estructurales asociados; al Sistema Romeral pertenecen las fallas Cauca – Almaguer y el Tablón, lineamientos que enmarcan el municipio en las direcciones SW – NE.

Basado en las planchas de geología generadas por INGEOMINAS (410 - 411) para el municipio se calculó la densidad fallas, lineamientos y pliegues de la corteza, expresado en número de fallas por kilómetro cuadrado, usando el algoritmo 'densidad de líneas' del software ArcGis. Para esta operación el software requiere de un radio de búsqueda (vecindad) el cual fue calculado como el límite superior (estadístico), es decir, la suma de la distancia media entre pares de líneas (centro a centro) y la desviación estándar. El resultado fue clasificado en cinco 'jenks', el cual es un método diseñado para determinar el mejor

arreglo de los valores en diferentes clases, disminuyendo la varianza dentro de esta y maximizando entre las clases. La calificación asignada fue:

Tabla 06. Clasificación de la densidad de fracturamiento

Densidad de fracturamiento (m/km ²)	Clasificación	Susceptibilidad
0 – 0.286488	1	Muy Baja
0.286488 – 0.787841	2	Baja
0.787841 – 1.217572	3	Media
1.217572 – 1.790548	4	Alta
1.790548 – 3.638393	5	Muy Alta

Fuente: INGEOMINAS – IDEAM, 2009.

8.1.3.4 Calificación de la susceptibilidad por la variable Geología

La susceptibilidad geológica define la propiedad inherente del terreno a desarrollar movimientos en masa, tendencia abordada desde la composición de los materiales del subsuelo, en la capacidad a soportar esfuerzos y en la respuesta de dichos materiales que se expresa en fracturamiento y deformación. La susceptibilidad a la geología describe un escenario preliminar y natural del tipo de material que constituye el subsuelo. La Tabla07, relaciona los valores correspondientes a las variables Geológicas de la zona de estudio.

Tabla 07. Susceptibilidad geológica del municipio de Albán.

GEOLOGIA			PESO TOTAL		20%	
ZONA / SECTOR	SECUENCIA/ FORMACION	EVENTOS	ESTRUCTURA	RESISTENCIA	DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO	SUCEPTIBILIDAD
			50%	40%	10%	
VERTIENTE OCCIDENTAL VÍA PAVIMENTADA TRAMO PUENTE RIO QUIÑA - SAN JOSE DE ALBAN	SECUENCIA ESQUISTOS BUESACO (Pzbu)	05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33	5	3	3	4,0
VERTIENTE OCCIDENTAL	SECUENCIA ESQUISTOS BUESACO (Pzbu)	04, 16, 17, 18, 22	5	3	3	4,0
	FORMACIÓN QUEBRADA GRANDE (K1cgg)	02, 03, 15, 19, 23	5	3	3	4,0
VERTIENTE ORIENTAL	FORMACIÓN LAVAS Y CENIZAS(TQvlc) – LAVAS y PIROCLASTOS NQlp	21, 24, 25	5	1	1	3,0
VERTIENTE OCCIDENTAL	DEPOSITOS ASOCIADOS A ACTIVIDAD VOLCANICA (TQvi)	01	5	1	1	3,0

Fuente: Este Estudio

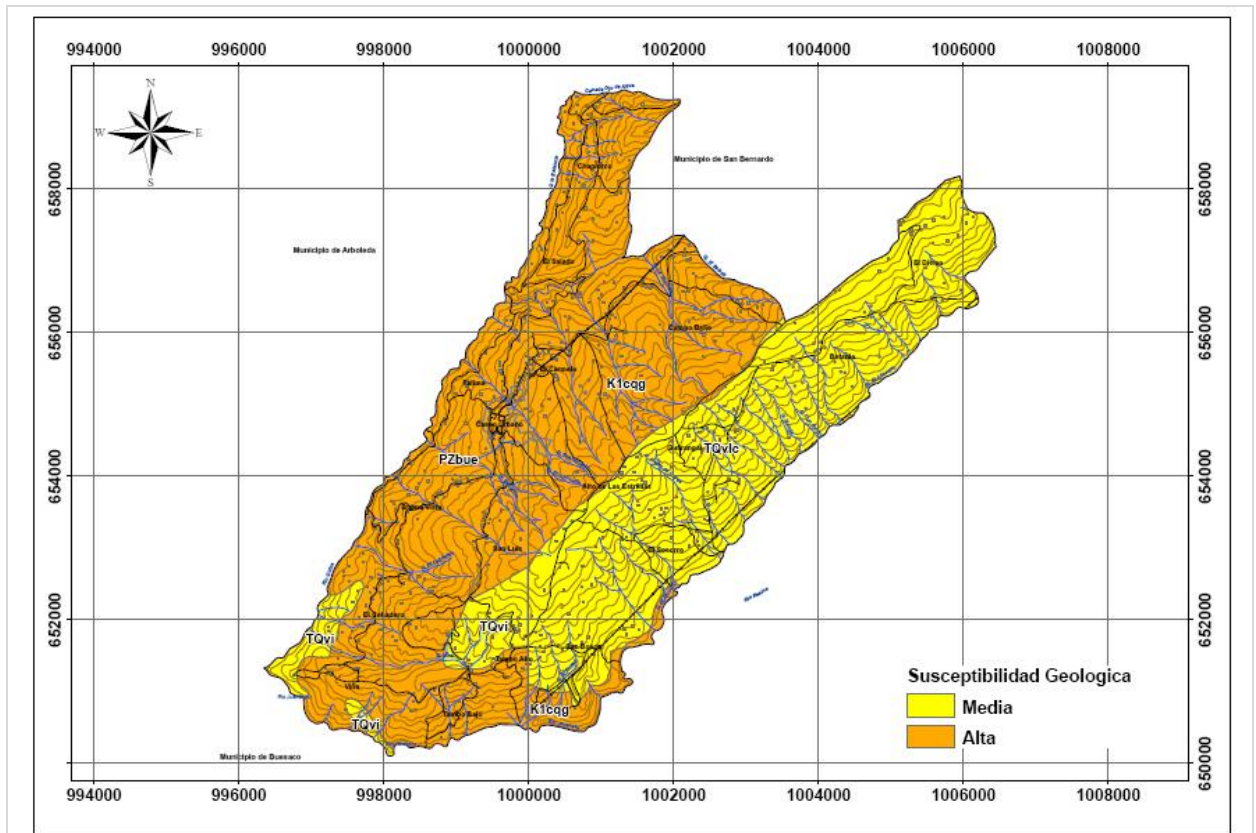


Figura 08. Mapa de Nivel de Susceptibilidad por unidad Geológica.

Como se puede observar en la Figura 08 más de la mitad del municipio correspondiente sobre todo a la parte central y oriental se encuentran en alta susceptibilidad por la variable geología.

8.1.4 Geomorfología

La variable geomorfología es el principal insumo enmarcado en el análisis de susceptibilidad para movimientos en masa. Este pretende determinar las áreas que por sus características morfométricas, morfogenéticas y morfodinámicas, según los procesos de denudación y meteorización, así como los condicionantes y detonantes de los eventos.

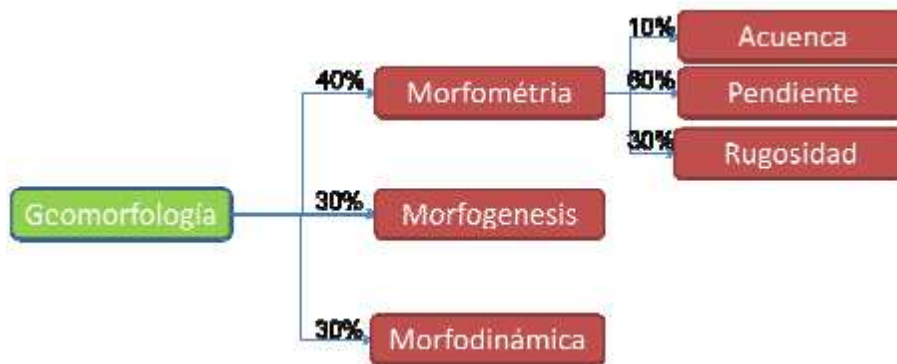


Figura 09. Diagrama de atributos Evaluados en la Variable Geomorfología

Las formas de relieve son el resultado de la conjunción de numerosos factores como: litología, estructuras geológicas, tectónica y clima, íntimamente relacionados con los procesos de erosión y movimientos en masa.

En la actualidad estas geoformas son afectadas por procesos denudativos expresados en procesos depositacionales, de transporte y procesos erosivos, que a lo largo del tiempo transforman significativamente el relieve inicial. Los principales cambios en la zona de estudio son asociados a profundas disecciones de las pendientes, erosión y pérdida de la cobertura vegetal.

8.1.4.1 Morfometría:

La geomorfometría o morfometría permite cuantificar aspectos morfológicos, hidrológicos y ecológicos de la superficie terrestre. Mediante herramientas de modelación estadísticas y matemática comunes en software de sistemas de información geográfica. Relacionadas las diferentes métricas del paisaje es un insumo de altísimo valor para comprender los procesos de migración y acumulación de agua y materiales en la superficie por gravedad.

La principal métrica del terreno y común en estos análisis es la pendiente (en grados o porcentaje), la cual permite dimensionar el comportamiento, dirección y dinámica de los cursos de agua y el desplazamiento de las laderas (Christofolletti, 1980). Así por ejemplo un estudio elaborado por Muñoz (2005) determinó que las pendientes superiores a 30°, están en mayor riesgo a deslizarse. Otras métricas del paisaje importantes dentro de los análisis de movimientos en masa son la curvatura vertical y horizontal, la primera referida al terreno cóncavo/convexo y la segunda a la divergencia/convergencia.

El insumo base para este análisis es el Modelo Digital de Elevación – DEM- elaborado a partir de las curvas de nivel cada 50 metros de la topografía a escala 1:25000 de las planchas utilizadas, tal como se describe en el numeral de insumos parte de este

documento. El DEM es un insumo fundamental derivado de la cartografía base de este se derivan las variables morfométricas: Pendiente (Figura 10), Rugosidad (Figura 11) y Acuencia (Figura 12).

8.1.4.1.1 Pendiente

La pendiente del terreno es el cambio de elevación (grados o porcentaje) entre la superficie y la horizontal del azimuth. Las herramientas SIG, calculan este valor desde un DEM en cada pixel como la diferencia de su altura y la máxima de los vecinos contiguos de la grilla. El atributo de pendientes del municipio de Albán se detalla en la Figura 10. Los rangos clasificados de la pendiente se detallan en la tabla 08.

Tabla 08. Calificación del atributo Pendiente

Pendiente	Descripción	Nivel	Clase
0° – 7°	Plana a suavemente inclinada	1	Muy Baja
7° – 11°	Inclinada	2	Baja
11° – 19°	Muy Inclinada	3	Media
19° – 40°	Abrupta	4	Alta
40° – 83,69°	Escarpada	5	Muy Baja

Fuente: INGEOMINAS, 2011.

Tabla 09. Unidades de pendiente en el municipio de Albán

Pendiente	Clase	Área (Hectáreas)	%
0° – 7°	Muy Baja	347,24	8,97
7° – 11°	Baja	161,78	4,18
11° – 19°	Media	951,31	24,56
19° – 40°	Alta	2370,79	61,21
40° – 83,69°	Muy Baja	42,12	1,09
Total		3873,24	100

Fuente: este estudio.

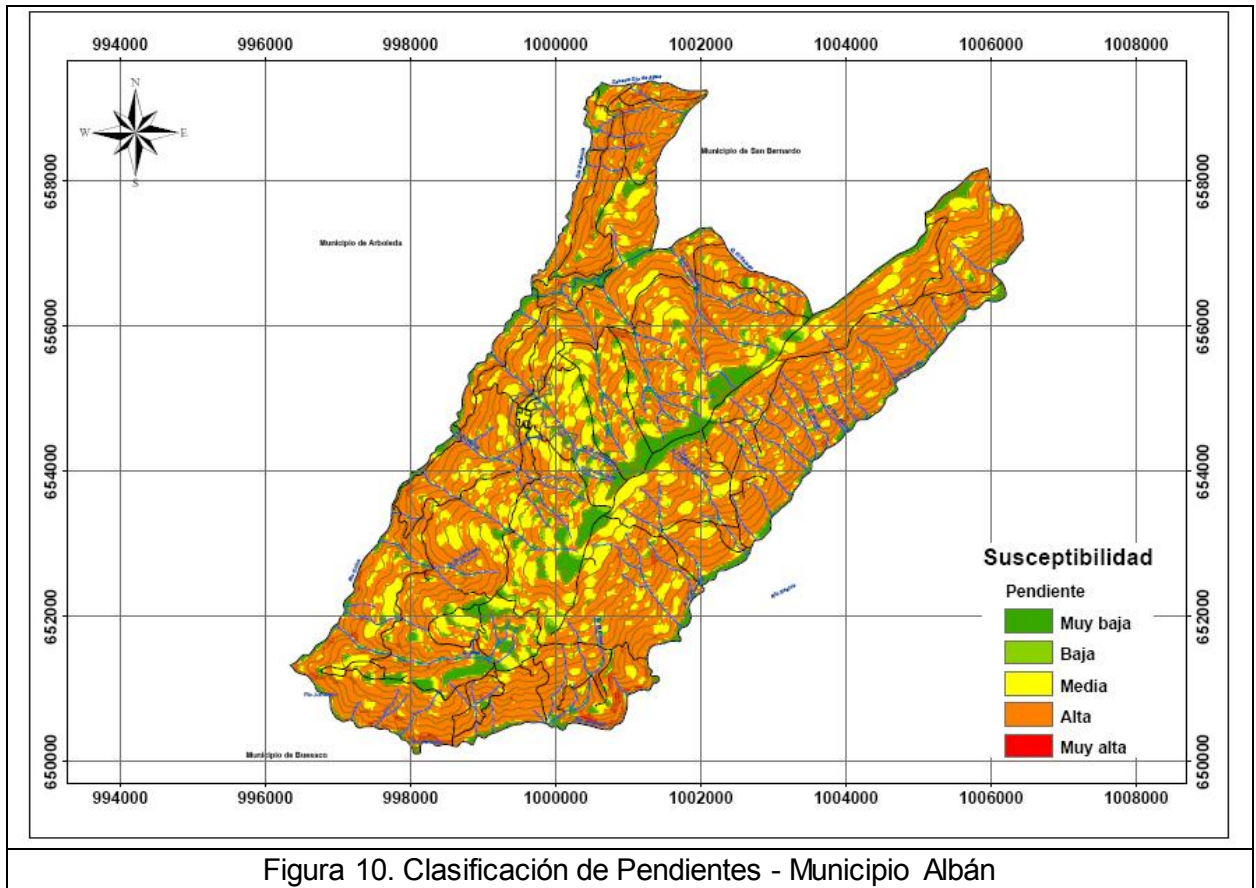


Figura 10. Clasificación de Pendientes - Municipio Albán

8.1.4.1.2 Rugosidad:

La rugosidad del terreno se define como la variación de la pendiente en un área y representa la desviación del vector normal a la superficie en cada celda. El valor 1 corresponde a rugosidad nula y los valores se hacen menores al aumentar la dispersión de los vectores (alta rugosidad). La rugosidad define bien las formas como los límites de taludes y laderas tanto en los valles como en las crestas (Felicísimo, 1992). Se relaciona con los movimientos en masa de manera que las laderas de rugosidad alta son más propensas a presentar movimientos en masa debido a que los cambios sucesivos de pendientes favorecen una mayor infiltración del agua en el terreno y por ende, aumenta la inestabilidad del mismo. En la Tabla 10 se presentan los valores de clasificación en función de la susceptibilidad a los movimientos en masa del atributo Rugosidad y en la Figura 11 se muestra el resultado del cálculo y susceptibilidad por éste atributo.

Tabla 10. Clasificación del atributo Rugosidad

Rugosidad	Descripción	Nivel	Clase
0 – 0.985	Rugosidad muy baja	1	Muy Baja
0.985 – 0.99	Rugosidad baja	2	Baja
0.99 – 0.995	Rugosidad media	3	Media
0.995 – 0.9975	Rugosidad alta	4	Alta
0.9975 - 1	Rugosidad muy baja	5	Muy Baja

Fuente: INGEOMINAS, 2011.

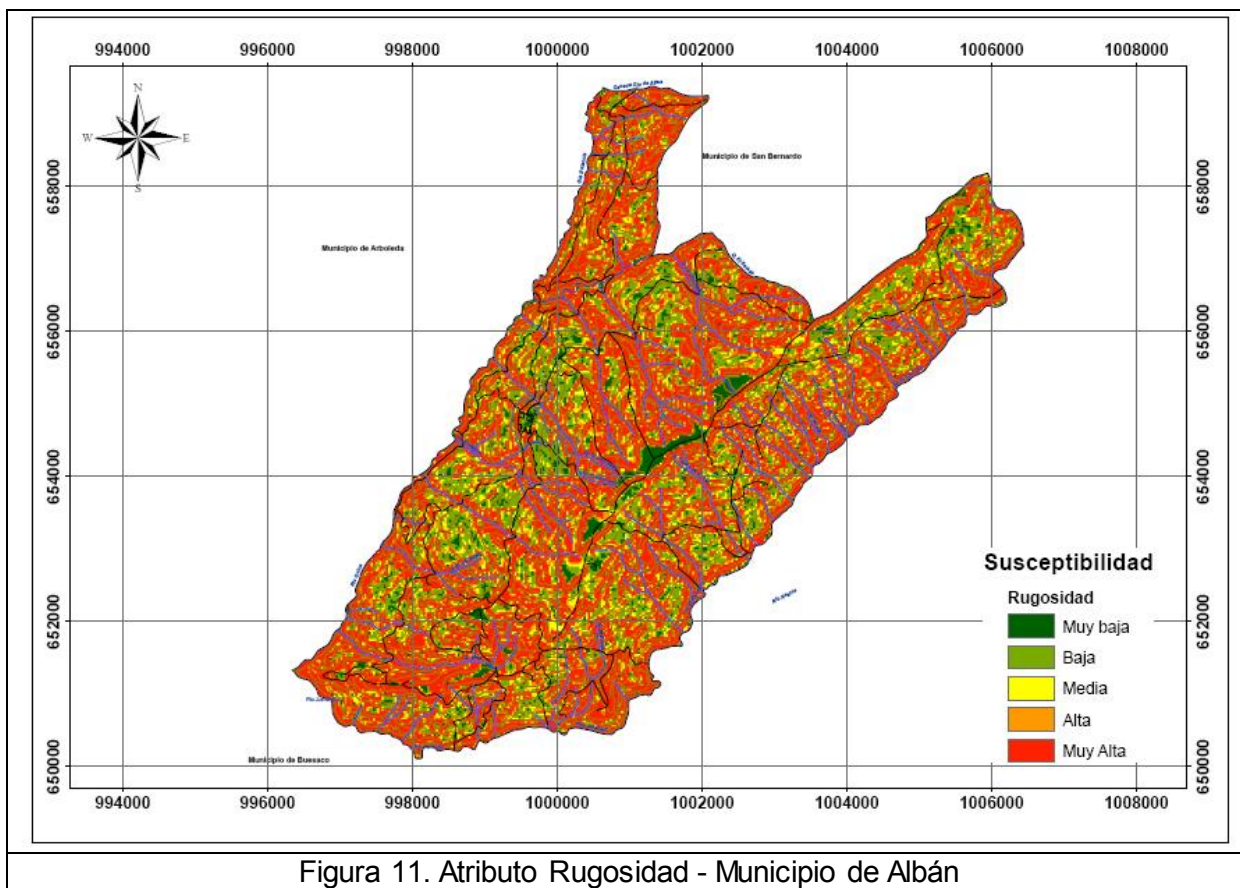


Figura 11. Atributo Rugosidad - Municipio de Albán

En el caso del municipio de Albán se puede observar como predomina un alto grado de rugosidad debido a la variación en la pendiente, lo cual es evidente en la mayoría del del territorio municipal.

8.1.4.1.3 Acuenca

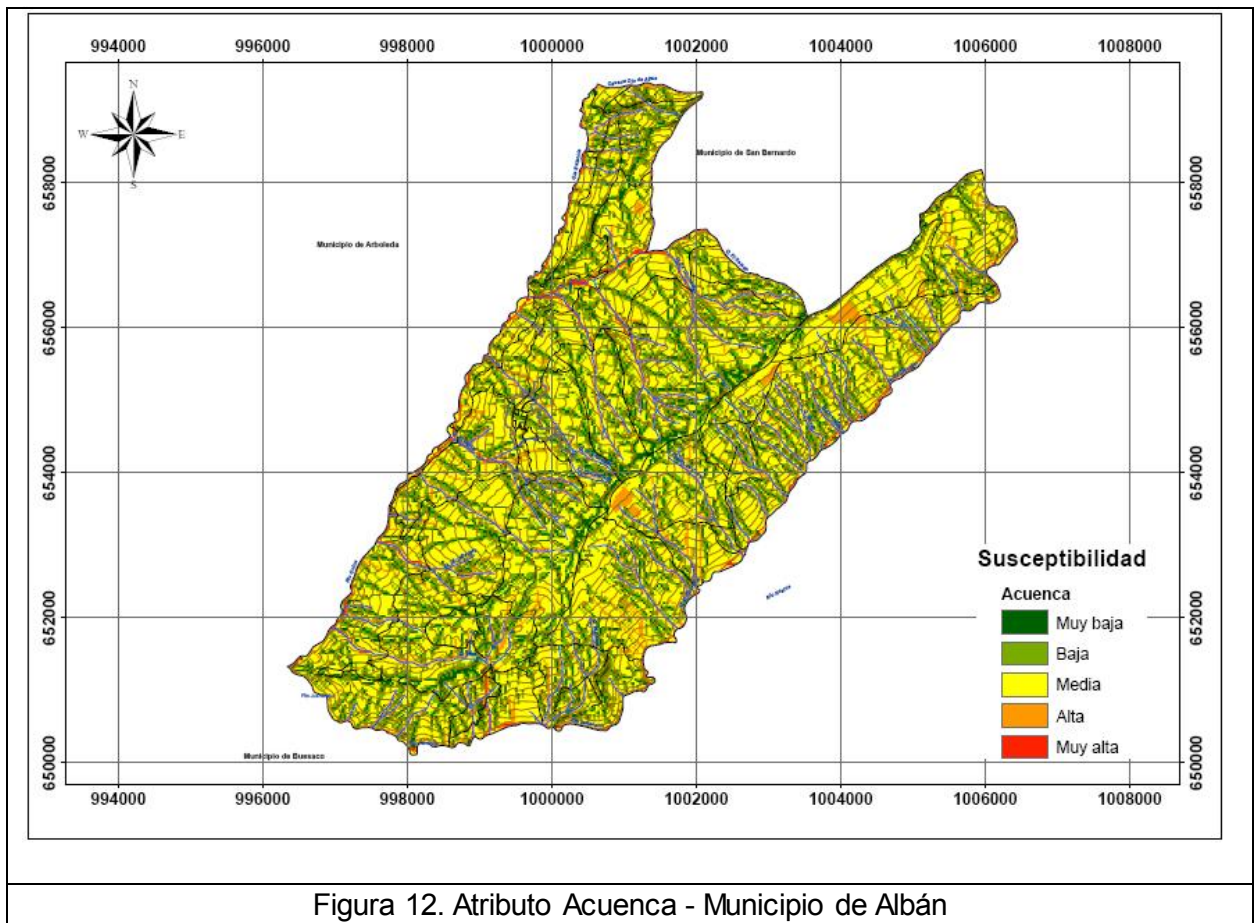
El atributo *Acuenca* corresponde a la superficie de la cuenca aguas arriba de la celda cuya sumatoria de la superficie vierten a una celda determinada (cuenca acumulada). La variable se deriva del Modelo Digital de Elevación DEM y se expresa en metros cuadrados (m^2). Si bien es una variable cuantitativa, los valores de superficie son múltiplo del área de una celda, no tratándose de una variable continua.

El área de la cuenca se relaciona con la cantidad de agua que es capaz de recoger e infiltrar en un terreno, a mayor superficie más agua infiltrada y más posibilidades de desarrollar inestabilidad en el terreno (Neuland, 1976, Hatano 1976, Okimura 1983, Oyagi 1984). En la la Tabla 11 se muestran los rangos para su calificación y en la Figura 12 se muestra la espacialización del atributo acuenca calificado para el municipio de Albán.

Tabla 11. Clasificación del atributo Acuencia

Acuencia (m ²)	Descripción	Nivel	Clase
0	Divisoria de agua o lomos	1	Muy Baja
1 - 3500	Escorrentía lenta	2	Baja
3500 - 40000	Flujo acumulado	3	Media
40000 - 1000000	Drenaje no permanente	4	Alta
1000000 - 1223633280	Quebradas, Rios	5	Muy Baja

Fuente: INGEOMINAS, 2011.



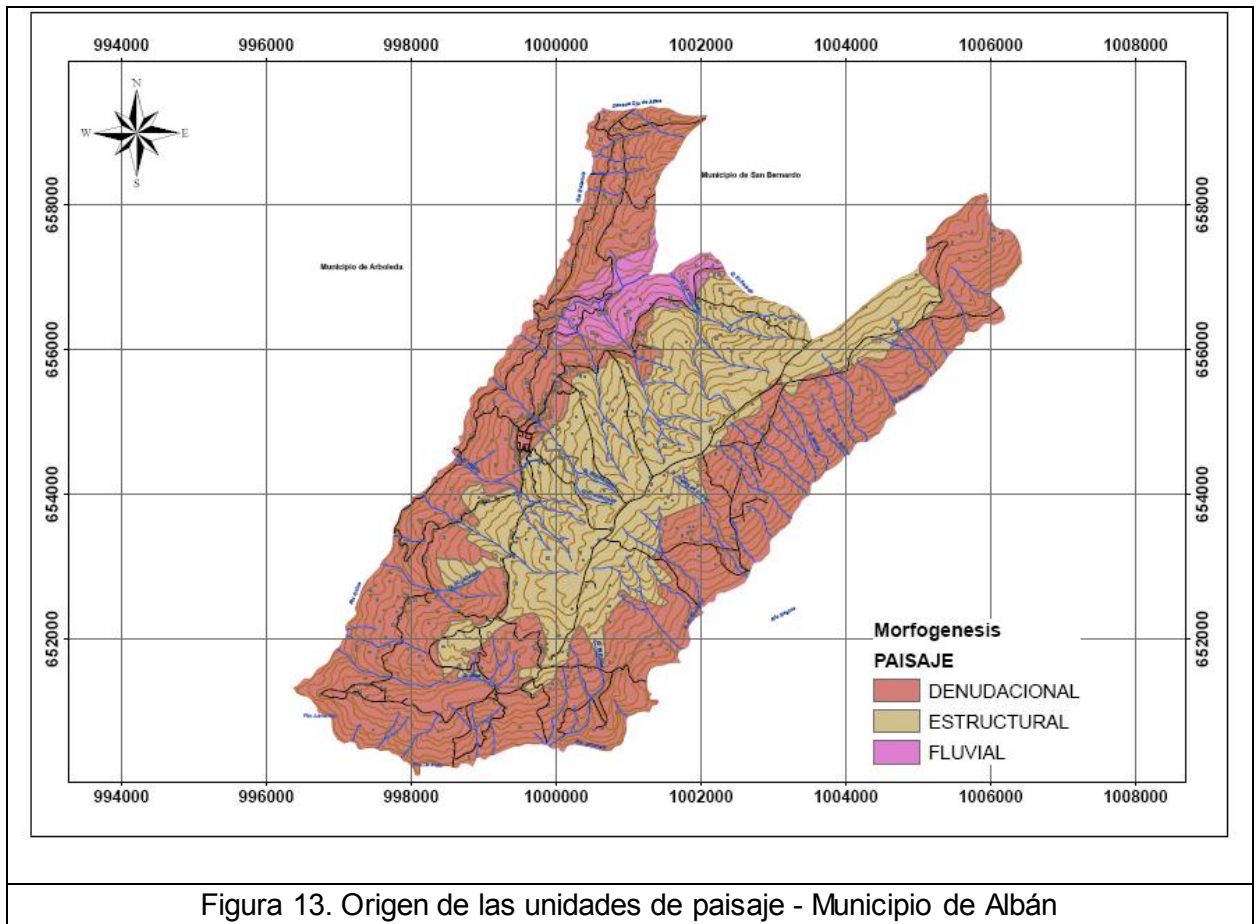
En la Figura 12 se observa cómo debido a las condiciones del terreno y la variación de la pendiente en el municipio predomina una susceptibilidad media por esta variable.

8.1.4.2 Morfogénesis

Implica la definición del origen de las geoformas, es decir, las causas y procesos que dieron la forma al paisaje. El origen del paisaje depende de los procesos endogenéticos y la modificación de los agentes exogenéticos (agua, viento, hielo), que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempos geológicos, modelando el terreno (INGEOMINAS, 2011).

La información morfogenética es representada en forma de unidades geomorfológicas si los procesos concernientes son de tamaño cartografiable a una escala de mapeo dado, y mediante símbolos lineales, si las formas son demasiado pequeñas o no son consideradas lo suficientemente importantes para ser una unidad (de mapeo) geomorfológica.

El municipio de Albán a nivel oficial cuenta con el mapa geomorfológico y uno de unidades del paisaje producto del diagnóstico para la elaboración del Esquema de Ordenamiento Territorial 2000 - 2009. Se procedió editar el mapa de manera que se ajuste a los requerimientos de la metodología calificando las unidades paisaje/geomorfológicas e identificación la morfogénesis de dicha unidad. Ver Figura 14.



Para la zona de estudio se establecieron tres orígenes geomorfológicos:

Geomorfología Denudacional: El producto de movimientos tectónicos, como un factor primario afecta el desarrollo y forma de las montañas, dentro del contexto global, la denudación actúa en mayor escala en áreas de alto relieve, de ahí su conformación en superficies inferiores o laterales a geoformas de origen estructural, exógenas, creando importantes movimientos de masa, generados por combinación de relieves abruptos, alta pluviosidad, sismos de diversas intensidades. La actividad de estos movimientos, es capaz de crear y mantener grandes ángulos de pendientes discriminados en la mayoría de las geoformas características y extendidas en el municipio.

Geomorfología Estructural: Estas geoformas se originan por la influencia de la actividad tectónica sobre rocas y suelos, generando expresiones en el terreno que se combinan con los procesos denudacionales. Estas se caracterizan por pertenecer a zonas de cotas altas, asociados, principalmente a la neotectónica de fallas locales, subregionales y regionales, que incide en la conformación de estos relieves. Fueron determinados Escarpas de Falla Fuertemente Erosionada y Escarpas de Línea de falla.

Geomorfología Fluvial: Los trazados existentes de las geoformas, son el producto principal de la capacidad erosiva del río que está en relación directa a su capacidad de arrastre y al material rocoso que erosiona. Generalmente, estas geoformas son construidas en las partes bajas de drenajes cuando han recibido la mayor cantidad de aportes hídricos. Como característica especial, las pendientes tienen poca inclinación, en ocasiones son planas, que alcanzan grados de madurez de corrientes, relacionadas a la actividad coluvial, en zonas aledañas de pendientes fuertes y depositan por gravedad algunos cantos en partes de sectores bajos. Los ríos, de acuerdo a su capacidad mueven fragmentos a lo largo de sus lechos que desgastan y taladran el lecho rocoso que es socavado el cauce, mediante un proceso continuo de frotamiento.

Tabla 12. Geoformas de acuerdo a su origen.

ORIGEN	GEOFORMAS ASOCIADA
<p>DENUDACIONAL Procesos exógenos (Meteorización, procesos denudativos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colina y ladera denudada. • Planicies y Mesetas. • Conos de deyección. • Ladera estructural y erosiva. • Terraza estructural denudada. • Cerro estructural remanente. • Cerros residuales • Deslizamiento.
<p>ESTRUCTURAL Procesos endógenos (Neotectonismo plegamientos, fallamientos).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Escarpe de Falla. • Laderas. • Altiplanicies Estructurales. • Domos. • Cañones de fallas activas • Sag ponds • Hogback • Lomos de falla • Lomos de presión • Escarpes • Cuestas • Sierras • Cerros • Planchas • Espolones • Espinazos • Escarpe de línea falla
<p>FLUVIAL Y DELTÁICO Erosión y Sedimentación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Valle aluvial. • Terrazas fluviales • Abanicos aluviales • Cauces actuales • Laderas fluvio-coluviales • Cuencas de decantación • Planicies deltaicas • Planicies aluviales e intramontanos • Conos de eyección.

8.1.4.3 Morfodinámica

La morfodinámica hace referencia a los movimientos en masa activos en el presente ó aquellos que se pueden activar en el futuro. Se refiere a la dinámica exógena relacionada con la actividad de los agentes como el viento, agua, hielo y la acción de la gravedad terrestre, que modifica las geoformas preexistentes. Los eventos naturales son específicos de cada ambiente morfogenético (morfogénesis), afectan y modelan la superficie terrestre con diferentes grados de intensidad, imprimiéndole al terreno características propias de cada ambiente.

En el municipio de Albán esta variable se obtuvo mediante trabajo de campo, en el sitio de cada evento el cual se caracterizó mediante el diligenciamiento de una ficha que contiene la información del evento como procesos geomorfológicos que indican alguna actividad tales como suelos, flujos de escombros de tal manera que se puede tener un inventario de los eventos presentes en el municipio.

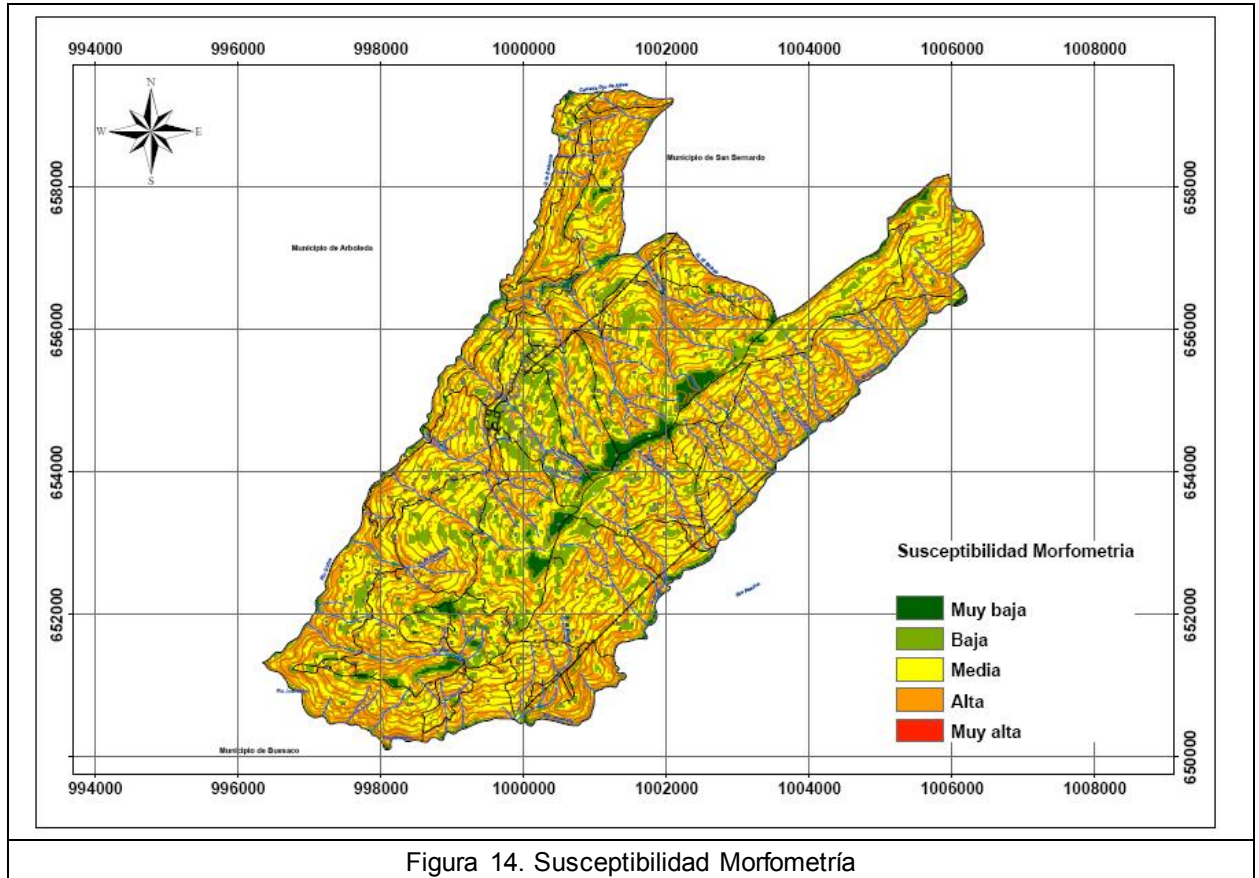
La caracterización de la morfodinámica permite la identificación de los procesos denudativos que han ocurrido en un área determinada y que han contribuido en su evolución y pueden proyectarse hacia futuro para poder tener una visión sobre la estabilidad de un terreno.

Tabla 13. Criterios de calificación empleados para calificar los sistemas morfogenéticos según procesos morfodinámicos.

Grado Susceptibilidad		Criterio
0	Nula	No ocurren procesos morfodinámicos que puedan desencadenar procesos de remoción en masa.
1	Muy baja	Ocurren proceso morfodinámicos que pueden desencadenar procesos de remoción en masa.
2	Baja	Los procesos de remoción en masa son procesos secundarios en el sistema morfogenético.
3	Moderada	Los procesos de remoción en masa son los procesos dominantes del sistema morfogenético. Presentan una amenaza potencial por movimientos en masa baja.
4	Alta	Los procesos de remoción en masa son los procesos dominantes del sistema morfogenético. Presentan una amenaza potencial por movimientos en masa media.
5	Muy Alta	Los procesos de remoción en masa son los procesos dominantes del sistema morfogenético. Presentan una amenaza potencial por movimientos en masa alta.

8.1.4.4 Susceptibilidad por variables morfométricas

Una vez calculadas y calificadas las variables pendiente (60%), rugosidad (30%) y acuenca (10%), se realiza una superposición ponderada de las mismas de tal manera que sea posible zonificar la susceptibilidad a movimientos en masa por condiciones morfométricas. Ver Figura 14 Susceptibilidad Morfometría.



Como se puede observar en la susceptibilidad media y alta predominan, lo cual es consecuencia de la forma del relieve, la topografía y la pendiente tal y como se evidencio anteriormente.

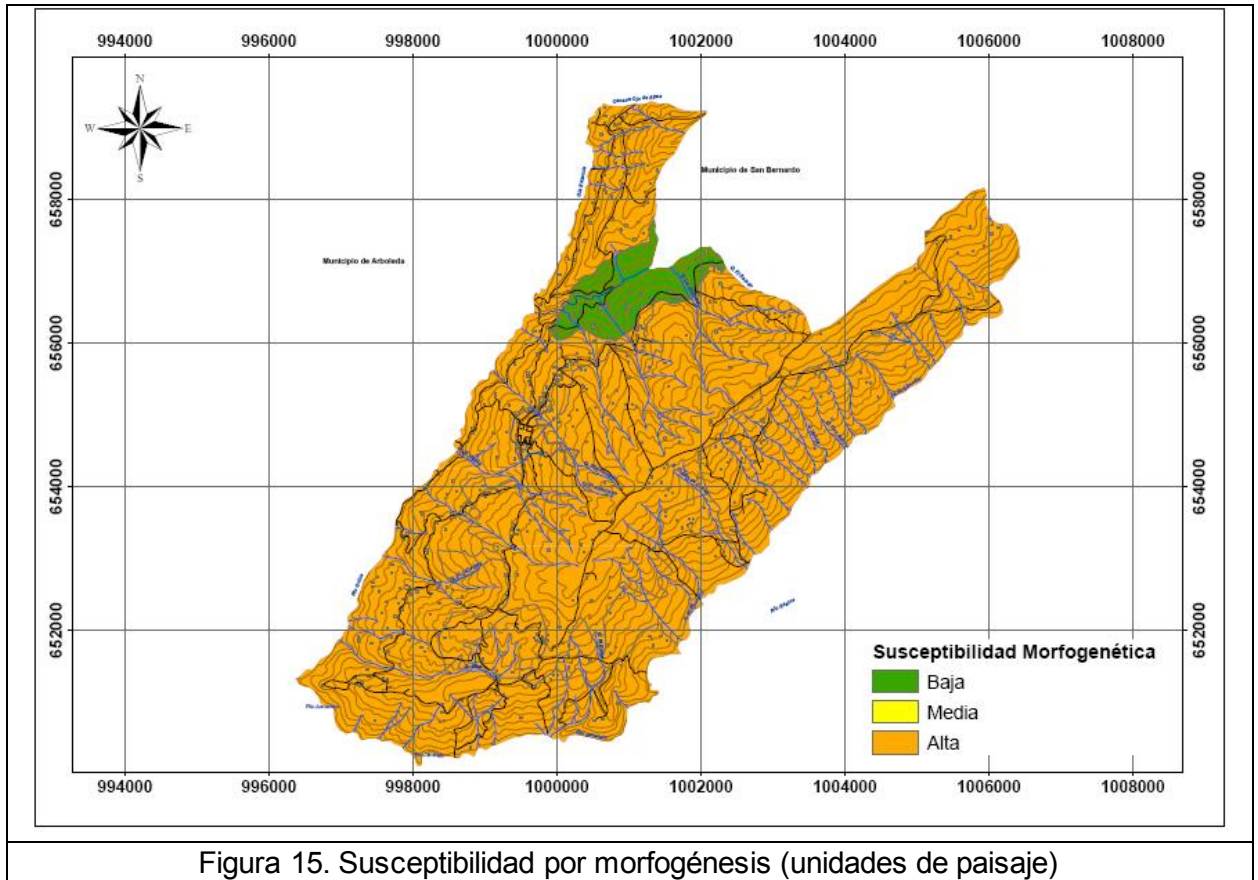
8.1.4.5 Susceptibilidad: morfogénesis y morfodinámica

La Tabla 14., relaciona los valores correspondientes al origen de las unidades geomorfológicas, se indica el valor de susceptibilidad de acuerdo a la morfogénesis y morfodinámica para cada unidad de origen identificada. Los resultados de la susceptibilidad por unidad para morfogénesis se pueden ver en la Figura 15 y los de la susceptibilidad por unidad para morfodinámica en la Figura 16.

Tabla 14. Propuesta de susceptibilidad morfogenética y morfodinámica de acuerdo a su origen.

UNIDAD ORIGEN	GEOFORMAS ASOCIADA	Susceptibilidad Morfogénesis	Susceptibilidad Morfodinámica
DENUDACIONAL Procesos exógenos (Meteorización, procesos denudativos).	<ul style="list-style-type: none"> • Colina y ladera denudada. • Planicies y Mesetas. • Conos de deyección. • Ladera estructural y erosiva. • Terraza estructural denudada. • Cerro estructural remanente. • Cerros residuales • Deslizamiento. 	4	4
ESTRUCTURAL Procesos endógenos (Neotectonismo plegamientos, fallamientos).	<ul style="list-style-type: none"> • Escarpe de Falla. • Laderas. • Atiplanicies Estructurales. • Domos. • Cañones de fallas activas • Sag ponds • Hogback • Lomos de falla • Lomos de presión • Escarpes • Cuestas • Sierras • Cerros • Planchas • Espolones • Espinazos • Escarpe de línea falla 	4	3
FLUVIAL Y DELTÁICO Erosión y Sedimentación.	<ul style="list-style-type: none"> • Valle aluvial. • Terrazas fluviales • Abanicos aluviales • Cauces actuales • Laderas fluvio-columbales • Cuencas de decantación • Planicies deltaicas • Planicies aluviales e intramontanos • Conos de deyección. 	2	3

A continuación se pueden observar el valor de susceptibilidad de acuerdo a la morfogénesis de cada unidad.



A continuación se pueden observar el valor de susceptibilidad de acuerdo a la morfodinámica de cada unidad.

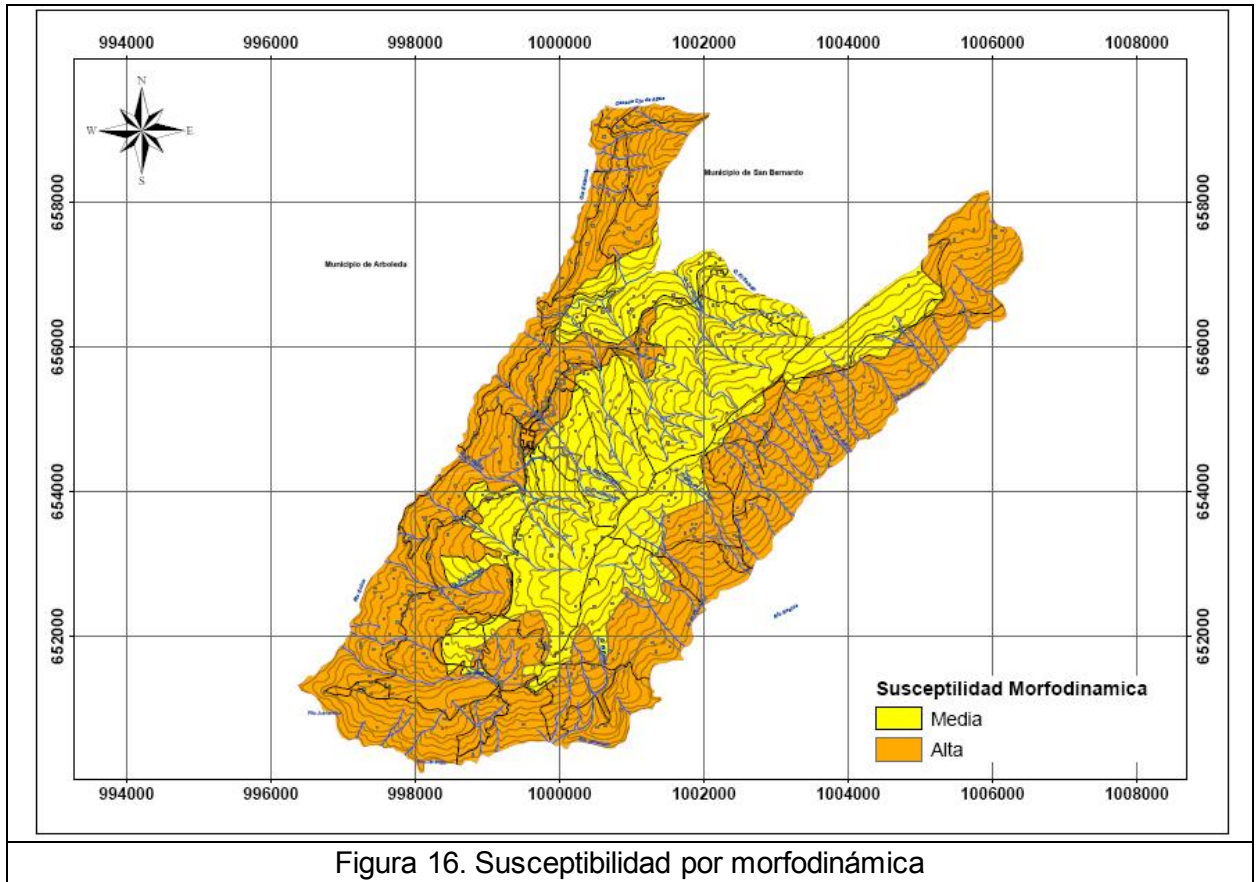
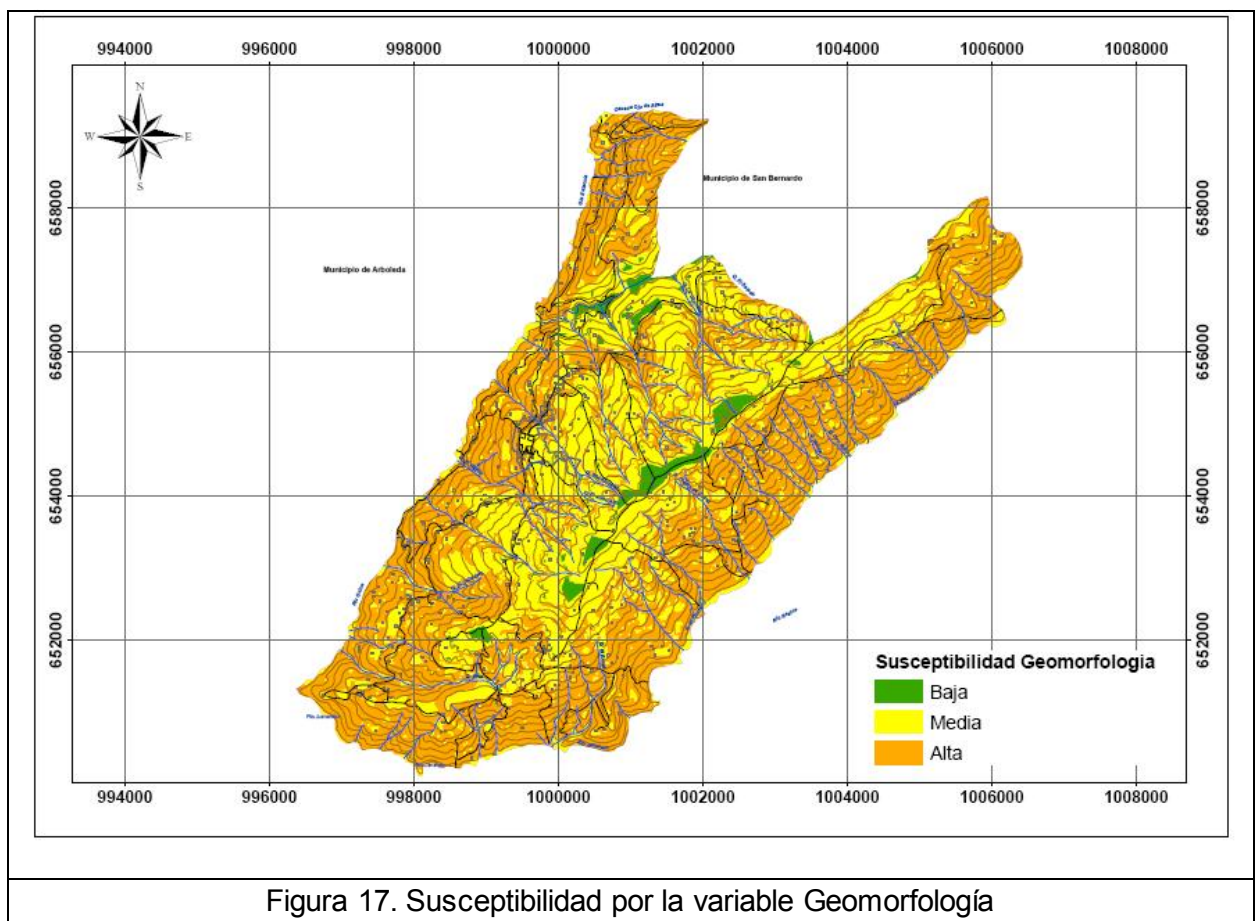


Figura 16. Susceptibilidad por morfodinámica

8.1.4.6 Calificación de la susceptibilidad por la variable Geomorfología

La susceptibilidad geomorfológica define la propiedad inherente del terreno a desarrollar movimientos en masa, tendencia abordada desde la forma del paisaje y el tipo de relieve presentes en determinada zona los cuales evidentemente determinan el nivel de susceptibilidad a movimientos en masa de un lugar.

Inicialmente para determinar la susceptibilidad por la variable geomorfología se determinó el nivel de susceptibilidad morfometría compuesta por las variables pendiente, rugosidad y acuenca, como se observó anteriormente, y posteriormente a esto se sobrepone la susceptibilidad por morfogénesis y morfodinámica para así obtener el definitivamente la susceptibilidad por la variable geomorfología. Ver Figura 17.



Después de cruzar todas las variables correspondientes a geomorfología el resultado evidencia como en la parte central del municipio se presenta una susceptibilidad media y en sus laderas oriental y occidental predomina una susceptibilidad alta a movimientos en masa.

8.1.5 Suelos

El suelo, al igual que las coberturas de la tierra son la entrada y el regulador inicial de la precipitación pluvial en el ecosistema. El movimiento del agua (escurrimiento o flujo superficial, infiltración, capilaridad, percolación, entre otros), tiende a modificar el estado de la materia y la energía del suelo, afectando sus propiedades y esfuerzos, pero sin alterar su naturaleza. La determinación de las variables físicas de suelos permiten caracterizar el comportamiento de estabilidad a lo largo de su perfil, a pesar de la versatilidad compleja en cuanto a sus cualidades y características, (IDEAM, 2009).

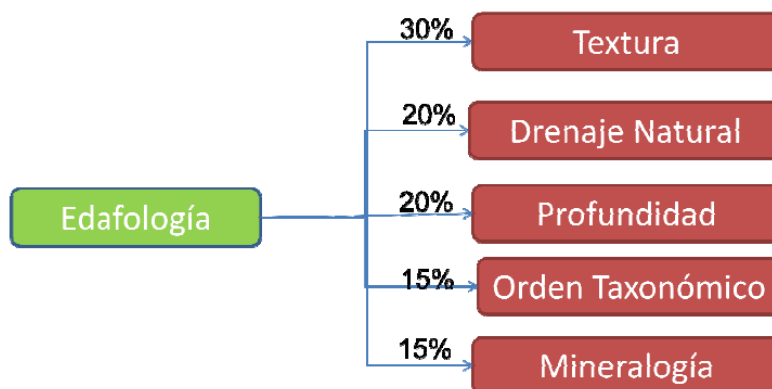


Figura 18. Diagrama de Atributos Evaluados en la Variable Edafología (Suelos)

Las variables físicas consideradas para la caracterización por Suelos Edáficos son: Textura, Taxonomía, Drenaje Natural, Profundidad y Tipo de Arcilla, Ver Figura 18.

Con el ánimo de entender, comprender, estudiar, analizar y planificar el uso de los suelos edáficos, se adopta la clasificación taxonómica de suelos de la S.S.S (Soil Survey Staff 1.998) de los Estados Unidos, usado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC.⁹

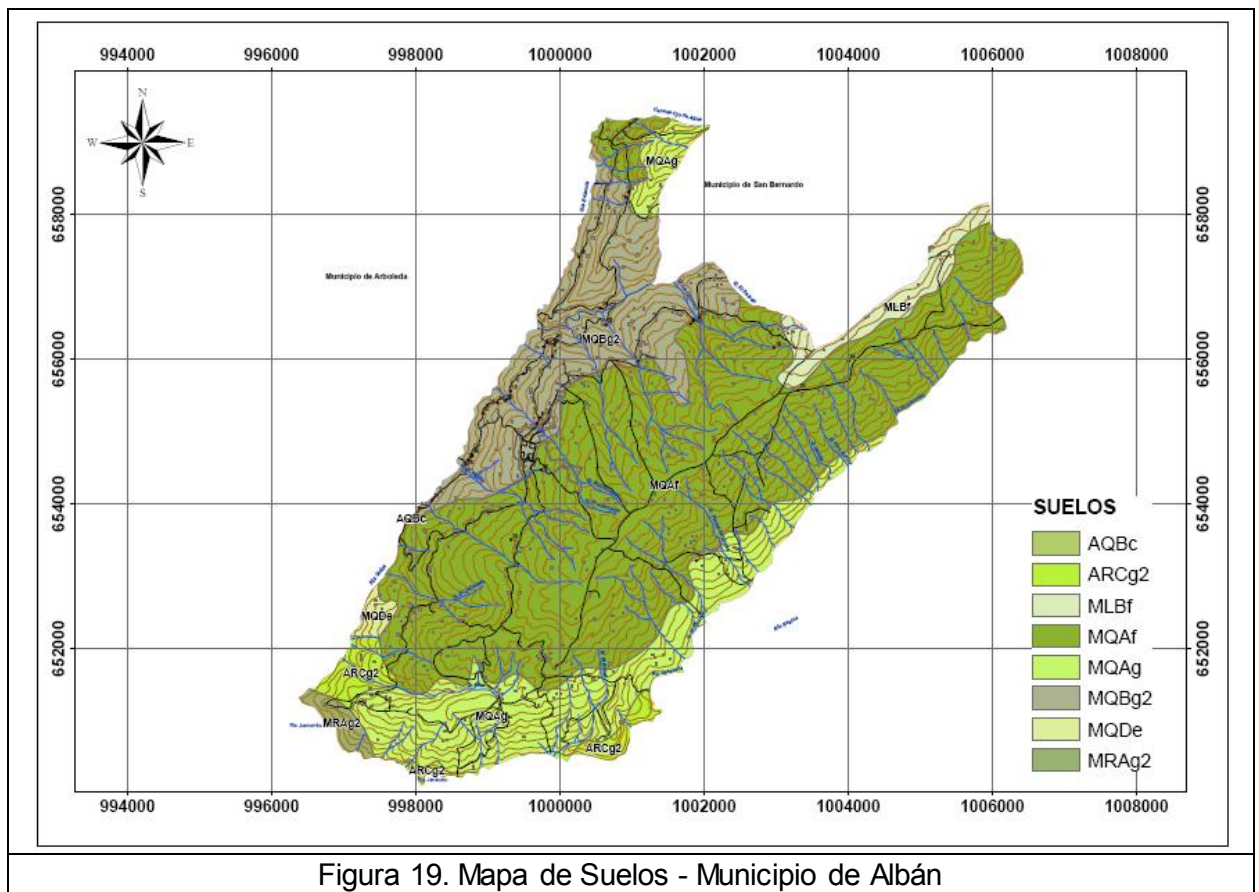
Con base en el documento, Estudio General de Suelos en el Departamento de Nariño del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, se identifican ocho (8) tipologías de suelos presentes en la zona de estudio descritas en la Tabla 15. La descripción que se realiza a continuación se establece con base en el documento Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras en el Departamento de Nariño del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC¹⁰.

⁹ Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000

¹⁰ Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras en el Departamento de Nariño. IGAG.

Tabla 15. Unidades de suelo en el municipio de Albán

Símbolo Cartográfico	Orden Taxonómico	Área (Hectáreas)	%
AQBc	Andisol	2,09	0,05
ARCg2	Inceptisol-Mollisol	115,97	2,99
MLBf	Andisol	121,45	3,14
MQAf	Andisol	2240,7	57,85
MQAg	Andisol	666,03	17,20
MQBg2	Mollisol-Inceptisol	661,93	17,09
MQDe	Mollisol	25,22	0,65
MRAg2	Mollisol-Entisol-Inceptisol	39,89	1,03
Total		3873,24	100



A pesar de que la metodología indica para esta variable un peso del 20%, se adoptó para efectos de este trabajo, un porcentaje del 15%, debido a que el mapa se desarrolló en escala 1:25.000 y el mapa de suelos correspondiente al documento “Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras en el Departamento de Nariño” del IGAC tiene escala 1:100.000.

Tabla 16. Leyenda del mapa de suelos.

UNIDAD CARTOGRÁFICA	PAISAJE, CLIMA, TIPO DE RELIEVE	LITOLOGÍA Y/O SEDIMENTOS	COMPONENTES TAXONÓMICOS	USO ACTUAL DE TIERRA	ÁREA (HAS)
MQBg2	MONTAÑA, MEDIO HÚMEDO Y MUY HÚMEDO. FILAS Y VIGAS	DIABASAS, BASALTOS O ESQUISTOS	DYSTRIC HAPLUSTANDS	CULTIVOS SEMI-PERENNES (CAÑA PANELERA, PLÁTANO, FRUTALES) Y PERENNE (CAFÉ, CÍTRICOS, PALMA IRACA) Y GANADO BOVINO EXTENSIVO EN PASTO MICAY	661,93
MQAf MQAg	MONTAÑA, MEDIO HÚMEDO Y MUY HÚMEDO. FILAS Y VIGAS	MANTOS DE CENIZA VOLCÁNICA SOBRE METALIMOLITAS Y ESQUISTOS O SOBRE DIABASAS Y BASALTOS.	ACRUDOXIC HAPLUDANDS ACRUDOXIC HYDRIC HAPLUDANDS	RESERVA FORESTAL PROTECTORA.	2.906,73

Fuente: IGAC

Para el municipio de Albán se presentan ocho unidades de suelo, para efectos de este trabajo se describe las tres principales que representan el 92,14% (MQBg2, MQAf y MQAg)

La unidad cartográfica MQBg2, se identificó en la zona de la ladera occidental del municipio, Ver Figura 19. Mapa de Suelos - Municipio de Albán, en la zona baja, paralela al cauce del Río Quiña. Corresponde aproximadamente a la localización geográfica a la unidad litológica Esquistos Buesaco.

La identificación litológica de la unidad MQBg2 ratifica esta descripción, corresponde a Diabasas, Basaltos o Esquistos. Caracterizada en Paisaje Montañoso, Clima Medio Húmedo a Muy Húmedo y Tipo de Relieve Filas y Vigas. Corresponde a una litología de Diabasas, Basaltos o Esquistos. Superficialmente presenta texturas medias gravillosas y pedregosas, excesivamente drenados, ligeramente ácidos, con fertilidad alta, altos en materia orgánica. Profundos con texturas moderadamente finas.

La unidad MQAf, ocupa la zona alta de las vertientes oriental y occidental del municipio, ocupa un área de 2.240 hectáreas. La litología presente en la zona corresponde a Mantos de Ceniza Volcánica sobre Metamolitas y Esquistos. Esta unidad de suelo está caracterizada en; Paisaje Montañoso, Clima Medio Húmedo a Muy Húmedo y Tipo de Relieve Filas y Vigas, corresponde a suelos clasificados como mantos de ceniza volcánica sobre Metalimolitas y Esquistos o sobre Diabasas y Basaltos. Superficialmente de texturas moderadamente gruesas, excesivamente drenados, muy fuertemente ácidos, fertilidad baja,

alta saturación de aluminio, altos en materia orgánica. Muy profundos, con texturas moderadamente gruesas, sobre gruesas, bien drenados, fuertemente ácidos, fertilidad moderada, altos en materia orgánica.

8.1.5.1 Textura

En el área de estudio los suelos tienen texturas arcillosas, según la clasificación realizada, los suelos del tipo MQBg2, corresponden a suelos cuyo origen está en de Diabasas, Basaltos o Esquistos, como se dijo localizada en la vertiente occidental del municipio, paralela al cauce del Río Quiña, área en la que se localiza la Secuencia Esquistos Buesaco, caracterizadas.

La textura comprende la cantidad relativa de las diferentes partículas de suelo de tamaño menor de 2 mm de diámetro (arenas, limos y arcillas). La textura, se encuentra relacionada con la retención de humedad, aireación (difusión de gases), permeabilidad, intemperismo, volumen explorado por las raíces, manejo de suelos, fertilidad y nutrición mineral entre otras.

Se define entonces, para la Unidad MQBg2 la clase textural Arcilloso y Areno Arcilloso (Ar) y Areno Limoso (ArL), y para los correspondientes a la Unidad MQAf correspondientes a las clases texturales ArA y ArGr.

8.1.5.2 Taxonomía

La Taxonomía de suelos, corresponde a un sistema básico de clasificación para hacer e interpretar los levantamientos de suelos. La valoración Taxonómica del Orden de los Suelos se asigna con base en la relación Sub Grupo / Orden. Ver Tabla 17.

Tabla 17. Subgrupo y orden correspondientes a las unidades de suelo identificadas. Extraída parcialmente de la leyenda del estudio general de suelos del departamento de Nariño. IGAC.

SÍMBOLO CARTOGRÁFICO	LITOLOGÍA Y/O SEDIMENTOS	SUB GRUPO	ORDEN
MQBg2	Diabasas, basaltos o Esquistos	Dystric Haplustands	ANDISOLES
MQAf MQAg	Mantos de ceniza volcánica sobre metalimolitas y esquistos o sobre diabasas y basaltos.	Acrudoxic Hapludands Acrudoxic Hydric Hapludands	ANDISOLES ANDISOL SILANDI - VETICO

Fuente. IGAC.

En la zona de estudio y particularmente para las Unidades con denominación MQAf y MQBg2, se califican con un factor de tres (3), corresponden al grupo de suelos Mollisoles, Andisoles y Espodosoles. Ver Tabla 18. Calificación de la taxonomía de suelos a nivel de orden.

Tabla 18. Calificación de la taxonomía de suelos a nivel de orden.

ORDEN DE SUELOS	CALIFICACIÓN
OXISOL ULTISOL	1
ALFISOL	2
MOLISOL, ANDISOL, ESPODOSOL	3
VERTISOL, ANDISOL	4
INCEPTISOL, ENDISOL, HISTOSOL	5

8.1.5.3 Profundidad

La importancia de la profundidad total del perfil de suelos, radica en que nos determina hasta donde pueden penetrar las raíces de las plantas, hasta donde puede moverse el agua. En general los suelos en el sector de estudio se clasifican en las categorías de moderadamente profundos a muy profundos, con calificaciones entre 3 y 5 contribuyendo a incrementar la susceptibilidad a la generación de movimientos en masa.

Tabla 19. Calificación de Profundidad Total, Tomado IDEAM, 2009.

PROFUNDIDAD (CM)	CATEGORÍA	CALIFICACIÓN
0 -25	MUY BAJA O MUY SUPERFICIAL	1
25 – 50	BAJA O SUPERFICIAL	2
50 -100	MEDIA O MODERADAMENTE PROFUNDA	3
100 – 150	ALTA O PROFUNDA	4
MAYOR DE 150	MUY ALTA O MUY PROFUNDA	5

Fuente: IDEAM 2009.

8.1.5.4 Tipo de arcilla (Mineralogía)

La importancia del tipo de arcilla, en los movimientos en masa, radica en el grado de estabilidad que esta presenta cuando entra en contacto con el agua, ya sea que se contraiga, se expanda o forme grietas, como el caso de las arcillas que tienen los Vertisoles.

El tipo de arcilla se infirió, de manera general, a partir del parámetro reportado de Orden taxonómico de los suelos. En la Tabla 20, se presentan las clases de suelos en la categoría de orden y sus características generales en su mineralogía.

Tabla 20. Clases de suelos en la categoría orden. Tomado de IGAC, 1.995.

ORIGEN	CARACTERÍSTICAS GENERALES SOBRE LA EVOLUCIÓN Y LA MINERALOGÍA
OXISOL	MUY ALTA EVOLUCIÓN ARCILLAS 1-1 Y ÓXIDOS DE AL-FE ALTO, ALTO CONTENIDO EN CUARZO (ARENAS). GIBSITA.
ULTISOL	ALTA EVOLUCIÓN ARCILLAS 1-1 Y ALGUNAS 2:1, SESQUIÓXIDOS CON PREDOMINIO DE FE
ESPODOSOL	ALTA EVOLUCIÓN SESQUIÓXIDOS, ÁCIDOS FULVITOS Y PERCUSORES. MIGRACIONES ORGÁNICAS Y MINERALES. MICAS Y MINERALES ÍNTER ESTRATIFICADOS, CUARZO.
VERTISOL	ALTO CONTENIDO EN ARCILLAS 2:1 BAJA MATERIA ORGÁNICA, ABUNDANCIA DE ÁCIDOS HÚMICOS EVOLUCIONADOS, GRIETAS, LUSTRES, ESTRUCTURAS ROTADAS
ALFISOL	ARCILLAS INTEGRADAS POR MEZCLAS DE 2:1, 2:2 Y 1:1 MICAS Y MINERALES GENERALMENTE PRESENTES EVOLUCIÓN MODERADA A ALTA.
MOLISOL	EVOLUCIÓN MODERADA, ALTA HUMIFICACIÓN. ARCILLAS 2:1. ÁCIDOS HÚMICOS, MINERALES PRIMARIOS ABUNDANTES.
ARDISOL	EVOLUCIÓN VARIABLE MODERADA EN GENERAL, MICAS Y ARCILLAS 2:1 PREDOMINANTES, POCA MATERIA ORGÁNICA, SALES EN VARIOS CASOS AL IGUAL QUE NA.
INCEPTISOL	EVOLUCIÓN BAJA Y MEDIA, PRESENCIA DE MINERALES PRIMARIOS, ARCILLAS MEZCLADAS, CONTENIDOS VARIABLES DE MATERIA ORGÁNICA.
ENTISOL	MUY BAJA EVOLUCIÓN, PRESENCIA DE MINERALES PRIMARIOS, MEZCLAS DE ARCILLAS DE DIFERENTES TIPOS.
HISTOSOL	SUELOS ORGÁNICOS DE EVOLUCIÓN VARIABLE
ANDISOL	EVOLUCIÓN MEDIA, CONSTITUYENTES AMORFOS COMPLEJOS DE ABSORCIÓN Y DE AL-HUMUS, ABUNDANCIAS DE PLAGIOCLASAS Y ANFÍBOLES, MENORES CONTENIDOS EN VIDRIO Y PIROXENOS, DEPENDIENDO DE LA EVOLUCIÓN

Fuente: IGAC 1995.

Tabla 21. Calificación del tipo de arcilla. Tomado INGEOMINAS - IDEAM 2009

GRUPOS DE TIPO DE ARCILLA	CALIFICACIÓN
CAOLINITA, CAOLINITA, BIOTITA	1
HALLOISITA	2
CAOLINITA, MONTMORILLONITA, VERMICULITA, CAOLINITA, MUSCOVITA, MONTMORILLONITA	3
MONTMORILLONITA, CLORITA, CAOLINITA, MONTMORILLONITA, VERMICULITA, CAOLINITA	4
ALOFANA, GIBSITA, MONTMORILLONITA, VERMICULITA, MUSCOVITA, ILLITA, VERMICULITA, MONTMORILLONITA, MUSCOVITA, MONTMORILLONITA, VERMICULITA, TALCO, MUSCOVITA, VERMICULITA, MONTMORILLONITA	5

Los órdenes de suelos Oxisoles y Ultisoles, están directamente relacionados con la fracción de arcilla dominada por la Caolinita (Arcilla de tipo 1:1). Igualmente, los Vertisoles están constituidos de arcillas Smectitas (Montmorillonitas y Vermiculitas), arcillas de tipo 2:1. En la zona de estudio y particularmente la Unidad con denominación MQAf, se califica con un factor de 5. De otra parte la Unidad denominada MQBg2, se califican con un factor de 3, corresponde al tipo de arcillas Montmorillonita.

8.1.5.5 Drenaje Natural

El parámetro Drenaje Natural, se califica con base en la Tabla 22. Calificación del drenaje natural del suelo.

Tabla 22. Calificación del drenaje natural del suelo. Tomado y modificado de INAT, 1.996. IDEAM, 2009.

CLASE	CARACTERÍSTICAS	CATEGORÍA DE SUSCEPTIBILIDAD
EXCESIVO	NO RETIENEN AGUA DESPUÉS DE LAS LLUVIAS	1
MODERADO EXCESIVO.	NO RETIENEN AGUA PARA LAS PLANTAS DESPUÉS DE LAS LLUVIAS. EL NIVEL FREÁTICO NUNCA SUBE POR ENCIMA DE 2 METROS	1
BUENO (BIEN)	SUELOS ÓPTIMOS PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA Y AIRE A LOS CULTIVOS. NIVEL FREÁTICO SIEMPRE POR DEBAJO DE 80 CM	2
MODERADO	EL AGUA ES REMOVIDA LENTAMENTE HASTA EL NIVEL FREÁTICO (40-80 CM. EN ÉPOCA DE LLUVIAS). REQUIERE DRENAJE PARA CULTIVOS PERMANENTES.	3
IMPERFECTO	SUELOS CON CAPAS IMPERMEABLES QUE IMPIDEN PERCOLACION EN ÉPOCA DE LLUVIAS.	4
POBRE	AGUA REMOVIDA LENTAMENTE Y LOS PERFILES ESTÁN MOJADOS EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS. SE REQUIERE DRENAJE. MUY POBRE AGUA FREÁTICA CERCA O SOBRE LA SUPERFICIE ENCHARCAMIENTOS PERMANENTES. SE REQUIERE DRENAJE	5
PANTANOSO	AGUA FREÁTICA SOBRE LA SUPERFICIE ENCHARCAMIENTOS PERMANENTES. SE REQUIERE DRENAJE	5

La Unidad MQBg2 posee suelos con drenaje natural bueno, corresponden a una calificación de 2. La Unidad con denominación MQAf se califica con un factor de 1.

8.1.5.6 Calificación de la susceptibilidad por la variable suelos.

La Tabla 23, relaciona los valores correspondientes a las variables calificadas para determinar la susceptibilidad del parámetro Suelos en la zona de estudio. Indica el valor de susceptibilidad para cada Unidad definida o identificada en el área de estudio.

Tabla 23. Susceptibilidad por la variable suelo del municipio de Albán.

SUELOS EDAFICOS					PESO TOTAL		15%	
ZONA / SECTOR	TIPOLOGIA DE SUELOS	EVENTOS	TEXTURA	TIPO DE ARCILLA	TAXONOMIA	DRENAJE NATURAL	PROFUNDIDAD TOTAL	SUCEPTIBILIDAD
			30%	20%	15%	15%	20%	
VERTIENTE OCCIDENTAL VÍA PAVIMENTADA TRAMO PUENTE RIO QUIÑA - SAN JOSE DE ALBAN	MQBg2	05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33,34	3	3	3	2	3	3
	AQBc	26	3	4	3	2	3	3
VERTIENTE OCCIDENTAL	MQBg2	04, 16, 18, 22	3	3	3	2	3	3
	MQAf	02, 03, 15, 17, 19, 20, 23	3	5	3	1	3	3
	MQAg	21	3	5	3	1	3	3
	MQDe	1	4	3	3	2	4	3
	MRAg2	-	2	1	4	1	2	2
VERTIENTE ORIENTAL	ARCg2	-	4	3	4	2	3	3
	MLBf	-	3	3	5	1	3	3
	MQAf	24, 25	4	5	3	1	3	3

Fuente: Este estudio

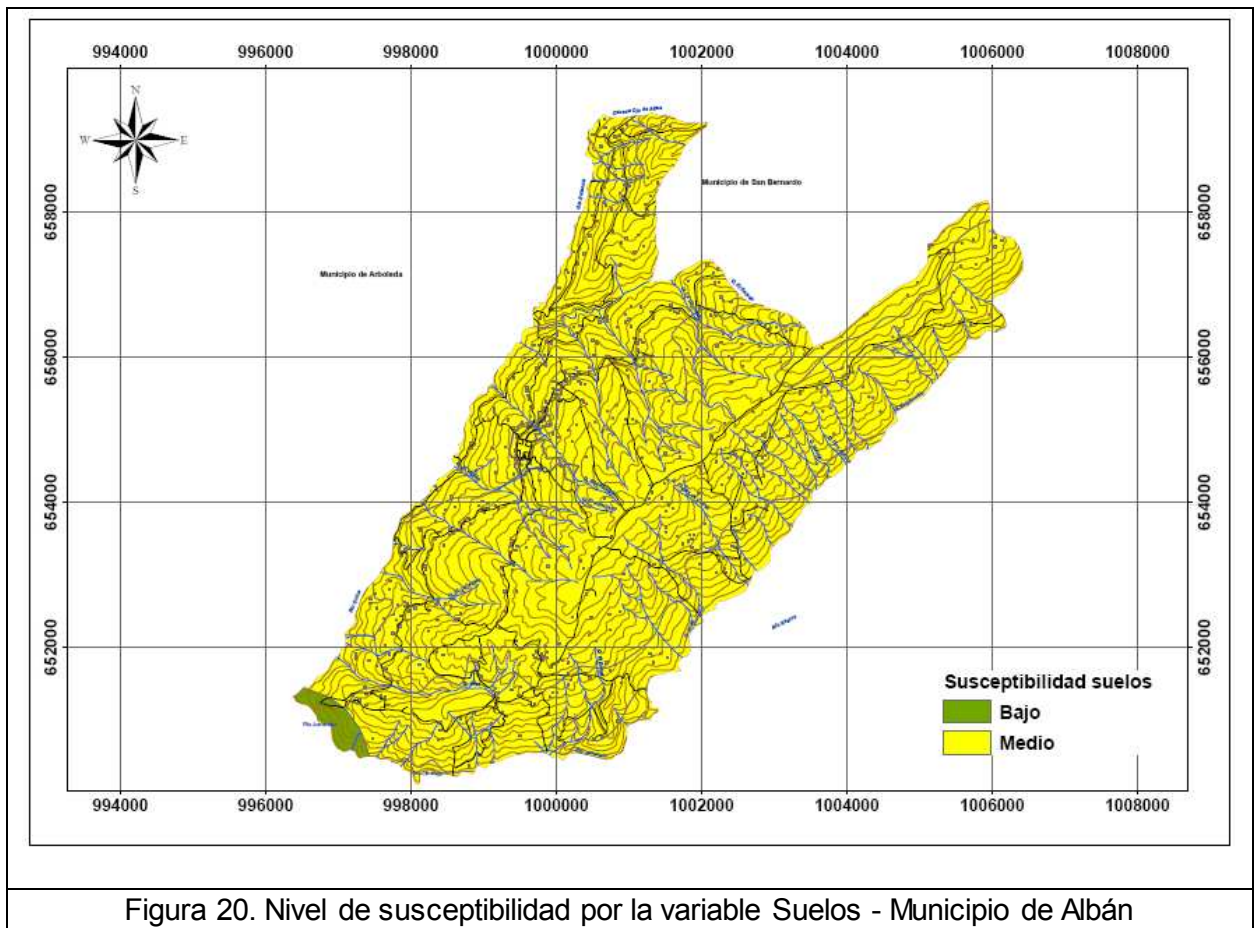


Figura 20. Nivel de susceptibilidad por la variable Suelos - Municipio de Albán

Como se puede observar prácticamente en la totalidad del municipio predomina la susceptibilidad media por la variable suelos.

8.1.6 Cobertura y Uso de la Tierra

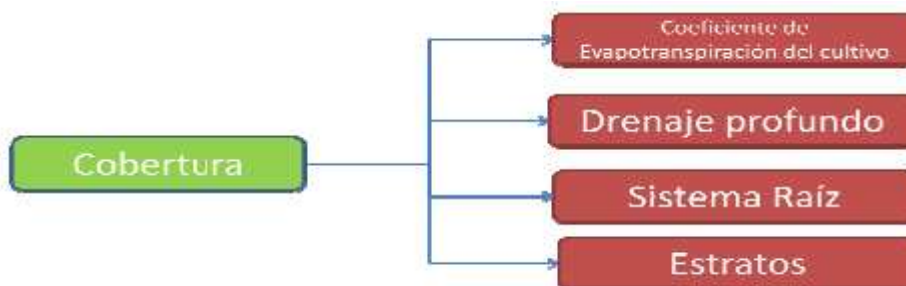


Figura 21. Diagrama de Atributos Evaluados en la Variable Cobertura y uso de la tierra.

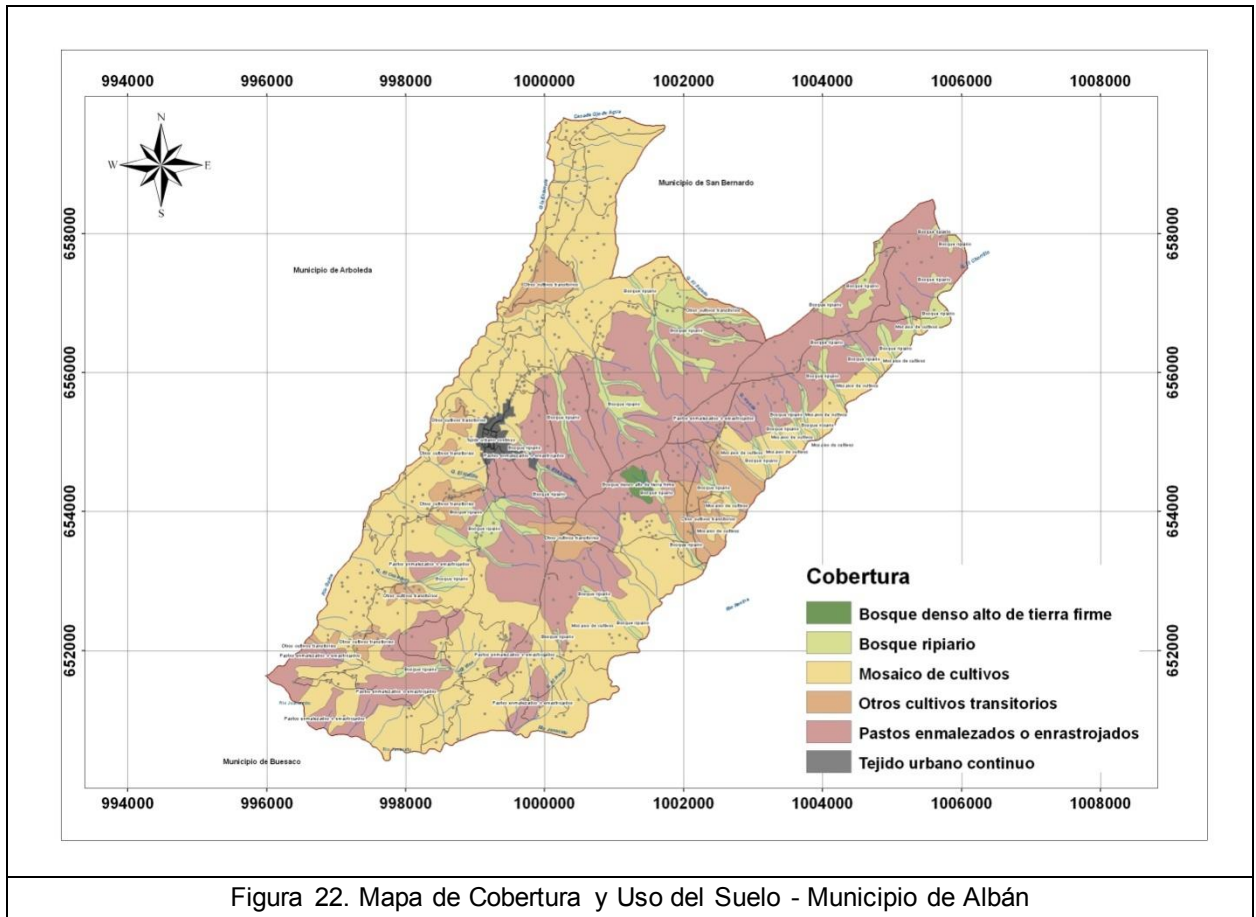
La temática incluye las variables de evapotranspiración, drenaje profundo, sistema raíz y número de Estratos; con las cuales se califica la susceptibilidad de las Unidades de cobertura, la Figura 21 indica el diagrama de las variables y su peso.

Con base en el mapa de uso del suelo a escala 1:25000 del Esquema de Ordenamiento Territorial se identifican seis (6) tipologías de coberturas presentes en la zona de estudio descritas en la Tabla 24.

Tabla 24. Cobertura y Uso del Suelo en el Municipio de Albán

Cobertura	Hectáreas	%
Bosque denso alto de tierra firme	14,43	0,37
Bosque ripario	343,47	8,87
Mosaico de cultivos	1738,55	44,89
Otros cultivos transitorios	284,38	7,34
Pastos enmalezados o enrastrajados	1457,55	37,63
Tejido urbano continuo	34,86	0,90
Total	3873,24	100,00

Fuente: Mapa de cobertura y uso del suelo del municipio de Albán.



8.1.6.1 Coeficiente de evapotranspiración del cultivo.

Se define la evapotranspiración como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo.

8.1.6.2 Drenaje profundo.

Significa la facilidad con la cual el flujo de agua se mueve hasta el drenaje profundo en presencia de determinada cobertura vegetal.

8.1.6.3 Sistema raíz.

La profundidad y extensión de las bifurcaciones de las raíces son importantes cuando hay que escoger plantas para estabilizar el suelo, en este caso raíces profundas son mejores. Adicionalmente, la estabilidad depende de las propiedades mecánicas de las raíces y el tipo de suelo o aparición de roca que pueden limitar el crecimiento de las mismas.

8.1.6.4 Estratos.

En esta variable se desea utilizar el número de estratos de una cobertura vegetal (inferir si no tiene información) para darse una idea del tipo de bosque, de su

densidad, estructura, el resultado es que tan buena protección hace en algunos aspectos.

8.1.6.5 Calificación de la susceptibilidad por la variable suelos.

La cobertura de la tierra es un resultado de la interacción de la dinámica natural geológica, geomorfológica, los suelos, el clima y sistemas de comunidades bióticas, interrumpida por el hombre para su supervivencia y desarrollo. Dicha interrupción genera o contribuye a la aparición de diferentes procesos como afectación en la evolución de las especies, deterioro de ecosistemas, cambios en el patrón de ciclos hidrológicos, cambios en las formas del relieve (en gran número de casos en forma negativa produciendo movimientos en masa, flujos, avalanchas, erosión).

La visión enunciada configura la relación e interdependencia de los recursos evaluados (incluyendo la cobertura y uso del suelo) para estimar una susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa en cuya expresión se manifieste el efecto del hombre. Una evidencia permanente, tangible y evaluable es la ocurrencia de movimientos en masa donde la cobertura de la tierra siempre ha estado implicada.

Tabla 25. Calificación de atributos según la contribución a la estabilidad.

CÓD. IDEAM	UNIDAD DE COBERTURA	EVP (Kc)	RD	SR	ESTRATOS	SUSCEP.
1.1.1	Tejido urbano continuo	4,17	0	0	0	4
2.1.1	Otros cultivos transitorios	4,5	2,5	1,5	1	3
2.3.3	Pastos enmalezados o enrastrojados	4,3	2	0,5	1	3
2.4.1	Mosaico de cultivos	4,48	2,22	0,57	1	3
3.1.1	Bosque denso alto de tierra firme	3	5	5	5	1
3.1.3	Bosque ripiario	2,5	5	5	4	1

Tabla 26. Susceptibilidad por la variable cobertura del municipio de Albán

COBERTURA				PESO TOTAL			15%	
ZONA / SECTOR	TIPOLOGIA DE COBERTURA	EVENTOS	EVAPOTRANSPIRACION	DRENAJE PROFUNDO	SISTEMA RAZ	NUMERO DE ESTRATOS	SUCEPTIBILIDAD	
			25%	25%	25%	25%		
TRAMO PUENTE RIO QUIÑA - SAN JOSE DE ALBAN	MOSAICO DE CULTIVOS	05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34	4,48	2,22	0,57	1	3	
VERTIENTE OCCIDENTAL	BOSQUE RIPIARIO	20, 23	2,5	5	5	4	1	
	MOSAICO DE CULTIVOS	01, 02, 03, 04, 16, 17, 18, 22	4,48	2,22	0,57	1	3	
	TEJIDO URBANO CONTINUO	15	4,17	0	0	0	4	
VERTIENTE ORIENTAL	BOSQUE DENSO ALTO DE TIERRA FIRME	-	3	5	5	5	1	
	MOSAICO DE CULTIVOS	21	4,48	2,22	0,57	1	3	
	PASTOS ENMALEZADOS ENRASTROJADOS	24, 25	4,3	2	0,5	1	3	
	BOSQUE RIPIARIO	19	2,5	5	5	4	1	
MUNICIPIO	OTROS CULTIVOS TRANSITORIOS	-	4,5	2,5	1,5	1	3	

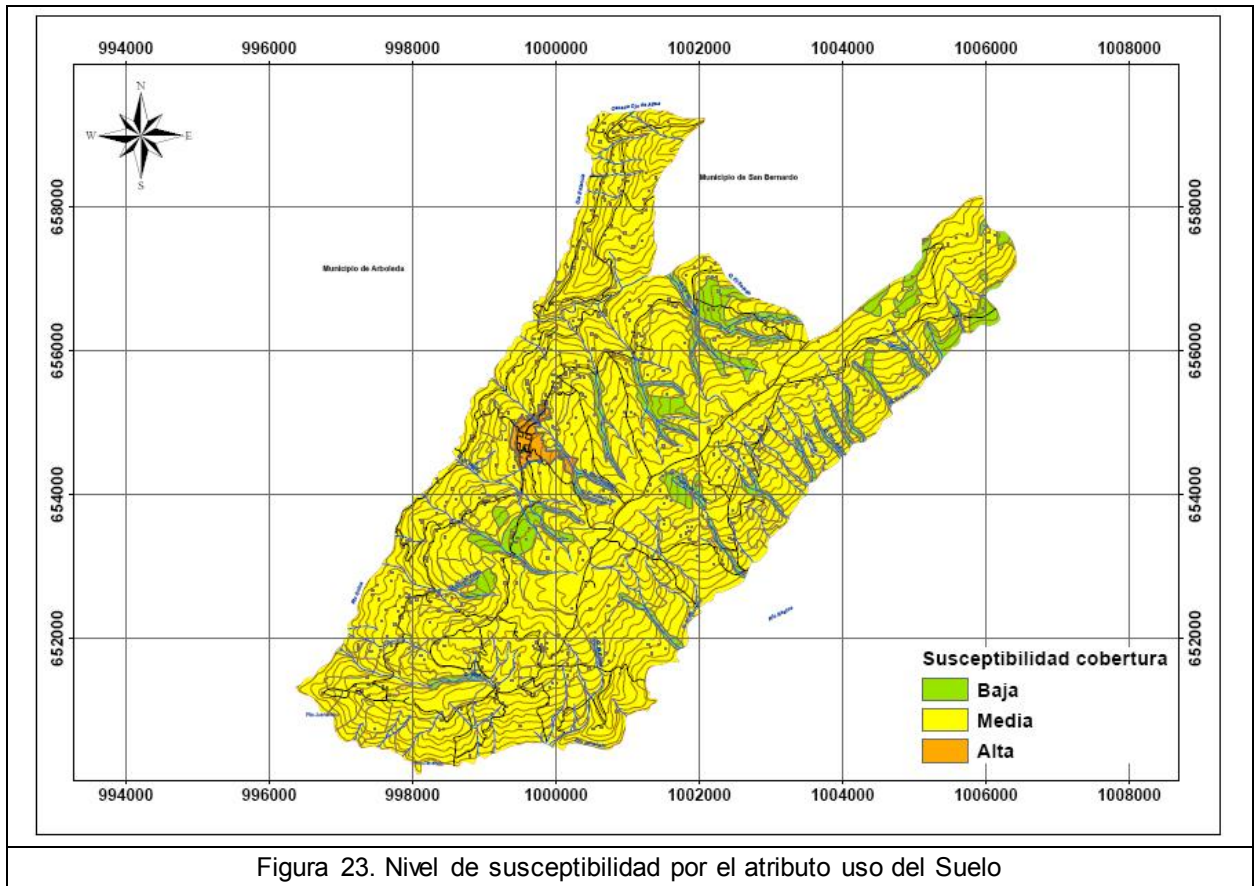


Figura 23. Nivel de susceptibilidad por el atributo uso del Suelo

8.1.7 Zonificación de la susceptibilidad

El análisis de susceptibilidad hace énfasis en la distribución de movimientos en masa en la ladera y procesos de vertientes generadores de desequilibrio morfogenético, cuyo objetivo es determinar la variación espacial de la inestabilidad de las laderas y su representación cartográfica mediante el mapa de susceptibilidad por movimientos en masa.

Para elaborar el mapa de zonificación de la susceptibilidad por fenómenos de remoción en masa en el municipio de Albán, inicialmente se fija el peso o grado de influencia que cada variable ejerce sobre la generación de fenómenos de remoción en masa.

Se efectúa la superposición geométrica de capas o coberturas espaciales mediante unión geométrica, procedimiento que permitió ponderar los niveles de susceptibilidad por tipo de variable.

La zonificación permite definir la susceptibilidad del terreno a la generación de fenómenos de remoción en masa. Para su modelamiento se utilizó software para GIS, donde se cruzó digitalmente las coberturas temáticas. Se analiza estadísticamente las variables ambientales para determinar la susceptibilidad de acuerdo a su peso, para las variables: Geología, Geomorfología, Suelos y Cobertura de la tierra. El valor del peso deducido en porcentajes, fue el resultado de la aplicación de una ecuación, que permite establecer de manera cuantitativa la susceptibilidad de cada variable respecto a la generación de fenómenos de remoción en masa.

Una vez se realiza la unión geométrica se procede a la sumatoria de atributos de susceptibilidad por tipo, que permite establecer el grado de susceptibilidad total, lo cual permite fijar el nivel de susceptibilidad.

Las ecuaciones aplicadas para la generación del mapa de susceptibilidad total se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 27. Ecuaciones para la generación del mapa de susceptibilidad

TIPO DE SUSCEPTIBILIDAD	ECUACIÓN PARA LA GENERACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD
Susceptibilidad de la geología (20%)	$Susceptibilidad\ de\ la\ geología = 0.50 * Fabrica\ o\ estructura + 0.40 * Resistencia + 0.10 * Densidad\ de\ fracturamiento.$
Susceptibilidad de la geomorfología (50%)	$0.40 * Morfometría + 0.30 * Morfogénesis + 0.30 * Morfodinámica.$
Susceptibilidad de la morfometría	$0.60 * Pendiente + 0.30 * Rugosidad + 0.10 * Acuencia.$
Susceptibilidad de los suelos edáficos (15%)	$0.30 * Textura + 0.20 * Tipo\ de\ Arcilla + 0.15 * Taxonomía + 0.15 * Drenaje\ Natural + 0.20 * Profundidad\ Total$
Susceptibilidad de la cobertura de la tierra (15%)	$5 - (Evp_Kc + RD + SR + E)/4$
Susceptibilidad Final	$0.20 * Geología + 0.50 * geomorfología + 0.15 * Suelos + 0.15 * Cobertura$

8.1.7.1 Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa.

Después de aplicar los métodos y ecuaciones para calcular la susceptibilidad para cada tipo de variable se genera el mapa de susceptibilidad del municipio de Albán, Figura 24. De acuerdo al mapa generado se puede establecer que en el municipio debido a sus condiciones, tiene una gran parte de su territorio en susceptibilidad Alta y media.

Tabla 28. Área de susceptibilidad por movimientos en masa en el municipio de Albán

Susceptibilidad	Área (Has)	Porcentaje %
Baja	25,72	0,66
Media	1551,4	40,05
Alta	2296,12	59,28
Total	3873,24	100,00

Fuente: Este estudio

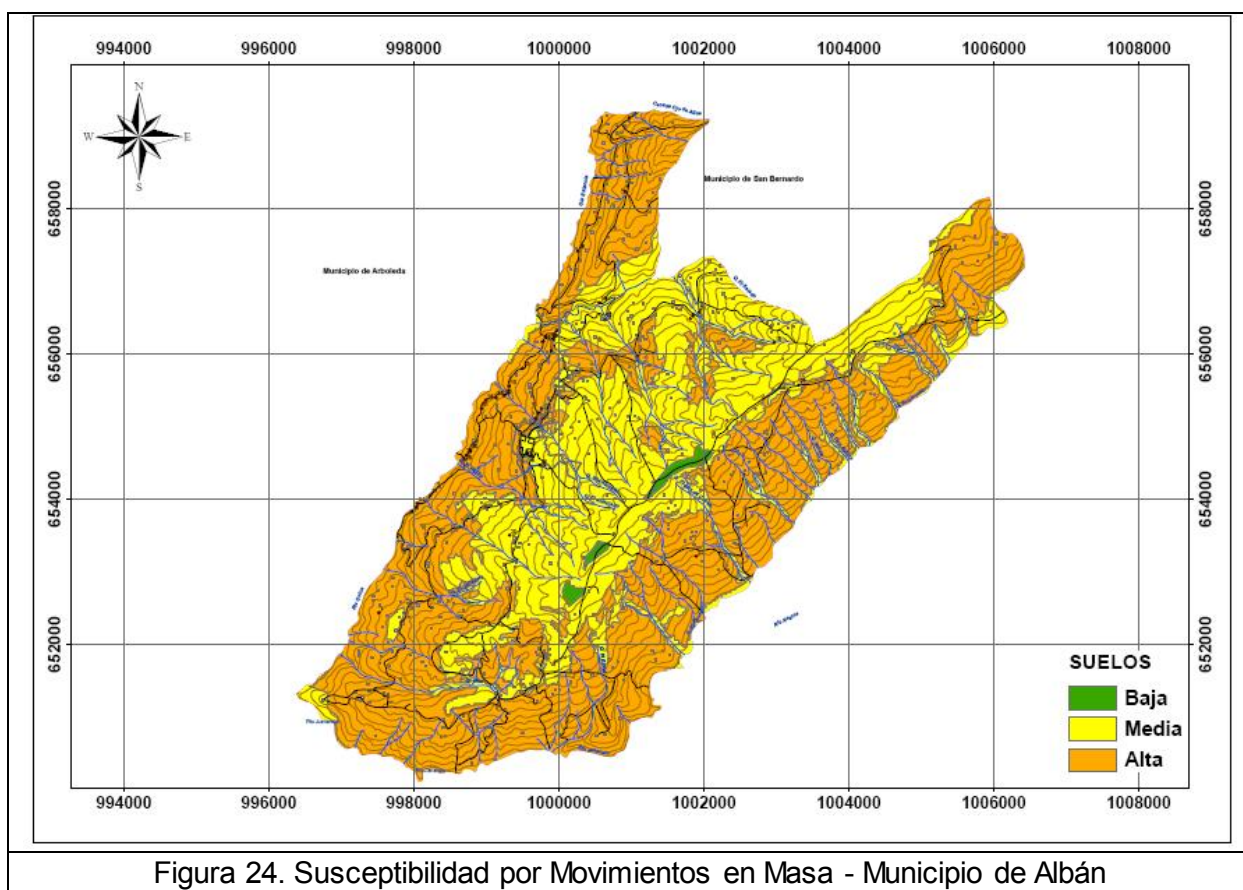


Figura 24. Susceptibilidad por Movimientos en Masa - Municipio de Albán

El mapa de Susceptibilidad por movimientos en masa del municipio de Albán, dio como resultado tres (3) categorías, siendo estas el resultado de la aplicación de la metodología y los rangos calificados para cada temática, la metodología esta originalmente diseñada para arrojar como resultado cinco (5) niveles, sin embargo para el municipio se tiene como resultado la zonificación de 3 zonas. Las zonas de susceptibilidad se describen a continuación:

8.1.7.1.1 Zonas de susceptibilidad baja.

Las zonas de susceptibilidad baja por movimientos en masa se encuentran asociadas a unidades geomorfológicas de origen estructural, se ubican en la parte más alta del municipio donde la pendiente es plana a suavemente inclinada (0° - 7°) a inclinada (7° - 11°), esto hace que sean zonas un poco más estables, que otras partes del municipio. La composición litológica es Complejo Quebrada Grande (K1cgg) y Lavas y Cenizas (TQvlc), en la parte más alta del municipio. En esta zona predomina la presencia de pastos enmalezados o enrastrados y en menor proporción cultivos transitorios. La superficie del municipio que corresponde a este nivel es mínima.

8.1.7.1.2 Zonas de susceptibilidad media.

Las zonas de susceptibilidad media se encuentran en la franja media de la ladera occidental y en menor proporción de la ladera occidental, éstas se encuentran asociadas a unidades geomorfológicas de origen estructural, con pendientes muy inclinadas (11° - 19°) y abruptas (19° - 40°). La composición litológica es Complejo Quebrada Grande (K1cgg) y Lavas y Cenizas (TQvlc). Se presentan en mayor proporción pastos enmalezados y una pequeña porción mosaico de cultivos.

8.1.7.1.3 Zonas de susceptibilidad alta.

Las zonas de susceptibilidad alta se localizan en las zonas de influencia del río Janacatu y quebrada el Chorrillo en el costado oriental y el río Quiña en el costado occidental predominan geofomas de origen denudacional y pendientes muy inclinada (11° - 19°) y en mayor proporción pendientes abruptas (19° - 40°). La zona donde se presentan mayor número de movimientos de acuerdo al inventario que se realizó en el municipio corresponde al costado occidental al borde de la vía. La composición litológica corresponde a Esquistos Buesaco (PZBue) en el costado occidental y Lavas y Cenizas (TQvlc) en el costado oriental. En la parte media y baja del costado occidental se presentan mosaicos de cultivos y cultivos transitorios, por otra parte en el costado occidental hacia el norte se presentan pastos enmalezados y en la parte central mosaico de cultivos.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El resultado de la presente zonificación de la susceptibilidad a la amenaza por fenómenos de remoción en masa, se orientó a determinar mediante evaluación cualitativa y semi-cuantitativa la susceptibilidad, sin llegar a obtener valores numéricos absolutos de probabilidad de ocurrencia de un movimiento en masa. Esto orientado a la evaluación relativa a través de la cual se definió áreas con mayor o menor posibilidad de que en éstas se presente algún tipo de fenómenos de remoción en masa.

A pesar de los avances conceptuales, legales e institucionales sobre la gestión del riesgo el municipio de Albán no ha podido avanzar a nivel político y operativo en la incorporación de esta gestión dando lugar en cierta forma al crecimiento del riesgo directamente ligado con el crecimiento de la población y latente desarrollo de viviendas para suplir las demandas de la población.

El riesgo ligado a la susceptibilidad a fenómenos en masa se está acumulando permanentemente tanto en el área urbana como rural debido a la falta de aplicación y control de las políticas e instrumentos de ordenamiento territorial municipal y a la insuficiencia en el manejo de las cuencas hidrográficas.

Los vacíos en el tema de gestión del riesgo de desastres en los instrumentos de planificación local como Esquema de Ordenamiento Territorial y Plan de desarrollo Municipal amenazan la sostenibilidad social, productiva y servicios dando lugar al aumento de la vulnerabilidad de la población. En cuanto a las directrices y contenidos que presentan estos instrumentos no alcanzan niveles óptimos de implementación.

El 59,28% del territorio municipal se encuentra en una zona de susceptibilidad alta a movimientos en masa lo que limita el desarrollo de actividades en todo el territorio municipal.

La oficina de planeación de la administración municipal presenta una gran debilidad en el control del uso del suelo en la zona rural del municipio, lo cual se evidencia en mal manejo de cultivos y desarrollo de obras para producción que no obedecen a ninguna especificación técnica, lo cual ocasiona deterioro ambiental y se convierte en detonante antrópico para la presencia de movimientos en masa.

Se han presentado emergencias en áreas de construcciones formales como es el caso del barrio Robles, evidenciando que el riesgo se configura en los asentamientos legal y posiblemente ilegales también, sin técnicas adecuadas de construcción, en aquellas urbanizaciones que no han obedecido a ningún tipo de planificación local ni y en las que se evidencia la falta de planificación e inversión requerida para la adecuación e instalación de la infraestructura de servicios y equipamientos requeridos para adelantar construcciones.

Es indudable que las actividades antrópicas y en este caso la construcción de obras viales terminaron por ser uno de los principales factores detonantes en la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en la zona de estudio, esto se explica ya que las laderas perdieron su estado natural de equilibrio, debido al corte para la construcción de las vías, lo cual rompió el balance normal del talud ya que al retirarse el material de la parte inferior de la ladera mediante excavación en el pie de la misma facilitó la liberación de esfuerzos los cuales

ocasionaron una disminución de las condiciones de firmeza originando que el talud tenga mayor pendiente aumentándose de ese modo las energías de cortante con consecuente disminución de la estabilidad de las laderas.

Para prevenir que el riesgo de desastre en el municipio aumente debido a las limitantes en la gestión territorial, sectorial y privada es imprescindible incluir la gestión del riesgo desde todos sus procesos (conocimiento, reducción y manejo) en el ajuste del Esquema de Ordenamiento Territorial (Ley 388 de 1997).

Es necesario que el municipio se articule a los instrumentos de planificación de desastre a diferentes niveles, dando lugar a la unificación de políticas, priorizando sus inversiones y fortaleciendo sus mecanismos de seguimiento y evaluación.

La administración municipal debe garantizar el adecuado uso del suelo haciendo que en la propiedad privada prevalezca el bienestar general sobre el particular.

Sin duda la Geomorfología en la zona es la variable de mayor peso en la definición de las características de susceptibilidad alta en el municipio. Las unidades geomorfológicas del área en estudio, se identifican, por la existencia de dos tipos de pendientes en las vertientes del municipio. Una primera zona comprendida entre los 1.450 msnm y 1.800 msnm en la ladera occidental, identificada por pendientes de hasta 65° en donde se localizan las zonas de susceptibilidad alta a fenómenos de remoción en masa; y una segunda que se desarrolla hasta los 2.000 a 2.150 msnm identificada por pendientes en un intervalo de 16° a 20°, corresponde a inclinaciones de ladera de clasificación entre Muy Inclinada y Abrupta, en donde se presentan las zonas de susceptibilidad media a fenómenos de remoción en masa, de manera general.

El tramo vial comprendido entre el Puente sobre el Río Quiña y San José de Albán (cabecera municipal), está localizado en la zona de susceptibilidad alta a fenómenos de remoción en masa, y debe ser objeto de especial cuidado en relación con su activación o evolución rápida. En la zona se identificaron tres sectores que agruparon eventos caracterizados por su similitud y proximidad.

Debe preverse que estos sectores serán los de mayor afectación en temporadas de lluvias y que existen obras de prevención y/o mitigación que pueden ejecutarse en épocas de sequía o de pluviosidad baja de manera eficiente, con el objeto de evitar mayor afectación de la vía en temporadas de lluvia. Si la situación lo amerita y de maneja general se recomienda analizar la posibilidad de restringir por peso el tráfico vehicular en temporadas de mayor afectación invernal. Podría pensarse en que el tráfico pesado de carga y pasajeros en épocas de invierno, de elevada pluviosidad o eventos de alta intensidad, transiten por la vía alterna.

A continuación se realizan algunas recomendaciones relacionadas con la prevención y mitigación del riesgo en la zona.

ZONA I. TRAMO VIAL PUENTE RIO QUIÑA – SAN JOSÉ DE ALBÁN.

El PRIMER SECTOR de la vía Río Quiña – San José de Alban, comprendido entre la abscisa K 5+570.0 m en el puente sobre la quebrada denominada Huevo del Ahorcado y el deslizamiento en la abscisa K 5+500.0 m. Se sugiere para la ladera localizada al costado

este del tramo, adelantar obras de drenaje y de contención. Las obras de drenaje superficial deben controlar las aguas de escorrentía que en época de lluvias son el principal detonante de los eventos de movimientos en masa. A pesar de que la unidad está caracterizada superficialmente por suelos de texturas medias gravillosas, pedregosas, excesivamente drenados, debe evitarse, para el sector específicamente, que la escorrentía sature los suelos y afecte las rocas esquistosas que los subyacen. Recordemos que en toda esta zona baja, la roca se encuentra en alto grado de fisuramiento y foliación, y que generalmente los planos de foliación buzan al Oeste, (En dirección hacia la vía), situación que establece la alta susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa.

La eficiencia de los trabajos de drenaje superficial y subdrenaje depende en gran medida de un buen reconocimiento del sector y de trabajos topográficos complementarios, que permitan identificar y distribuir de manera adecuada estas obras. Una solución de drenaje para la zona puede implementarse mediante la construcción de una línea de canales a nivel de la corona de los deslizamientos, que podrían distribuirse en espina de pescado o de drenaje perpendicular al eje de la vía, drenando superficialmente las diferentes zonas. Puede utilizarse canales trapezoidales conformados con sacas de polietileno y suelo cemento, confluyendo a cajillas de recolección construidas en concreto reforzado o mampostería en ladrillo común, ver Fotografías 04 y 05.



Fotografía 75. Canales de drenaje en sección trapezoidal, contruidos con sacas y suelo cemento (8:1).



Fotografía 76. Detalle de los disipadores con espaciamiento de 5.0 m

Es importante garantizar la estabilidad de la banca de la vía en el sector, aislando y protegiendo su estructura de soporte, de corrientes de aguas superficiales, sub superficiales o de origen freático. Se sugiere construir líneas de drenaje paralelas a la cuneta del lado del talud en corte, (en el tramo se localiza en el costado Este), mediante filtros en gravilla y geotextil del tipo NT. (Ver Especificaciones y Normas de Construcción de Carreteras INV – 2007, Artículo 673 – 07).

Puede también estudiarse la posibilidad de estabilizar la subrasante mediante la utilización de geomembranas, siempre que se cumpla con las especificaciones y requerimientos de la norma. (Ver Especificaciones y Normas de Construcción de Carreteras INV – 2007, Artículo 232 – 07).

Recomendamos adelantar estudios de geotecnia y de diseño estructural, con el objeto de proyectar para el tramo la construcción de muros de contención, que podrían implementarse mediante mampostería en gaviones. Es importante, si se define utilizar esta alternativa de contención, garantizar la estabilidad de estas estructuras a nivel de cimentación, esto es identificar con certeza el estrato portante. Algunas estructuras de este tipo construidas en el sector han fallado a consecuencia de asentamientos diferenciales, generados por efecto de los procesos de deslizamiento. Es viable analizar la posibilidad de cimentar estas líneas de contención en micropilotes o caisson's, como se está ejecutando en algunos sectores en la actualidad.

La ejecución de las obras civiles debe programarse para épocas de verano o de pluviosidad baja con el objeto de optimizar tiempos y procesos constructivos.

En la misma zona de susceptibilidad alta se identificó un **SEGUNDO SECTOR**. Es uno de los sectores de mayor afectación y de extremo cuidado en relación a proteger y prevenir su desestabilización. El tramo involucra en la abscisa K 4+120.0 m, el desarrollo de una curva circular de más de 270° con desarrollo vertical y horizontal, con pendientes superiores a 30°. Este tramo se localiza en un sector de difícil recuperación dada las condiciones topográficas, geológicas y de suelos.

En él sector se localizan los eventos 08, 09, 11 y 12 ubicados en el tramo comprendido entre las abscisas K 4+400.0 m a K 3+980.0 m. La zona está afectada por un deslizamiento que genera gran inestabilidad de la banca o su deformación, corresponde a un deslizamiento del tipo rotacional y traslacional, ver Fotografías 09 y 11.



Fotografía 77. EVENTO 08. Indica el asentamiento de la banca de la vía en el sector. (a= 0.65 m)



Fotografía 78. Panorámica en dirección E-W. EVENTO 09. Hundimiento de la banca.

Es importante para el sector adelantar un estudio geotécnico y topográfico encaminado a definir la estabilidad de la banca e identificarr las obras preventivas, de mitigación y de recuperación. Está localizado, al igual que el primer sector, en la franja baja de la ladera Occidental, caracterizada por la alta susceptibilidad a fenómenos de remoción en masa, con las mismas características geológicas, geomorfológicas, de suelo, de cobertura y de uso de suelo.

En la parte alta, en el área de ocurrencia del evento 08, localizado en inmediación al punto de coordenadas Norte 656200 y Este 999946, se observó la presencia de agrietamientos y el afloramiento de corrientes pequeñas de agua. Recomendamos adelantar en el sector obras de drenaje superficial y sub superficial con el objeto de estabilizar la ladera en dirección Oeste hacia el Río Quiña. Las recomendaciones en relación son similares a las realizadas para el primer sector.

Algunas veces, es importante la construcción de medidas temporales de drenaje superficial después de ocurrido un deslizamiento, para evitar su ampliación o aceleración. Estas obras pueden consistir en diques o canales de tierra, mampostería, concreto o bolsas de polipropileno o fibras vegetales rellenas de suelo, sellado de grietas con arcilla, mortero o asfalto para reducir la infiltración y cubrir el terreno (temporalmente) con plásticos.

Recomendamos como medida preventiva y de mitigación, para el sector acometer obras de drenaje y re vegetalización, con el objeto de mitigar y prevenir mayor afectación de la zona en eventos de elevada pluviosidad en la próxima temporada invernal. Habiendo definido geotécnicamente las obras de estabilización de la estructura de la vía, sugerimos adelantar las obras de contención. Es viable la contención de los taludes mediante la construcción de pantallas de altura inferior a 3.0 m. Ver Fotografías 08 y 09.

Se sugiere, dadas las condiciones observadas en terreno, que los muros de contención se construyan en concreto reforzado. Teniendo certeza de la identificación y caracterización del estrato portante, la cimentación de estas estructuras podría proyectarse con el uso de micro pilotes o caissons si es el caso.



Fotografía 79. Panorámica de la ladera en dirección NW-SE. EVENTO 09.



Fotografía 80. Panorámica de la banca en dirección S-N. EVENTO 11.

Para el caso de los deslizamientos 09, 11 y 12 las obras de drenaje podrían complementarse con la construcción de obras de estabilización biomecánicas, es importante aquí una buena identificación de estas estructuras en terreno y el detalle topográfico de la zona. Las obras de terrazo deben diseñarse geométricamente en planta y perfil sobre el plano topográfico de los sectores. Debe aclararse que la ejecución de cualquier tipo de obra civil encaminada a atender las recomendaciones aquí realizadas debe ser antecedida de estudios topográficos y de geotecnia y diseños afines que permitan definir su alcance y especificaciones.

Se identificó un **TERCER SECTOR** en esta zona en donde se encuentran construidas líneas de contención en gaviones; corresponden a tramos localizados en las abscisas; K 3+880.0 m, K 3+007.0 m, K 2+570.0 m, K 2+495.0 m, K 2+430.0 m correspondientes a los eventos 12, 10, 271, y 273.

La zona se caracteriza por la presencia de deslizamientos en estado activo, corresponde a la misma descripción geológica y geomorfológica realizada para los sectores antecedentes.



Fotografía 81. Vista en sentido NW-SE. EVENTO 12.



Fotografía 82. Panorámica S-N. EVENTO 10.



Fotografía 83. Vista en sentido NW-SE. EVENTO 12.



Fotografía 84. Panorámica S-N. EVENTO 10.

En los tramos identificados se presenta falla parcial del cuerpo de las estructuras de contención, como se muestra en las Fotografías 10 a 13. En general se puede caracterizar la falla de los muros construidos en gaviones como fallas por efecto de movimiento de las estructuras cimentadas en el cuerpo de los deslizamientos, movimientos que generan sobrecarga y el posterior fallamiento.

De manera general, para los sectores identificados; la recuperación de la rasante se puede conformar con material de recebo limpio y bien gradado (material de afirmado tipo A-1 o A-2) que cumpla con la granulometría que se muestra en la tabla 14 y que su índice de plasticidad este entre 4 y 9 % debidamente compactado por capas de 30 centímetros de espesor al 95% del Proctor Modificado.

Tabla 29. Franjas granulométricas del material de afirmado

TAMIZ		PORCENTAJE QUE PASA	
NORMAL	ALTERNO	A-1	A-2
37.5 mm	1 1/2"	100	-
25 mm	1	-	100
19 mm	3/4"	80-100	90-100
9.5 mm	3/8"	60-85	65-90
4.75 mm	No.4	40-65	45-70
2.0 mm	No.10	30-50	35-55
425 µm	No.40	13-30	15-35
75 µm	No.200	9-18	10-20

FUENTE INVIAS -07, TABLA 311.1.

El control de compactación se deben realizar mediante la tomas de densidades por capa en número suficiente capa por capa y de acuerdo a interventoría. Una vez seleccionada la cantera para el suministro de material de afirmado se debe suministrar muestras para efectuarles ensayos tales como granulometría, límites y proctor modificado para verificar que cumplan con las especificaciones ya anotadas.

Para los sectores en estudio, se recomienda como se dijo anteriormente, construir sistemas de drenaje como filtros o geodrenes y sistemas de canales que recojan el agua meteórica y la conduzcan hacia la alcantarilla más cercana. En lo posible, conducir las aguas lluvias y la de los filtros con tuberías con pendientes suaves y así evitar el tener que usar disipadores de energía y generar problemas de socavación.

Con el propósito de captar las aguas infiltradas provenientes del cuerpo del talud y evitar que las mismas generen inestabilidad, se deben construir canales interceptores con geodren ubicadas en las cunetas de las vías internas del proyecto, los cuales debe hacer entrega del agua recolectada a la alcantarilla más cercana o lugar seguro.

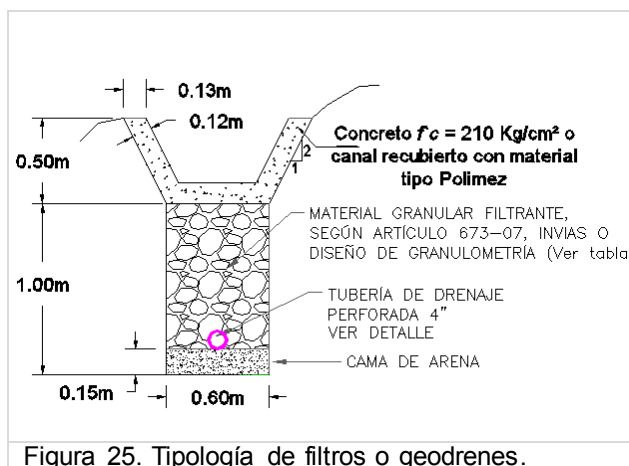


Figura 25. Tipología de filtros o geodrenes.

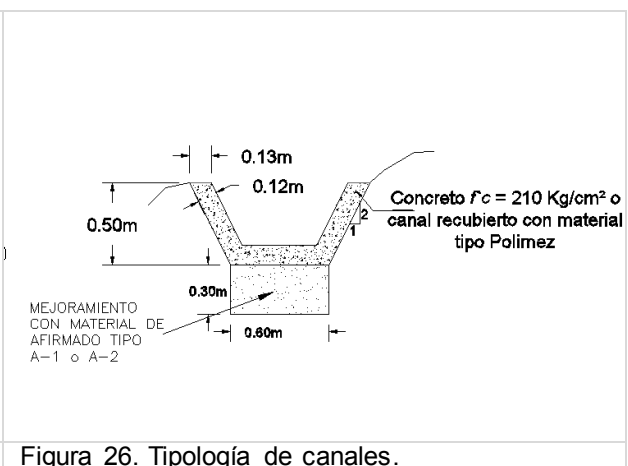


Figura 26. Tipología de canales.

Es viable también la construcción de canales ubicados en la parte media del talud, cimentados en un mejoramiento realizado con material de afirmado A-1 o A-2 de acuerdo a normas INVIAS el cual debe tener un espesor mínimo de 0.30 metros debidamente compactado, el cual debe hacer entrega del agua recolectada un dissipador y los mismos a la alcantarilla más cercana o lugar seguro. Ver tipología en la Figura 01.

Como una alternativa para los canales recomendados, que los mismos se pueden construir recubiertos con material tipo Polimez, siendo este sistema Liviano, flexible, resistente y de buena adherencia a las formas del terreno, el cual debe realizarse con piedra pegada en el fondo y sumideros para disipar la energía del flujo de agua. Ver Fotografía 14.



Fotografía 85. Canal con materiales tipo polimez (Fuente: Martínez Vladimir 2011).

ZONA II. SECTOR NORTE INSTITUCIÓN EDUCATIVA CHAPIURCO, VEREDAS CHAPIURCO Y CAMPO BELLO.

La ladera en dirección Este a la Institución Educativa Chapiurco, presenta alto grado de deforestación, (Ver Fotografías 15, 16), es de forma recta y se clasifica como muy escarpada con pendientes hasta de 60° en la parte alta; la ladera se desarrolla hasta una altura de 2.053 msnm.

Existen medidas de mitigación que podrían implementarse con el objeto de atenuar el efecto de los movimientos, tales como la construcción de obras de drenaje superficial y control de afloramientos de agua en los sectores; igualmente se recomienda contemplar la posibilidad de acometer obras de movimiento de tierras para lo cual se requiere realizar estudios topográficos encaminados a diseñar terrazas de manera que se reduzca la afectación dada la inminencia de los movimientos.

La Administración Municipal y el Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastre CMGRD deben prever acciones encaminadas a evaluar y priorizar detalladamente la situación de la infraestructura antes identificada y si es del caso proceder con el desalojo y reubicación, dada la situación de riesgo descrita.

Se recomienda al Comité Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, la necesidad de capacitar y coordinar la creación en la localidad, de un comité para atender la emergencia y capacitar a la comunidad de la vereda en relación con el Manejo y Prevención del Riesgo.

Con el objeto de definir y caracterizar el evento en la ladera en dirección Este a la Institución Educativa Chapiurco, se recomienda localizar y materializar estratégicamente puntos de chequeo con el objeto de monitorear con equipo topográfico su posible desplazamiento respecto de un punto fijo.

A continuación, hacemos referencia al evento que por su magnitud y afectación creemos pertinente tratar. Corresponde al **EVENTO 03** localizado en las coordenadas Norte 656.523, Este 1.001.869, 1.912 msnm. Ver Fotografías 28 y 29.



Fotografías 28 y 29. EVENTO 19. Vereda Campo Bello.

Dada la gran magnitud del deslizamiento y la baja posibilidad de estabilizarlo, se recomienda a la Alcaldía Municipal de Albán, entre otras medidas, poner en conocimiento de la situación al Consejo Departamental para la Gestión del Riesgo de Desastre CDGRD de Nariño, a través del Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastre CMGRD, con el objeto de adelantar actividades educativas preventivas, encaminadas a orientar y organizar a la comunidad en relación con el desarrollo que podría tener el evento.

Al igual que la recomendación realizada para el evento en la Institución Educativa Chapiurco, sugerimos realizar el monitoreo del deslizamiento con equipo de precisión, con el objeto de monitorear y prevenir el riesgo originado por un deslizamiento súbito. La Administración Municipal y el CMGRD deben prever acciones encaminadas a desalojar las viviendas próximas al deslizamiento al igual que la señalización y prevención del riesgo existente en la zona.

Finalmente, estimamos pertinente adelantar estudios especializados de geotecnia, con el objeto de obtener las herramientas necesarias para tomar medidas definitivas de mitigación y prevención de riesgo.

Se recomienda a la alcaldía municipal de Albán, realizar la revaluación y ajuste al Esquema de Ordenamiento Territorial, con el objeto de fortalecer la prevención, atención de emergencias y mitigación de riesgos a nivel municipal.

Es necesario que la administración municipal desarrolle un proyecto de reforestación de laderas con especies nativas, así como la realización de talleres que concienticen y brinden una verdadera educación ambiental a los habitantes y dueños de los sectores afectados.

Al concejo municipal para la gestión del riesgo de desastres del municipio de Albán, se recomienda, efectuar el monitoreo continuo a los procesos geomorfológicos y movimientos del terreno identificados, para controlar el impacto que puedan generar, de esta manera determinar e implementar las medidas preventivas y de mitigación necesarias. El monitoreo debe realizarse antes y durante la época de invierno, época en la que se desencadenan las mayores afectaciones por deslizamientos y desprendimientos de laderas.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA MUNICIPAL DE LINARES. Esquema de Ordenamiento Ambiental 2000 – 2009. San José de Albán, 2000.

IDEAM. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 72p. 2010.

IGAC. Estudio general de suelos y zonificación de tierras de Nariño, Planchas de Suelos. Escala 1:100.000. Bogotá D.C. 2005.

INGEOMINAS. Geología de la plancha 410 La Unión, Departamento de Nariño –Escala 1:100.000, Memoria Explicativa. Bogotá. 1991.

INGEOMINAS, Cartografía Geológica de las zona Andina Sur y Garzón – Quetame (Colombia). Bogota D.C., 2003.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Documento metodológico para la elaboración del Mapa de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa, escala 1:100.000. Bogotá, D.C. 2012.