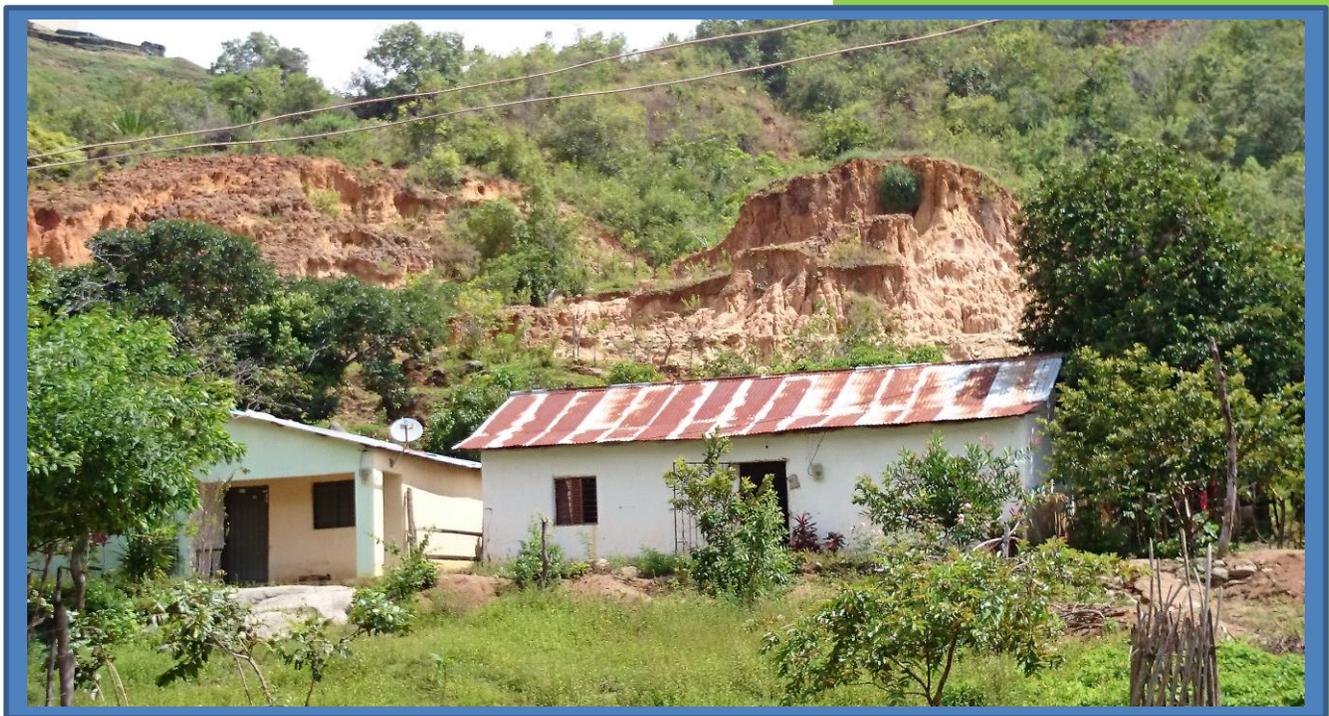


INFORME DE PRÁCTICA REALIZADA EN LA EMPRESA CORPOCESAR DE LA
CIUDAD DE VALLEDUPAR

MARIANI SERPA SILVA

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA
INGENIERIA GEOLÒGICA
2016



**ESTUDIO DE RIESGO POR
FENOMENOS DE EROSIÒN Y
REMOCIÒN EN MASA EN EL
FLANCO OESTE DEL CERRO
DUNARÚA Y ZONA URBANA DEL
CORREGIMIENTO DE
GUATAPURÌ, VALLEDUPAR,
CESAR.**

**ESTUDIO DE RIESGO POR FENÓMENOS DE EROSIÓN Y REMOCIÓN EN
MASA EN EL FLANCO OESTE DEL CERRO DUNARÚA Y ZONA URBANA DEL
CORREGIMIENTO DE GUATAPURÍ, VALLEDUPAR, CESAR.**

MARIANI SERPA SILVA

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA
VALLEDUPAR
2017**

**ESTUDIO DE RIESGO POR FENÓMENOS DE EROSIÓN Y REMOCIÓN EN
MASA EN EL FLANCO OESTE DEL CERRO DUNARÚA Y ZONA URBANA DEL
CORREGIMIENTO DE GUATAPURÍ, VALLEDUPAR, CESAR.**

MARIANI SERPA SILVA

**INFORME DE PRÁCTICA EMPRESARIAL PRESENTADO COMO REQUISITO
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO GEOLÓGO**

JUAN MIGUEL ORTEGA PEREZ

**Ingeniero en Minas Candidato a Magister en Geotecnia y
Geomecánica Aplicada a Minería.**

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DEL ÁREA ANDINA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA GEOLÓGICA
VALLEDUPAR
2017**

AREANDINA

Fundación Universitaria del Área Andina

AREANDINA
Fundación Universitaria del Área Andina



PREGRADO EN INGENIERÍA GEOLÓGICA

ESTUDIO DE RIESGO POR FENÓMENOS DE EROSIÓN Y REMOCIÓN EN MASA EN EL FLANCO OESTE DEL CERRO DUNARÚA Y ZONA URBANA DEL CORREGIMIENTO DE GUATAPURI, VALLEDUPAR, CESAR.

Autor:
MARIANI SERPA SILVA

JUAN MIGUEL ORTEGA PEREZ
Director

Valledupar, 2017

Nota de aceptación:

Director Pasantías- Corpocesar

Director Pasantías Temático

DEDICATORIA

A la Ingeniería Geológica, que más allá de ser mi profesión, es mi pasión. Te lleva a descubrir todo un mundo. “Y todo lo que hagáis, hacedlo de corazón, como para el Señor y no para los hombres; sabiendo que del Señor recibiréis la recompensa de la herencia, porque a Cristo el Señor servís.” Colosenses 3:23-24

AGRADECIMIENTOS

Eclesiastés 3:1 “Todo tiene su tiempo, y todo lo que se quiere debajo del cielo tiene su hora.” Es por ello que Dios, en el diario vivir dispuso y dio los lineamientos para culminar con éxito el proyecto. A El toda la gloria y la honra.

A Ramón Antonio y Amira Inés, quienes siempre e incondicionalmente están, infinitas gracias porque son mi base fundamental en la vida. Gracias por absolutamente todo.

Por su puesto, un millón de bendiciones en agradecimientos a todas esas personas que siempre estuvieron dispuestas a ayudar, porque sin ellos, mejor imposible. En especial a la Doctora Esperanza Charry por brindarme el espacio para realizar las prácticas y todo su equipo.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTOS	6
CONTENIDO	7
LISTA DE TABLAS	10
LISTA DE GRÁFICAS	12
LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE ANEXOS	17
INTRODUCCIÓN	18
GLOSARIO	19
RESUMEN	21
PARTE II. INFORME DE LA PASANTIA	22
1. PRESENTACION DE LA EMPRESA	23
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	23
1.2 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS	23
2. INFORME DE LA PASANTIA	25
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA	25
2.2 INFORME DE GESTION	25
PARTE III. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:	30
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	32
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	32
3.2 JUSTIFICACIÓN	33
4. OBJETIVOS	35
4.1 OBJETIVO GENERAL	35
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	35
5. RESULTADOS ESPERADOS	36
6. MARCO DE REFERENCIA	37
6.1 MARCO DE ANTECEDENTES	37

7. GENERALIDADES	40
7.1 LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR	40
7.2 CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA	41
8.3.1 Geología Regional	45
8.3.2. Unidades litológicas Cerro Dunarúa y sus alrededores	47
8.4 MORFOMETRIA	59
8.5 GEOMORFOLOGÍA	62
8.6. AMBIENTES MORFODINAMICOS	68
8.7 FENOMENOS DE REMOSION EN MASA	72
8.8 SUELOS	82
8.9. Geología Estructural	86
9. DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA	90
9.1 Estudios Anteriores E Historial De Eventos Pasados	90
9.2 Diagnóstico	92
9.3 Zonificación de la amenaza	92
10. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD	98
10.1 Identificación y localización de los elementos expuestos	98
10.2 Caracterización de los elementos expuestos	101
10.3 Exposición	104
10.4 zonificación de la vulnerabilidad	105
11. ZONIFICACIÓN DEL RIESGO	108
11.1 Riesgo Bajo	109
11.2 Riesgo medio	109
11.3 Riesgo Alto	110
12. METODOLOGÍA	115
12.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE	115
12.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE	115
12.3 RECONOCIMIENTO E IDENTIFICACIÓN DEL SITIO.	116
12.4 ESTUDIOS GEOLÓGICOS DE LOS FENÓMENOS DE INESTABILIDAD	116

12.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA Y DISEÑO DE MEDIDAS CORRECTIVAS	117
13. CRONOGRAMA	118
PARTE IV. LOGROS ALCANZADOS:	121
14. CONCLUSIONES	122
15. RECOMENDACIONES	123
<i>14.1 Corto Plazo (Menos de un año)</i>	123
<i>14.2 Medidas a mediano y largo plazo</i>	124
16. BIBLIOGRAFÍA	126

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Informe de funciones de pasantía. Fuente: elaboración del autor.	27
Tabla 2. Informe de funciones de logros alcanzados. Fuente: elaboración del autor	28
Tabla 3 Columna estratigráfica generalizada. Fuente. Arias A., Morales C. 1999, Mapa geológico generalizado del departamento del Cesar	45
Tabla 4. Serie de Polynov.....	53
Tabla 5. Clasificación general de ingeniería de los diversos materiales litológicos. FUENTE: Elaboración del autor en base de SUAREZ (1998).	54
Tabla 6. Estabilidad relativa según la formación mineralógica de la roca. FUENTE: Elaboración propia a partir de AGUDELO (2012)	55
Tabla 7. Tipos de ambientes morfogenéticos en la zona de estudio. Fuente: adaptado de la Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000.....	63
Tabla 8. Tipo de erosión según Van Zudam. Fuente: Estudios de amenaza	69
Tabla 9. Clasificación de los procesos de remoción en masa. FUENTE: Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología, en EPOH (1993) a partir de la clasificación de Varnes (1978) y Hutchinson (1988).....	74
Tabla 10. Historial de eventos por deslizamiento en masa, en la zona de Guatapurí. Fuente: elaboración del autor.	91
Tabla 11. Valoración de elementos expuestos al riesgo. Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa	98
Tabla 12. Tipología de las edificaciones en el corregimiento de Guatapurí. Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa	101

Tabla 13. Clasificación de la red vial. Fuente: Adaptada de Argyroudis et al. (2005). En la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.	103
Tabla 14. Zonas o escenarios de exposición. Fuente: En la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. FUENTE: Elaboración del autor	104
Tabla 15. Clasificación de la Vulnerabilidad. Fuente: En la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. FUENTE: Elaboración del autor	105
Tabla 16. Clasificación de la vulnerabilidad para personas. Fuente: En la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.	107
Tabla 17. Impacto de los movimientos en masa sobre los elementos expuestos. Fuente: En la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.	108
Tabla 18. Categorías del riesgo. Fuente: En la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.....	113

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Grafica 1. Desastres con mayor número de afectados y damnificado en el departamento del Cesar. Fuente: DESINVENTAR (2016).	32
Gràfica 2. Afectados por deslizamientos en Valledupar. Fuente: DESINVENTAR	33
Grafica 3. Valores de temperatura y precipitaciones, Fuente IDEAM (2016)	42
Grafica 4. Valores mínimos, máximos y medios mensuales de precipitación estación Sarachui. FUENTE: Elaboración propia con datos del ideam (2016).	44
Grafica 5. Valores mínimos, máximos y medios mensuales de precipitación Estación Aeropuerto Alfonso López. FUENTE: Elaboración propia con datos del ideam (2016)	44

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del corregimiento de Guatapurí. FUENTE: Anuario Estadístico del Municipio de Valledupar 2005., modificado por el autor	40
Figura 2. Geología de la zona de estudio. Fuente: elaboración del autor.	51
Figura 3. Serie de cristalización de los minerales de Bowen.	52
Figura 4. Muestra de mano de roca Granodiorita. Fuente: El autor	57
Figura 5. Muestra de mano de roca Andesita. Fuente: El autor	57
Figura 6. Muestra de mano de roca Cuarzosienita. Fuente: El autor	58
Figura 7. Muestra de mano de roca Basalto. Fuente: El autor.	59
Figura 8. MAPA DE PENDIENTES. Fuente: el autor	61
Figura 9. Montañas y colinas con procesos denudativos. Fuente: elaboración del autor.....	64
Figura 10. a) Procesos erosivos en colinas b), c), d) cárcavas de socavación generados por la lluvia. Fuente: elaboración del autor.	65
Figura 11. Colinas denudativas con drenaje dendrítico denso y topografía ondulada.	66
Figura 12. a) Terrazas altas y b) Niveles de terrazas paralelas al curso del río Guatapurí. Fuente: elaboración del autor.	67
Figura 13. Erosión superficial en el Centro Poblado Guatapurí.	69
Figura 14. Erosión laminar en la cúpulas de las montañas del Cerro Dunarúa, centro poblado Guatapurí.	70
Figura 15. Erosión laminar en la cúpulas de las montañas del Cerro Dunarúa, al este del centro poblado Guatapurí.....	70

Figura 16. Erosión concentrada y en surco en el cerro Dunarúa.....	71
Figura 17. Cárcavas de erosión en el cerro Dunarúa.	72
Figura 18. (a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento “colapso”. FUENTE: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas.....	75
<i>Figura 19.</i> Esquema del vuelco en bloque (De Freitas y Waters, 1973 en Varnes, 1976). (a)(b) vuelco flexional (c) Esquema de vuelco por flexión según Corominas y Yagué (1997). FUENTE: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas.....	76
Figura 20. Esquema de un deslizamiento rotacional mostrando los rasgos morfológicos característicos. FUENTE: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas.	77
Figura 21. Esquema de un deslizamiento traslacional, llamado resbalamiento y corrimiento según Corominas Dulcet y García Yagué (1997). FUENTE: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas.	78
Figura 22. Esquema de un deslizamiento traslacional en cuña.	78
Figura 23. Tierra de vocación Misceláneos (Me-2). Fuente: elaboración del autor.	83
Figura 24. Los Bosques primarios. (Bp), Los Rastrojos (Ra) y rastrojos con pastos naturales, (Ra-Pn). Fuente: elaboración del autor.	84
Figura 25. Principales fallas y lineamientos en a Sierra Nevada de Santa Marta. Fuente: (tomado de Etayo et al., 1983) en “EVOLUCIÓN GEOHISTÓRICA DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA”	86
Figura 26. Principales fallas y lineamientos en la SNSM. Mapa Geológico 2015. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.....	87
Figura 27. Falla Guatapuri en la parte se de la sierra nevada de santa marta. FUENTE: Geología de las planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 y 40. Proyecto “Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta ..	88

Figura 28. Principales lineamientos y fallas en zona de estudio y área de influencia. Fuente: elaboración propia.	89
Figura 29. Zonificación de riesgo rural municipio de Valledupar. Fuente: elaboración del autor.	90
Figura 30. Zona con amenaza alta por erosión en cárcavas en la zona urbana de Guatapurí. Fuente: Elaboración del autor.	92
Figura 31. Zonas bajas con erosión en el municipio de Guatapurí. FUENTE: Elaboración del autor.	93
Figura 32. Zonas que con pendientes moderadas superficies planas de las terrazas aluviales con procesos de erosión y deslizamiento en el cerro Dunarúa. FUENTE: Elaboración del autor.	94
Figura 33. A) Pendientes de grado alto con mayor susceptibilidad a presentar problemas de estabilidad y erosión en el cerro Bunkusa. B) Quemadas en el cerro Dunarúa. FUENTE: Elaboración del autor.	95
Figura 34. Amenaza alta a deslizamientos por malos tratamientos de la erosión en cárcavas en el cerro Bunkusa y Dunarúa. FUENTE: Elaboración del autor.	96
Figura 35. a) b) y c) Reptación presentada en la ladera del cerro Dunarúa y d) erosión por cortes civiles inadecuados en el cerro Dunarúa. FUENTE: Elaboración del autor.	96
Figura 36. Uso de la vivienda de tipo Gubernamental a) Quiosco vive digital b) Instituto de Bienestar Familiar. ICBF. FUENTE: Elaboración del autor.	99
Figura 37. Institución Educativa Guatapurí. FUENTE: Elaboración del autor.	99
Figura 38. Uso variado de la vivienda a) Iglesia Católica b) Salón Comunal del Corregimiento. FUENTE: Elaboración del autor.	100
Figura 39. Uso Comercial. FUENTE: Elaboración del autor.	100
Figura 40. Tipología de la edificaciones de baja calidad código E y F en el Corregimiento de Guatapurí. FUENTE: Elaboración del autor.	102

Figura 41. Tipología de las edificaciones de mediana calidad código B y C en el Corregimiento de Guatapurí. FUENTE: Elaboración del autor	102
Figura 42. Red vial local. FUENTE: Elaboración del autor	103
Figura 43. Elementos o escenarios de exposición en la zona urbana del Corregimiento de Guatapurí y el flanco oeste del Cerro Dunarúa. FUENTE: Elaboración del autor	105
Figura 44. Vulnerabilidad alta de las casa al pie de la erosión en cárcavas. FUENTE: Elaboración del autor.	106
Figura 45. Riesgo alto de las casa al pie de la erosión en cárcavas. FUENTE: Elaboración del autor	111
Figura 46. Cárcavas de erosión profunda sin medidas de mitigación y control en condición de riesgo alto y con agravante de basuras. FUENTE: Elaboración del autor.....	111
Figura 47. Riesgo alto por Cárcavas de erosión en la zona urbana del Corregimiento de Guatapurí. FUENTE: Elaboración del autor.	112
Figura 48. Mapa de categorías y zonificación de riesgo por fenómenos de remoción en masa y erosión. FUENTE: Elaboración del autor.....	113

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. REGISTROS PLUVIOMETRICOS

ANEXO 2. REGISTRO INVENTARIO

ANEXO 3. IMÁGENES LANDSAT

ANEXO 4. MAPAS TEMATICOS

INTRODUCCIÓN

En el trabajo de “Estudio de riesgo por fenómenos de erosión y remoción en masa en el flanco oeste del cerro Dunarúa y zona urbana del corregimiento de Guatapurí, Valledupar, Cesar”, el cual representa un peligro latente para el municipio de Valledupar se articula a la Ley 1523 de 2012 en el que se establece la gestión del riesgo como una política primordial por parte de las cabeceras municipales y regiones de Colombia, para la planificación del desarrollo seguro y a la gestión ambiental territorial sostenible, que le brinde una calidad de vida óptima de las poblaciones y las comunidades que se consideren en riesgo.

El proceso de acuerdo con la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del Ministerio de Minas y el Servicio Geológico Colombiano en conjunto con el libro “Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales” del Ingeniero Jaime Suarez Díaz, se realizó un análisis del riesgo, la evaluación del riesgo y finalmente la mitigación y prevención del riesgo aplicada al estudio del Cerro Dunarúa. En el que se busca como resultado de la etapa de análisis del riesgo, una estimación de daños, costos asociados y pérdidas potenciales.

Finalmente y Considerando la disponibilidad de información y viabilidad técnica y económica por parte de la Fundación Universitaria del Área Andina y la Corporación Autónoma Regional del Cesar, el “estudio de riesgo por fenómenos de erosión y remoción en masa en el flanco oeste del cerro Dunarúa y zona urbana del corregimiento de Guatapurí, Valledupar, Cesar.” Y de esta manera se fortalece el Plan Municipal de Valledupar para la gestión del riesgo de desastre.

GLOSARIO

AMENAZA: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental causando pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL RIESGO: Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir.

DESASTRE: Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad.

DESLIZAMIENTO: es un tipo de corrimiento o movimiento de masa de tierra, provocado por la inestabilidad de un talud.

EROSIÓN: segregación, transporte y depositación de las partículas del suelo o rocas.

FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA: también conocido como movimiento de inclinación, desplazamiento de masa o movimiento de masa, es el proceso geomorfológico por el cual el suelo, regolito y la roca se mueven cuesta abajo por la fuerza de la gravedad.

GEOMORFOLOGÍA: estudio que describe las formas del terreno y los procesos que condujeron a su formación.

MITIGACIÓN: Son medidas para reducir la vulnerabilidad frente a ciertas amenazas.

LADERA (natural slope) Superficie natural inclinada de un terreno.

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL: instrumento que forma parte de las políticas de estado, para propiciar el desarrollo sostenible, contribuyendo a que los gobiernos orienten la regulación y promoción de ubicación y desarrollo de los asentamientos humanos.

RIESGO: es la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre.

PREVENCIÓN: Es la aplicación de medidas para evitar que un evento se convierta en un desastre.

RESILIENCIA: la capacidad para afrontar la adversidad y lograr adaptarse bien ante las tragedias, los traumas, las amenazas o el estrés severo

REPTACIÓN es un tipo de corrimiento del suelo, provocado por la inestabilidad de un talud y la gravedad

SUCEPTIBILIDAD: Susceptibilidad que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente.

VULNERABILIDAD: La vulnerabilidad es la incapacidad de resistencia cuando se presenta un fenómeno amenazante, o la incapacidad para reponerse después de que ha ocurrido un desastre.

RESUMEN

El corregimiento de Guatapurí presenta problemas de erosión y fenómenos de remoción en masa, los cuales se agudizan en la temporada de invierno, convirtiéndolo en una amenaza latente para el municipio de Valledupar ante el eventual desprendimiento o deslizamientos puntuales del Cerro Dunarúa, al cauce del río Guatapurí, el cual podría ser el causante de una avalancha de grandes proporciones. Con el fin de tomar medidas de prevención y mitigación se evaluó el riesgo por fenómenos de erosión y remoción en masa en el flanco oeste del cerro Dunarúa y zona urbana del corregimiento de Guatapurí para la planificación del desarrollo seguro y a la gestión ambiental territorial sostenible

PALABRAS CLAVE: remoción en masa, erosión, riesgo, Guatapurí.

The Guatapurí presents problems of erosion and mass removal phenomena, which become more acute in the winter season, making it a latent threat to the municipality of Valledupar in the event of occasional landslides or landslides of Cerro Dunarúa, to the river bed Guatapurí, which could be the cause of an avalanche of great proportions. In order to take preventive and mitigation measures, the risk of erosion and mass removal in the west flank of Dunarúa Hill and in the urban area of the Guatapurí region was evaluated for safe development planning and sustainable territorial environmental management.

KEY WORDS: mass removal, erosion, risk, Guatapurí.

PARTE II. INFORME DE LA PASANTIA

1. PRESENTACION DE LA EMPRESA

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

Con la ley 99 de 1993 (22 de diciembre), “por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones” .

En el título VI artículo 23 , de la ley 99 de 1993 “Las Corporaciones Autónomas Regionales son entes corporativos de carácter público, creados por la ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente”

1. *Nombre de la Empresa:* Corporación Autónoma del Cesar “Corpocesar”.
2. *Objeto de Corpocesar:* Propender por el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente en su jurisdicción, a través de la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplida y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
3. *Misión:* "Liderar dentro del marco del desarrollo sostenible la gestión ambiental en su jurisdicción".
4. *Visión:* "Lograr que en el 2020 el desarrollo integral de la comunidad se dé en armonía con la naturaleza, reconociendo y fortaleciendo la identidad cultural y la vocación productiva del territorio".

1.2 PORTAFOLIO DE PRODUCTOS Y SERVICIOS

- Ejercicio de la Autoridad Ambiental
- Promover y regular el Sistema Nacional Ambiental SINA regional
- Direccionar el Ordenamiento Territorial Ambiental

- Promover y cofinanciar inversiones ambientales en proyectos de desarrollo
- Gestión Administrativa.

2. INFORME DE LA PASANTÍA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA DEPENDENCIA

El área de planeación, coordinación subárea de proyectos su función principal es la de Realizar estudios e investigaciones tendientes a consolidar los procesos de planificación de la entidad, que permitan la elaboración y realización de proyectos ambientales, planes y proyectos de investigación científicas, de planificación y ordenamiento territorial ambiental y de desarrollo económico, social y cultural de la región. Asesorar a los entes territoriales, sector privado y comunidades organizadas residentes en la jurisdicción de la Corporación en la elaboración de proyectos ambientales, planificación y ordenamiento territorial y de desarrollo económico, social y cultural. (Tabla 1)

- Coordinar y asesorar el proceso de preparación de los planes, programas y proyectos de desarrollo medio ambiental que se formulen para la jurisdicción.
- Participar en los procesos de planificación y ordenamiento territorial ambiental.
- Realizar actividades de análisis, evaluación y seguimiento de programas, planes y proyectos de desarrollo ambiental.
- Coordinar con los entes territoriales la elaboración de planes de atención y prevención de desastres de origen natural.
- Dirigir el proceso de planificación regional de los usos del suelo, para mitigar o desactivar impactos ambientales negativos.

2.2 INFORME DE GESTION

- Apoyo a la subdirección general de planeación, en las temáticas asociadas con el conocimiento y reducción del riesgo, conforme a lo dispuesto en la ley 1523 de 2012.
- Apoyo a la subdirección general área de planeación, en la atención de solicitudes de conceptos sobre ordenamiento ambiental territorial que sean allegadas a la Corporación.

- Apoyo a la subdirección general área de planeación en las temáticas de planificación de ordenación ambiental territorial, especialmente las relacionadas con el recurso suelo, así como obras civiles y ambientales, de pertinencia de la Corporación.
- Otras actividades afines con la formación del estudiante (Ingeniería Geológica) y de acuerdo a lo requerido y dispuesto por la subdirección general área de planeación.

Tabla 1. Informe de funciones de pasantía. Fuente: elaboración del autor.

<i>Acciones específicas desarrolladas</i>	<i>Tiempo de ejecución</i>	<i>Recursos empleados</i>	<i>Impactos/Resultados obtenidos</i>
Atención de solicitudes de conceptos sobre ordenamiento ambiental territorial que sean allegadas a la Corporación.	<i>Durante el periodo de pasantías, en las cuales se presentaron solicitudes por parte de las oficinas de planeación de los municipios en el departamento del cesar.</i>	<i>Planes de desarrollo municipal y Esquemas de Ordenamiento Territorial (POT y EOT)</i>	<i>Desarrollo y ajuste de los planes de desarrollo municipal</i>
Apoyo a la subdirección general de planeación, en las temáticas asociadas con el conocimiento y reducción del riesgo, conforme a lo dispuesto en la ley 1523 de 2012.	<i>Estudio de riesgo por fenómenos de erosión y remoción en masa en el flaco oeste del cerro Dunarúa y zona urbana del corregimiento de Guatapurí, Valledupar, cesar.</i>	<i>Corpocesar dentro de su Plan de Acción Institucional “PAI 2016-2019 “Corpocesar: Agua PARA el Desarrollo Sostenible”” en su programa 7 “planificación del ordenamiento ambiental territorial y gestión del riesgo para el desarrollo sostenible”</i>	<i>Busca que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.</i>
Apoyo a la subdirección general área de planeación en las temáticas de planificación de ordenación ambiental territorial, especialmente las relacionadas con el recurso suelo	<ol style="list-style-type: none"> 1) <i>Realización, análisis y/o ajuste del componente biofísico.</i> 2) <i>Las consultas presentadas por los usuarios internos y externos de competencia de la Coordinación son atendidas de manera diligente.</i> 	<i>Cartografía e información disponible en la Corporación.</i>	<i>Usos y ocupación del suelo de acuerdo a la norma urbanística</i>

2.2.1 Logros alcanzados. Porcentaje de cumplimiento obtenido para cada uno de los objetivos planteados para la práctica.

Tabla 2. Informe de funciones de logros alcanzados. Fuente: elaboración del autor.

LOGROS ALCANZADOS.	PORCENTAJE ALCANZADO
<i>Apoyo a la subdirección general de planeación, en las temáticas asociadas con el conocimiento y reducción del riesgo, conforme a lo dispuesto en la ley 1523 de 2012.</i>	100%
<i>Apoyo a la subdirección general área de planeación, en la atención de solicitudes de conceptos sobre ordenamiento ambiental territorial que sean allegadas a la Corporación.</i>	100%
<i>Apoyo a la subdirección general área de planeación en las temáticas de planificación de ordenación ambiental territorial, especialmente las relacionadas con el recurso suelo, así como obras civiles y ambientales, de pertinencia de la Corporación.</i>	100%
<i>Otras actividades afines con la formación del estudiante (Ingeniería Geológica) y de acuerdo a lo requerido y dispuesto por la subdirección general área de planeación.</i>	100%

2.2.2 Impactos percibidos por el estudiante.

Sin duda alguna uno de los principales aporte que tuvo la pasantía fue el de tener la primera experiencia en el campo laboral. Una vez que abandona la zona de confort que fue la universidad por cinco años, hace que los conocimientos y la expectativa de lo que será tu desarrollo profesional se amplíe y se empieza a descubrir el mundo competitivo que esta fuera de las aulas, donde se debe mantener actualizado constantemente. Académicamente el hacer parte de la oficina de planeación, fue una gran oportunidad para conocer temáticas que durante el desarrollo del pregrado no se tocaron, aprender las normas de usos y ocupación del suelo, Normas Generales de Planeación, Formulación y Evaluación de proyectos ,el

componente de riesgo y cambio climático que debe tener en cuenta todos los municipios en los planes y esquemas de ordenamiento territorial, le da otra perspectiva a nuestra carrera, que por cierto muy poco conocida en el sector.

2.2.3 Limitaciones.

Para el desarrollo del proyecto “Estudio de riesgo por fenómenos de erosión y remoción en masa en el flanco oeste del cerro Dunarúa y zona urbana del corregimiento de Guatapurí, Valledupar, Cesar.”, una de las limitaciones en su desarrollo fue la falta de información en la Corporación de la zona de estudio, que si bien se encuentra el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Valledupar, no se realiza a detalle. EL alto costo de los ensayos para el estudio geotécnico hizo que el proyecto se ajustara en cuanto a la temática, el estado de las visas a consecuencia del invierno hizo que se retrasara más de lo esperado.

PARTE III. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

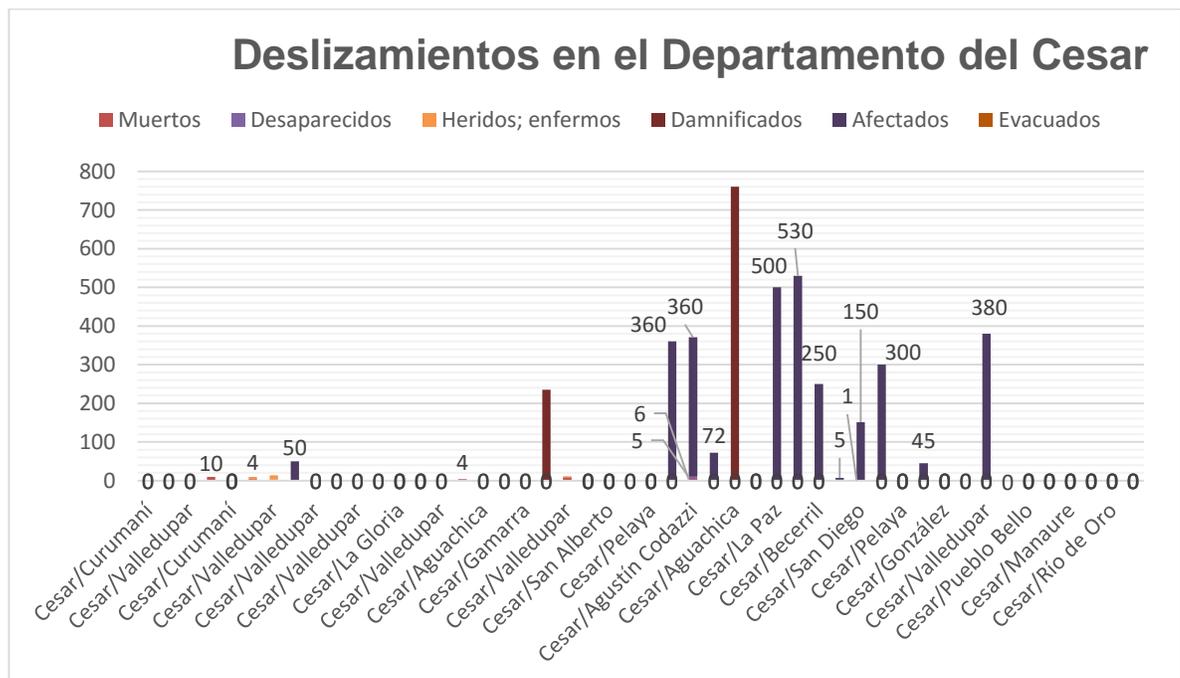
**ESTUDIO DE RIESGO POR FENÓMENOS DE EROSIÓN Y REMOCIÓN EN
MASA EN EL FLANCO OESTE DEL CERRO DUNARÚA Y ZONA URBANA DEL
CORREGIMIENTO DE GUATAPURI, VALLEDUPAR, CESAR.**

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el departamento del Cesar, en un periodo que va desde 1938 hasta el 2016, aunque solo se encuentra registro desde 1970 hasta el 2013, recoge un total de 48 desastres por deslizamientos, con mayor frecuencia de ocurrencia el sur del departamento, en los municipios de Gonzales, Pelayo, Gamarra, San Alberto y Chulumani. Esto según la base de datos de DESINVENTAR. (Grafica 1)

Grafica 1. Desastres con mayor número de afectados y damnificado en el departamento del Cesar. Fuente: DESINVENTAR (2016).



En el municipio de Valledupar, el primer evento por deslizamiento se encuentra registrado para 1970 en la época de noviembre, Siendo así, según la base de datos de DESINVENTAR, Valledupar, presenta un histórico de 8 deslizamientos, identificando en el 2011 el primer evento por deslizamiento en el sector de Atánquez.

Grafica 2. Afectados por deslizamientos en Valledupar. Fuente: DESINVENTAR



El riesgo se relaciona con el desarrollo de las comunidades, principalmente con la forma como se ocupa y se administra el territorio sus recursos, no obstante que los fenómenos peligrosos que actúan como detonantes o desencadenantes sean generados por la naturaleza. Durante 2010 y 2011 se experimentaron efectos del fenómeno natural conocido como La Niña especialmente a inundaciones y deslizamientos en zonas de pendientes moderadas a altas.

A partir de lo anterior, y enfrentado un posible evento de naturaleza desastrosa se requiere la toma de medidas y/o acciones para reducir la vulnerabilidad. Planteándonos de esta manera si: ¿Está preparada Valledupar para evitar eventos que coloquen su comunidad en riesgo?

3.2 JUSTIFICACIÓN

Entre los meses de marzo y noviembre de 1986, se presentaron una serie de avalanchas en el Cerro Dunarúa y en la Región los Cominos de Valerio. Los daños causados por estos fenómenos involucraron el desprendimiento y arrastre de materiales de la cabecera de los arroyos hasta cientos de metros aguas abajo, arrasando y destruyendo todo a su paso. El problema se agudizo ante el eventual represamiento del río Guatapurí, el cual podría afectar parte del casco urbano de Valledupar.

En 1989 se realizó un estudio geológico y geotécnico tanto en el Cerro Dunarúa como en la región Los Cominos de Valerio, en nombre de la Corporación Autónoma Regional del Cesar y la Gobernación del Departamento del Cesar donde según las recomendaciones se inició un plan inmediato de reforestación de las zonas críticas, con el fin de disminuir la fuente de materiales en posibilidad de ser arrastrados y en los que durante el recorrido a lo largo del río Guatapurí se detectaron zonas potencialmente inestables que pueden llegar a represar el río, en las que no se realizó un estudio detallado sobre la estabilidad de laderas y posteriormente medidas preventivas.

Como afirma Diazgranados¹ una de las amenazas más ciertas que enfrenta Valledupar es el desprendimiento o derrumbe del Cerro Dunarúa, el cual podría ser el causante de una avalancha de grandes proporcione, convirtiéndolo en una “amenaza latente”.

A propósito en los años 2005,2012 y 2013 se generó una situación de alerta por deslizamientos a causa de la temporadas de lluvias presentadas en ese momento, debido a los mismo problemas antepasados donde la deforestación del Cerro agudiza el problema y coloca en riesgo tanto a las poblaciones cercanas como los asentamientos indígenas y campesinos ubicados en la base del Cerro Dunarúa. Colocando en evidencia que se hace necesario un estudio para elaborar y recomendar de mitigación y prevención de manera urgente ante el posible fenómeno de la niña y cambio climático.

¹ Diazgranados, E.M, (2015). Valledupar, ¿preparada para una catástrofe? Revista Enfoque Vallenato, 35, 9-11

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el riesgo por fenómenos de erosión y remoción en masa en el flanco oeste del cerro Dunarúa y zona urbana del corregimiento de Guatapurí para la planificación del desarrollo seguro y a la gestión ambiental territorial sostenible.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar áreas prioritarias para la recomendación de estudios geotécnicos a detalle que por su localización puede resultar afectados por la materialización de una amenaza y la evaluación de la vulnerabilidad.
- Definir escenarios de riesgos por vulnerabilidad (alta, media, baja), que permitan la planificación del desarrollo sostenible y control que no aparezcan futuras condiciones de riesgo.
- Proponer medidas de mitigación para el tipo de intervención, alcance, reducción de acuerdo a las características del riesgo.

5. RESULTADOS ESPERADOS

En el trabajo de estudio de riesgo por fenómenos de erosión y remoción en masa en el flanco oeste del cerro Dunarúa y zona urbana del corregimiento de Guatapurí, Valledupar, Cesar., el cual representa un peligro latente para el municipio de Valledupar se articula a la Ley 1523 de 2012 en el que se establece la gestión del riesgo como una política primordial por parte de las cabeceras municipales y regiones de Colombia, para la planificación del desarrollo seguro y a la gestión ambiental territorial sostenible, que le brinde una calidad de vida óptima de las poblaciones y las comunidades que se consideren en riesgo.

Debido que Valledupar enfrenta una de las amenazas por desprendimiento o derrumbe del Cerro Dunarúa, el proceso de acuerdo con la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del Ministerio de Minas y el Servicio Geológico Colombiano, se realizará un análisis del riesgo, la evaluación del riesgo y finalmente la mitigación y prevención del riesgo aplicada al estudio del Cerro Dunarúa. En el que se busca como resultado de la etapa de análisis del riesgo, una estimación de daños, costos asociados y pérdidas potenciales.

En la etapa de evaluación del riesgo se definirá un estudio geológico dentro del cual se consideran los principales factores condicionantes de inestabilidad en el Cerro Dunarúa, por factores como la lluvia y sismos, que representan un y están relacionados con las características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas de las laderas que definirán los escenarios de amenazas actuales y potenciales. Al final del proceso se tendrá un mapa de zonificación de riesgo, represente de acuerdo con el nivel de clasificación, alto, medio y bajo.

Con la identificación de los tipos de daños esperados (físicos y personas) se podrá establecer los escenarios de vulnerabilidad, además de la implementación de las medidas requeridas para reducir los daños potenciales ante la probable ocurrencia de procesos por remoción en masa y señalar las posibles medidas de mitigación y prevención del riesgo, de acuerdo a los resultados.

Finalmente y Considerando la disponibilidad de información y viabilidad técnica y económica por parte de la Fundación Universitaria del Área Andina y la Corporación Autónoma Regional del Cesar, el “Estudio Geotécnico para la evaluación del riesgo por movimientos en masa en el Cerro Dunarúa, corregimiento de Chemesquemena, Valledupar, Cesar.” Y de esta manera se Fortalecer el Plan Municipal de Valledupar para la gestión del riesgo de desastre.

6. MARCO DE REFERENCIA

6.1 MARCO DE ANTECEDENTES

AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIONES ZONA URBANA, MUNICIPIO DE GUARNE.

ALCANCE: El objetivo final que se busca con la zonificación de la aptitud geológica para el uso y ocupación, es generar un mapa del uso potencial del suelo en la zona urbana y de expansión de Guarne, como un instrumento de planificación, en el que se delimiten mediante varios criterios, las áreas restrictivas, las rondas hídricas y las zonas aptas junto con las estables para desarrollar a futuro.

DESCRIPCIÓN DE COMO EL DOCUMENTO APORTA A LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO: el análisis gráfico (fotografías) a detalle que se hace en la tesis, aporta al trabajo, mayormente porque nos da un indicativo para zonificar de acuerdo al grado de riesgo en la zonificación general de la zona.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR DESLIZAMIENTOS DE LADERAS GENERADOS POR EVENTOS SISMICOS EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN USANDO HERRAMIENTAS DE LA GEOMÁTICA.

ALCANCE: Estimar cuantitativamente el riesgo de deslizamientos de laderas generados por eventos sísmicos en la ciudad de Medellín a partir de modelos de base física y probabilísticos mediante el uso de herramientas de la Geomática.

DESCRIPCIÓN DE COMO EL DOCUMENTO APORTA A LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO: El capítulo 2, donde se manejan las generalidades nos dan una guía para manejar el proyecto, además de que se manejan los conceptos temáticos sobre deslizamientos de tierras.

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD POR REMOCIÓN EN MASA E INUNDACIÓN. CASO ESTUDIO: CUENCAS DE LA CIUDAD DE VALPARAÍSO.

ALCANCE: Evaluar el grado de vulnerabilidad de las cuencas principales de la ciudad, con el empleo de las técnicas de evaluación multicriterio como una aproximación jerarquizadora, ante el fenómeno de remoción en masa e inundación producido por factores tecnológicos, sociales, territoriales y culturales, para

proporcionar orientaciones hacia la planificación del territorio de la ciudad de Valparaíso.

DESCRIPCIÓN DE COMO EL DOCUMENTO APORTA A LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO: Comprende a detalle el análisis de la vulnerabilidad por remoción en masa, en la cuenca de la ciudad de Valparaíso, en el caso del proyecto, se desarrolla en el corregimiento de Guatapurí en la parte alta de la cuenca del río Guatapurí.

DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES.

Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, pretende ser un texto guía para el estudio y la práctica de Ingeniería y Geotecnia, incluyendo análisis, diseño y construcción de taludes con énfasis en los problemas de deslizamientos de tierra.

DESCRIPCIÓN DE COMO EL DOCUMENTO APORTA A LA ELABORACION DEL PROYECTO: Fue uno de los principales guía para el desarrollo temático del proyecto tanto conceptual como de campo.

EVALUACIÓN DE AMENAZA POR FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA EN ALGUNOS SECTORES DE LA COMUNA 14 DEL MUNICIPIO DE BUCARAMANGA UTILIZANDO EL MÉTODO ESTADÍSTICO CON VARIABLES LOCALES.

ALCANCE: Evaluar la amenaza por fenómenos de remoción en masa en algunos sectores de la Comuna 14 del municipio de Bucaramanga utilizando el método estadístico con variables locales.

DESCRIPCIÓN DE COMO EL DOCUMENTO APORTA A LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO: La amenaza, es el principal objetivo del proyecto desarrollado, se tuvo en cuenta, algunos aspectos la zonificación de acuerdo a la amenazas.

DESLIZAMIENTOS Y ESTABILIDAD DE TALUDES EN ZONAS TROPICALES.

ALCANCE: Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales, pretende ser un texto guía para el estudio y la práctica de Ingeniería y Geotecnia, incluyendo análisis, diseño y construcción de taludes con énfasis en los problemas de

deslizamientos de tierra. El libro, Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales está dirigido con la misma intensidad tanto a los profesionales en la práctica de la geotecnia como a los estudiantes de Geología e Ingenierías Civil y Ambiental a niveles de pregrado y post-grado, aunque el nivel del libro requiere de conocimientos básicos previos de Geología, y mecánica de suelos para su mejor comprensión.

DESCRIPCIÓN DE COMO EL DOCUMENTO APORTA A LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO: La Zona de estudio se ubica en la Sierra Nevada de Santa Marta, ubicado en una zona tropical y que ayuda al análisis, diseños y construcción de medidas preventivas y correctivas.

GUÍA METODOLÓGICA PARA ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA

ALCANCE: En esta guía se describen los lineamientos metodológicos para realizar estudios de riesgo por movimientos en masa a escala detallada o local, que se podrán aplicar en la mayoría de las cabeceras municipales y centros poblados pequeños y medianos de Colombia; es decir, aquellos considerados dentro de las categorías 5 y 6, de acuerdo con las leyes 136 de 1994 y 1551 de 2012.

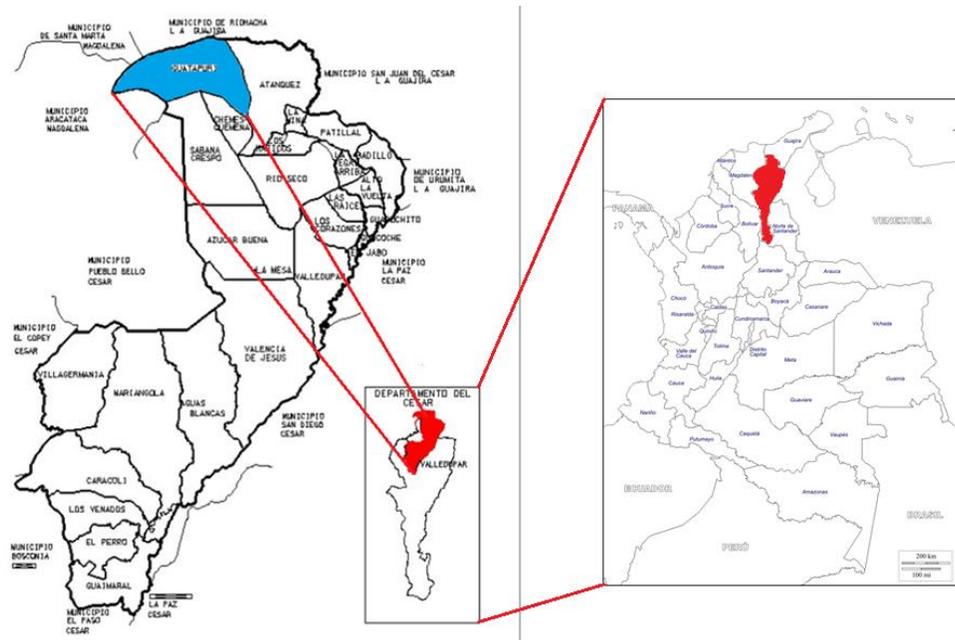
DESCRIPCIÓN DE COMO EL DOCUMENTO APORTA A LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO: La gestión del riego es una política que se debe manejar correctamente para evitar catástrofe naturales, es por ello que con la ayuda de la guía, eje primordial del proyecto para su realización, en cuanto a los ejes temáticos, metodología planteada para estudios y zonificación.

7. GENERALIDADES

7.1 LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR

“El municipio de Valledupar se localiza en la subregión norte del departamento del Cesar”². El centro poblado Guatapurí, objeto de estudio, se ubica al norte del municipio, (48kms.aprox) ubicado en el flanco oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta (Figura 1). Tiene un área de 25.688 hectáreas, delimitado de los centros poblados Chemesquemena y Atánquez por el río Guatapurí.

Figura 1. Localización del corregimiento de Guatapurí. FUENTE: Anuario Estadístico del Municipio de Valledupar 2005., modificado por el autor



La zona urbanizada del corregimiento de Guatapurí, hace parte del Reguardo Kankuamo, que se constituyó bajo la resolución 012 de abril 10 del 2013 del Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (figura 2). Está compuesto por cuadras constituida divididas por calles sin pavimentar, de forma irregular, en total son 170 predios, los cuales están distribuidos en ciento sesenta y cuatro (164) casas y seis (6) de uso institucional. El uso de la vivienda es mayormente residencial, con un porcentaje de 64.63.

² PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR. Volumen I: Diagnóstico del ordenamiento del Suelo Urbano. Versión 2. POT Valledupar 2014. Bogotá: Unión Temporal POT 2013, 2014, p. 30.

La tipología de las viviendas se debe a diferentes materiales y el año en que fueron construidas. Las edificaciones en su totalidad no superan un piso de altura. De las ciento sesenta y cuatro (164) viviendas que se encuentran en el casco urbano ciento cuatro (104), están construidas con adobe y materiales como barro, y (60) sesenta están construida con materiales cemento y ladrillos. El centro de salud, depende del hospital Rosario Pumarejo de López, se encuentra en el corregimiento de Atánquez. La población está estimada en 764 habitantes, donde el 51% corresponde a población masculina y el 36% población juvenil, el otro porcentaje restante es femenino. La actividad económica más significativa es la agricultura, representada por la caña, el café, el aguacate y naranja, son los principales productos agrícolas.

Las líneas vitales en el casco urbano están presente las redes eléctricas, no cuenta con acueducto con la potabilidad establecida, (pero cubierta en su totalidad 100%) y alcantarillado. El mal manejo de las aguas residuales ha propiciado la erosión y drenaje sobre los suelos arcillosos en las calles, e inestabilidad en el terreno a causa de la mala filtración, lo que se agrava con las lluvias y la escorrentía superficial que activa la acción de los fenómenos de remoción en masa.

7. 2 CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA

7.2.1.1 Climatología

El clima es uno de los factores formadores del suelo debido en gran medida a que define las cantidades y distribuciones de los diversos organismos, animales y vegetales, así como sus relaciones.³

Entre los factores de clima que condicionan en Colombia tenemos la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), caracterizada por el Frente Intertropical, el efecto de la interacción Océano Pacífico - atmósfera (Corriente del Niño y Corriente Fría de Humboldt), los vientos alisios, la orografía, y la posición geográfica en la zona ecuatorial ligada estrechamente con el factor radiación solar. De enero a mayo, la corriente de El Niño introduce al continente aire húmedo y caliente que produce lluvia convectiva.

El municipio de Valledupar está clasificado bioclimáticamente, según la metodología de Holdridge, como un subsistema secundario de formación ecológica Bosque seco tropical (bs-T), con enclaves de bosque seco premontano transición cálida (bs-PM),

³ PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR. Fase de Diagnóstico VOLUMEN II. Versión 2. POT Valledupar 2014. Bogotá: Unión Temporal POT 2013, 2014, p. 23

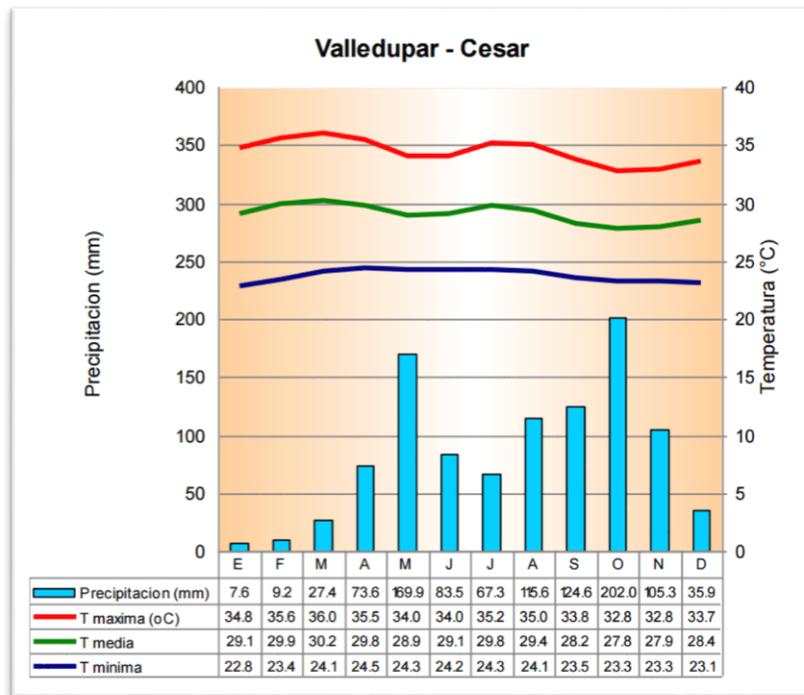
⁴ 4 Ibid., p. 2

caracterizado por altas temperaturas, con valores promedios multianuales de 29.0°C, máximo y mínimos absoluto de 31.8 °C y 22.8 °C. ⁴ (Grafica 3).

7.2.1.2 Precipitación

El régimen de lluvias es de tipo bimodal en la mayor parte del departamento. Al norte (donde se ubica el corregimiento de Guatapurí), se presentan dos temporadas secas, de diciembre a abril, la primera y en junio-julio, la segunda, mientras que en dirección sur, paulatinamente la época seca de mitad de año se hace menos marcada. Los meses de mayores lluvias son mayo y octubre.⁵

Grafica 3. Valores de temperatura y precipitaciones, Fuente IDEAM (2016)



7.2.1.3 Humedad relativa

La Humedad Relativa está relacionada con los períodos secos y húmedos; los promedios más altos de humedad relativa ocurren en las épocas más lluviosas y en la parte alta de la subcuenca, en tanto que en la parte media y baja estos disminuyen

⁵ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. Sistema de Información Ambiental.

La humedad relativa está influenciada por los vientos secos que se desplazan desde la Guajira, a lo largo del corredor que forma la serranía del Perijá, con la vertiente oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta.

La humedad relativa media mensual es de 67%, con un mínimo medio de 50% y máximo de 83%, en marzo y octubre respectivamente. Los valores más bajos de humedad relativa, se presentan en los meses de enero, febrero y marzo, y los más altos en mayo y junio en el primer semestre y septiembre, octubre y noviembre en el segundo semestre, coincidiendo con las épocas de sequía o verano y lluvia o invierno respectivamente. Durante los meses secos o de baja humedad relativa, se presentan fuertes vientos en forma permanente, aumentando los procesos de evapotranspiración.

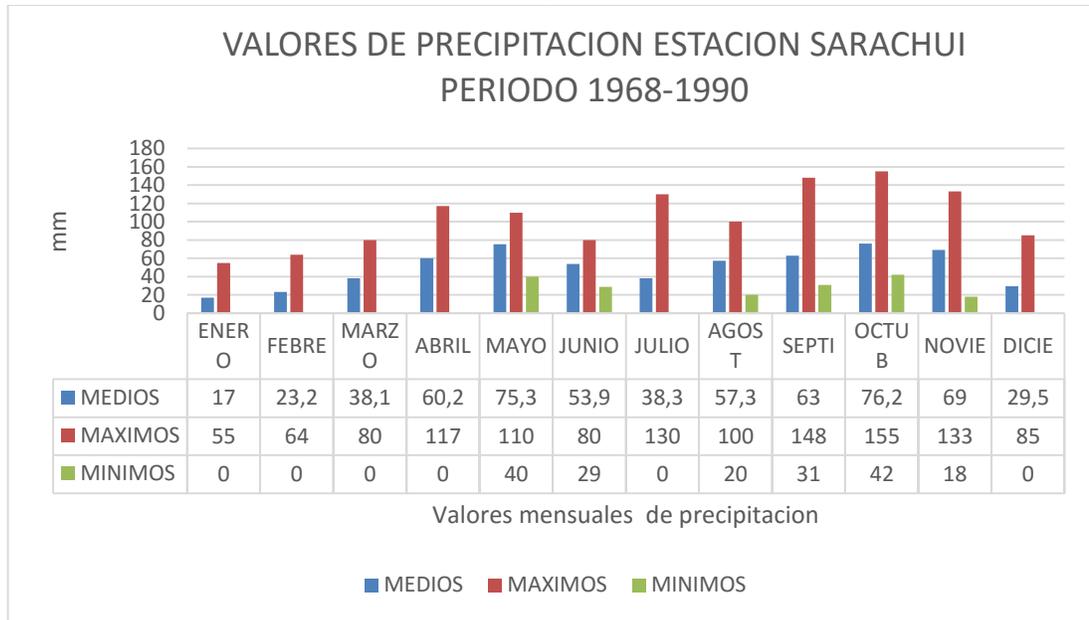
7.2.1.4 Régimen de Lluvias

Basados en los registro históricos de INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES-IDEAM, los valores máximos mensuales de precipitación (mms) desde el año 1968 hasta 1990 , la estación Sarachui, que se encuentra a una elevación de 1560 m.s.n.m, en la corriente de Guatapurí. Generalmente las mayores precipitaciones se presentan en el mes de octubre con una media 76.2mm y unos máximos de 155 mm. Los meses con donde más lluvias se presentan son los comprendidos entre abril-mayo, seguido de un periodo más intenso en los meses de Septiembre-Octubre, demostrando que el régimen de lluvias para esa zona tiene un comportamiento bimodal.

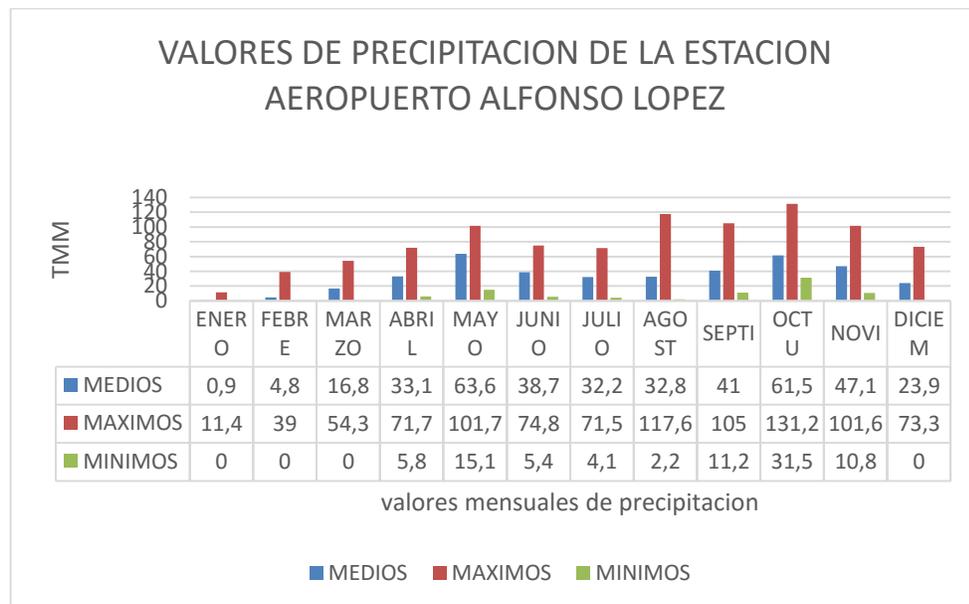
En Julio el comportamiento de los valores se disminuyen en comparación a los del segundo periodo de lluvias, Además de la temporada de lluvias, se presenta temporadas de sequias en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo con unos valores de precipitación mínimos de 0mm y unos máximos de 55mm, 64mm, 80mm respectivamente. Tal como lo demuestra la gráfica 4.

Se tomaron además los valores de precipitación de la Estación Aeropuerto Alfonso López (Anexo 1) (Grafico 5), ubicada en la parte baja de la zona de estudio y de gran pertinencia pues se encuentra activa y corrobora el régimen de lluvias de comportamiento bimodal como lo señala la estación Sarachui. En este sentido , los meses de abril con un máximo de 71,7mm y mayo con un 101,7 representan el primer periodo de lluvias seguido por el segundo periodo de lluvias Agosto-Noviembre, a diferencia de la estación de Sarachui, los máximos alcanzan valores de 117.6mm, 105mm, 131,2mm 101,6 consecutivamente. Además ratifica que los meses d comprendido de diciembre-marzo, tiene mínimos de 0,0mm siendo estos periodos secos en comparación a los demás meses.

Grafica 4. Valores mínimos, máximos y medios mensuales de precipitación estación Sarachui. FUENTE: Elaboración propia con datos del ideam (2016).



Grafica 5. Valores mínimos, máximos y medios mensuales de precipitación Estación Aeropuerto Alfonso López. FUENTE: Elaboración propia con datos del ideam (2016)



8 MARCO GEOLOGICO

8.3.1 Geología Regional

Para efectuar el presente trabajo se ha tomado como base el estudio sobre la geología de la Sierra Nevada de Santa Marta efectuada por Tschanz⁶. La geología es un factor muy importante a la hora de evaluar la amenaza de la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

El macizo está constituido en más de un 50% por rocas intrusivas y por rocas volcánicas y metamórficas, las rocas sedimentarias son relativamente escasas y ocupan parte de los sectores NE Y SE del macizo. Las rocas más antiguas son granulitas de edad precámbrica, con edades radiométricas de 1400 m.a⁷

Según Tschanz⁸ el basamento precámbrico de la Sierra Nevada de Santa Marta corresponde a un fragmento del sector NW del escudo de la Guayana, desgarrado posiblemente durante el precámbrico superior, sin embargo Irving E reporta una muestra de neis cuarzo-pertítico, de las facies granulita, ubicado en la quebrada Los Mangos al NW de Valledupar. Con edad radiométrica de 752 m.a., que corresponde al Precámbrico Superior.⁹

Tabla 3. Columna estratigráfica generalizada. Fuente. Arias A., Morales C. 1999, Mapa geológico generalizado del departamento del Cesar

Región	Edad		Unidad geológica - depósitos	Símbolo	Descripción
	ERA	Periodo			
SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA	Cenozoico	Cuaternario	Aluviones recientes	Qal	Bloques, cantos, gravas, arenas, limos, arcillas y calizas.
			Llanuras aluviales	Qlla	Arenas, limos, arcillas y gravas.
			Morrenas	Qm	
			Terrazas	Qt	Bloques, cantos, gravas y arenas en matiz arcillolimoso.

⁶ TOUSSAINT, Jean – François. EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE COLOMBIA. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 1993, 1996, 1999, Pág. 3, 10, 12. 16.

⁷ BUSTAMANTE, Camilo. METAMORFISMO DE LOS ESQUISTOS VERDES Y ANFIBOLITAS PERTENECIENTES A LOS ESQUISTOS DE SANTA MARTA, SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA (COLOMBIA): ¿REGISTRO DE LA COLISIÓN ENTRE EL ARCO CARIBE Y LA MARGEN SURAMERICANA? En: Revista Boletín Ciencias de la Tierra. No. 25 (2009). [Consultado 1 de julio 2016]. Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/10858/11335>.

⁸ *Ibid.*, p. 24, 28, 29

⁹ *Ibid.*, p. 34, 41

Mesozoico	Paleógeno	Abanicos aluviales	Qcal	Bloques y cantos en matriz arenosa.	
		Lacolito de Atanques	Ela	Pórfido de grano muy grueso, con fenocristales de plagioclasas mayores de 4 cm.	
	Jurásico	Cretácico	Pórfidos	Kp	Granitos o sus equivalentes riolíticos con fenocristales de plagioclasa, biotita y cuarzo.
		Volcánico riolítico	JKvr	Vitrófiro de color negro, riodactica y riolita.	
		Volcánico ignimbrítico	Jvi	Ignimbríticas y brechas.	
		Granitoides de la sierra nevada de santa marta	Jgr	Cuarzomonzonita color rosado de grano medio a grueso de plagioclasa, feldespato potásico y cuarzo y granito	
	Triásico	Batolito de Atanques	Ja	Cuarzodiorita de grano grueso de plagioclasa, cuarzo, sericita y hornblenda.	
		Espilitas	Ts	Rocas de apariencia basáltica, color gris pardo.	
		Pórfidos keratófídeos verdes	Tp	Andesita con fenocristales de epidota verde clara y plagioclasas.	
		Formación guatapurí	Tg	Basaltos porfíricos, andesíticos, amigdaloides, andesitas porfíricas, y al tope limolitas, arenitas, feldespáticas y grauvacas.	
		Formaciones corual - los indios	Tpc	Formación Corual. Rocas basálticas afaníticas negras a grises, diabasas de grano fino a medio con intercalaciones de limolitas negras y chert. Formación Los Indios. Conglomerado basal, lutitas y al tope calizas.	
	Paleozoico	Paleozoico	Secuencia cuchilla carbonal	Dc	Cher, lutitas verdes y negras, cuarzoarenitas duras con delgadas intercalaciones de lutitas rojas.

		Precámbrico	Granulita de los mangos y neis de los muchachitos	PEm	Neises bandeados gris oscuro, intruidos por diques graníticos y diabásicos. Neis bandeado con metamorfismo retrógrado; esquistos y filitas catacásticas.
--	--	-------------	---	------------	--

Durante las orogenias ocurridas entre el Pérmico?- Triásico, Jurásico medio Cretáceo superior y Terciario medio a superior, se originaron una serie de eventos magmáticos dando origen al emplazamiento de intrusivos tales como los Batolitos Central, Aracataca, Bolívar, Atánquez , Pueblo Bello, Patillal y Santa Marta.

El vulcanismo también se hace presente durante estos eventos orogénicos, dando lugar a espesos depósitos de espilitas e ignimbritas, a la Riodacita de los Tábanos y la Riolita del Golero, entre otros. Finalmente durante el Paleoceno al Mioceno Inferior el macizo fue afectado por fallamiento transcurrente, con un levantamiento final durante el Terciario superior y comienzos del Cuaternario. El cerro Dunarúa y sus alrededores, ubicado al N de Valledupar, la cual forma parte de las cuenca de los ríos Guatapurí y Badillo, donde afloran rocas metamórficas, ígneas intrusivas y sedimentos no consolidados cuyas edades varían desde el Precámbrico hasta el Reciente.

8.3.2. Unidades litológicas Cerro Dunarúa y sus alrededores

El marco geológico regional de Guatapurí, está conformado por la granulita los mangos y el batolito de Atánquez, además de depósitos no consolidados, agrupados en terrazas formadas por el río Guatapurí, coluviones y aluviones. (Figura 2).

8.3.2.1 “Granulita de Los Mangos” (P_{Em})

Descrito por Tschanz¹⁰ Recibe su nombre por la exposición por el río Los Mangos, al noroeste de Valledupar, es un conjunto de rocas metamórficas bandeadas que se halla ampliamente distribuido en toda la Sierra Nevada de Santa Marta, de colores grises oscuros en los niveles máficos a ultramáficos y de colores claros en rocas de composición intermedia. Esta unidad es dividida por Tschanz¹¹ de acuerdo con sus características petrográficas en los siguientes grupos de granulitas: (1) cuarzo perfiticas, (2) de composición intermedia, (3) máficas, (4) calcáreas, (5) ultramáficas y (6) ricas en granate. El Cinturón central de granulitas que constituye

¹⁰ . COLMENARES, Fabio. Geología de las planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 y 40. Proyecto “Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta”. Bogotá D.C., octubre de 2007. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. INGEOMINAS. Pág. 70-87.

¹¹ Ibid., p. 170-174

la zona topográficamente más alta de la SNSM, fraccionada por intrusiones Jurásicas del Batolito de Bolívar (Jb) y por la facies cuarzo monzonita del Batolito de Pueblo Bello y Patillal (Jbbp-cm).

8.3.2.2 Batolito de Atánquez (Ja)

Tschanz¹² Describe a un cuerpo ígneo plutónico de composición ácida a intermedia; con un enfriamiento relativamente lento y orientación NW – SW que aflora en Atánquez (Corregimiento de Valledupar), y entre las poblaciones de Patillal al este y Chemesquemena y Guatapurí al oeste, en las cuencas de los ríos Candela, Badillo y parte alta del Guatapurí; corresponde a un Plutón orientado NW – SE. Esta unidad se encuentra en diferentes tipos de contacto con las otras unidades; con el Batolito de Patillal el contacto es gradacional, el Lacolito de Atánquez (Ea) intruye al Batolito de Atánquez (Ja), con la “Granulita de los Mangos” (peg) el contacto es intrusivo y finalmente esta unidad es cubierta discordantemente por la “Riolita de Golero” (Jg).

8.3.2.2.3 DEPÓSITOS RECIENTES

Son los sedimentos que conforman las partes planas del departamento del Cesar, que por su composición y características se consideran de edad Cuaternaria.

8.3.2.2.3.1 Terrazas (Qt)

Al norte de Valledupar, las terrazas se encuentran en los ríos Badillo, Seco, Guatapurí y Candela, por lo menos hay tres niveles de terrazas, con espesores no mayor de 25 m y, otras de 10 a 15 m. Están conformadas por cantos y bloques angulares a subredondeados de rocas intrusivas de grano medio a grueso, embebidos en una matriz arenosa.

8.3.2.2.3.2 Depósitos de pendiente (coluviones) (Qp)

Los depósitos de pendiente están constituidos principalmente por acumulaciones de material producido por acción de la gravedad. Están compuestos generalmente por bloques subangulares a angulares dentro de materiales lodosos, arcillosos y arenosos con muy mala selección en una disposición amorfa que incluye, en ocasiones, restos de escombros. En todo el departamento se observan estos depósitos en escalas diferentes y variadas formas.

¹² Ibíd., p. 170-174

8.3.2.2.3.3 Aluviones recientes (Qal)

Aluviones recientes son depósitos que se encuentran en los valles intramontanos de los ríos mayores. En la Sierra Nevada de Santa Marta, los constituyentes son bloques, gravas, cantos, arenas, limos y, en ocasiones, arcillas. Proviene de rocas metamórficas, ígneas (intrusivas y volcánicas) y, en menor proporción, sedimentarias (limolitas y calizas). Sus componentes son subredondeados a redondeados y a veces angulares, cuando no han sido transportados por grandes distancias y que son más bien aportes súbitos de deslizamientos locales.

8.3.3 Descripciones Litológicas en la zona de estudio¹³

8.3.3.1 Terrazas aluviales (Qt)

Estos depósitos están ubicados a lo largo de las orillas del cauce del río Guatapurí. Allí se han logrado diferenciar tres niveles de terrazas. Allí se han logrado diferenciar tres niveles de terrazas: un nivel Qta, correspondiente al más alto, un nivel intermedio o nivel Qtm y un nivel bajo Qtb, los límites o contactos entre estos niveles son netos, mediante escarpes cuya altura fluctúa entre 3 y 10 m.

La granulometría es homogénea en los tres niveles y está constituida por bloques hasta de 3m de diámetro, guijos y gravas redondeadas dentro de matriz predominante arenosa la cual varía entre un 15 a 40%. Los bloques y gravas son de granodiorita, neis, rocas volcánicas y granulitas, el tamaño predominante de material grueso fluctúa entre 0.5 m y 1.0 m; la porosidad y permeabilidad estimada de estos niveles es relativamente alta

8.3.3.2 Conos de deyección (Qd)

Este tipo de depósitos es frecuente observarlo hacia el norte del caserío de Guatapurí especialmente sobre la margen derecha del río del mismo nombre en sectores donde desembocan los principales arroyos; son cuerpos que se caracterizan por presentar forma de cono o abanico con una pendiente topográfica entre 6 y 10. El contacto con los depósitos de terrazas está dado por un ligero cambio de pendiente. Son depósitos conformados por bloques subangulares con poca matriz, permeables y porosos.

¹³ GARCIA, Jesús. Estudio Geotécnico del Cerro Dunarúa y la Región de los Cominos de Valerio. Bogotá. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES GEOLOGICO-MINERAS

8.3.3.3 coluviones (Qcol)

Los depósitos importantes de este tipo están ubicados en las cabeceras del arroyo Poton; parte media del mismo arroyo y ubicadas aguas debajo de la confluencia del arroyo Dungacare; margen derecha del río Guatapurí a unos 1200 m aguas arriba del caserío del mismo nombre, igualmente hacia el flanco N del Cerro Dunarúa.

Se trata de bloques y guijos angulares dentro de una matriz arenosa, que en la mayoría de los casos corresponden a antiguos deslizamientos, por lo tanto son los depósitos más inestables o potencialmente inestables dentro de esta zona.

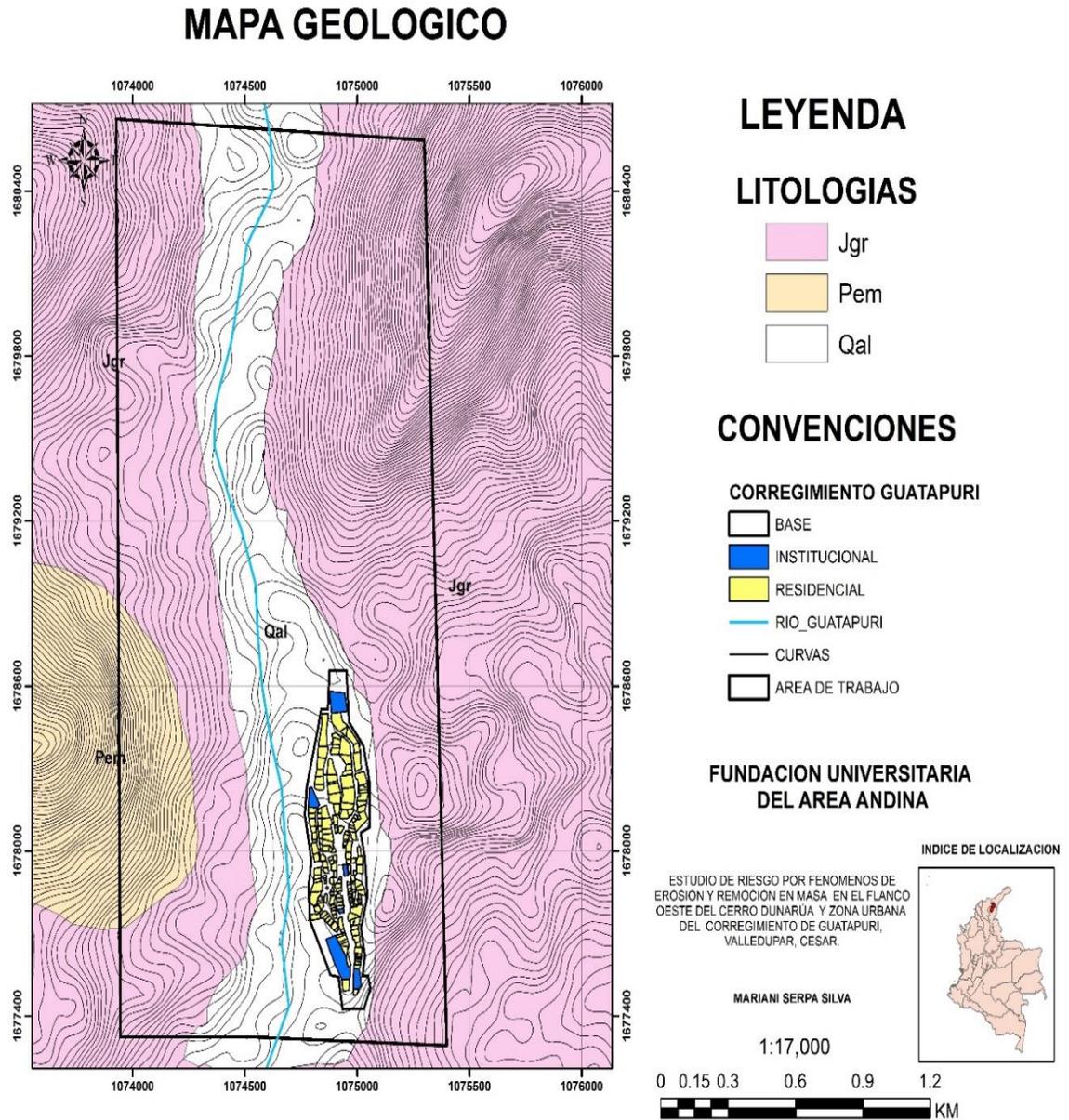
8.3.3.4 coluviones (Qcol)

Los depósitos más importantes dado su gran espesor dentro de esta zona están ubicados entre las cotas 1200 y 1500 m.s.n.m tanto en el sector de Atánquez como en ambos márgenes del río Guatapurí. Los suelos están constituidos principalmente por cuarzo, feldespatos alterados y micas; la textura.

8.3.3.5 Aluviones Recientes (Qcal)

Los depósitos más importantes de este tipo están ubicados a lo largo de los arroyos Poton, Dungacare y lechos del río Guatapurí, son de carácter torrencial y están conformados por grandes bloques.

Figura 2. Geología de la zona de estudio. Fuente: elaboración del autor.

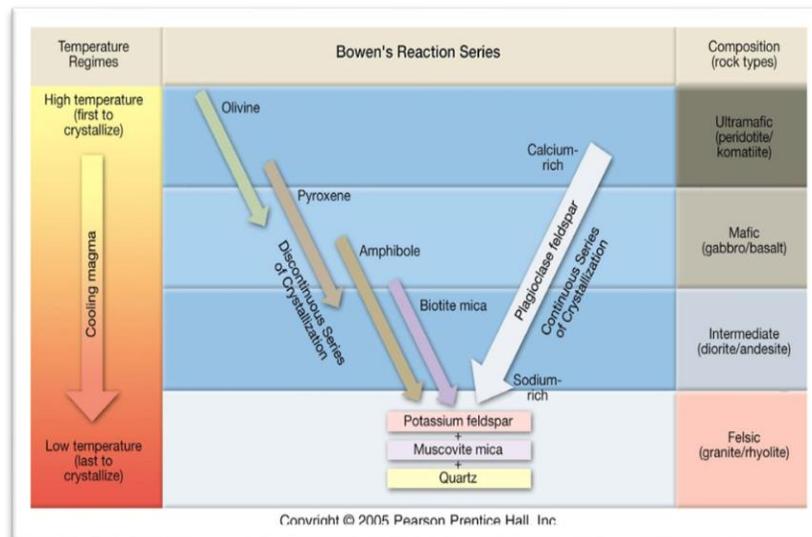


8.3.3.6 METEORIZACION DE LA ROCA

La meteorización o interperismo en geología, según Monkhouse¹⁴ es el proceso de desintegración física y química de los materiales sólidos en o cerca de la superficie de la Tierra, bajo la acción de los agentes atmosféricos.

La meteorización se relaciona con los minerales, y eso porque poseen ciertas características que los convierten resistentes al proceso de alteración. Por eso la serie de meteorización de Goldich (Selby, 1993)¹⁵ recibe tanta importancia y es el equivalente de la serie de Bowen (Figura 3),

Figura 3. Serie de cristalización de los minerales de Bowen.



que nos permite determinar la resistencia de las minerales que conforman las rocas de la zona de estudio. Los diferentes silicatos que constituyen las rocas ígneas cristalizan en un orden determinado, que está condicionado por la temperatura.

De acuerdo con Rodríguez C. E¹⁶ esta serie determina la susceptibilidad a la meteorización de minerales silicatos y se fundamenta en el concepto de que los

¹⁴ Monkhouse, F. J. (1960). Physical Geography. New York: John Wiley & Sons. Citado por: AGUDELO, David. En: Influencia de los procesos de meteorización en la estructura del suelo y la estabilidad de taludes. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, 2012. p. 26

¹⁵ Selby, M. J. (1993). Hillslope Materials and Processes. Oxford: Oxford University Press, U.S.A.; Edition: 2nd Revised edition. Citado por: AGUDELO, David. En: Influencia de los procesos de meteorización en la estructura del suelo y la estabilidad de taludes. Pontificia universidad javeriana. Bogotá, 2012. p. 26

¹⁶ Rodríguez, C. E. (2012). Análisis Geotécnico de Taludes. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Citado por: AGUDELO, David. En: Influencia de los procesos de meteorización en la estructura del suelo y la estabilidad de taludes. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, 2012. p. 26

minerales formados a mayor temperatura y presión son menos estables frente a agentes de meteorización, por lo que el orden es similar al que da la serie de cristalización de Bowen.

Los minerales de mayor energía de formación son los que se forman a una mayor temperatura, de este modo, cuando la formación es de una menor temperatura, la temperatura es menor.

La meteorización de los materiales es muy fuerte, caracterizándose por la descomposición rápida de feldespatos y minerales ferromagnesianos, Para Gidigasú¹⁷ la concentración de óxidos de hierro y aluminio permanece y la remoción de Sílice y de las bases Na₂O - K₂O- CaO y MgO desaparece.

Tabla 4. Serie de Polynov.

Cl	SO ₄	Ca	Na	Mg	K	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
1000	570	30	24	13	12	2	0,4	0,2

Los feldespatos se meteorizan inicialmente a Caolinita, Óxidos de Hierro y Óxidos de Aluminio y los compuestos más resistentes como las partículas de mica y cuarzo permanecen, todo esto en concordancia con la estabilidad de los iones (ver Tabla 4).

El crecimiento cristalino, que es uno de los mecanismos de meteorización, puede liberar energía de esfuerzos que conducen a la ruptura de la masa de roca. Este proceso ocurre a temperaturas normales de la superficie terrestre, por lo que a temperaturas normales de la superficie terrestre. La formación de nuevos minerales y el debilitamiento general del material, puede conducir al colapso por el peso propio de los materiales, según Suárez¹⁸.

La meteorización es un proceso estático por el cual la roca se rompe en pequeños fragmentos, se disuelve, se descompone, se forman nuevos minerales, obteniendo

¹⁷ Gidigasú, M. D. (1972). Mode of formation and geotechnical characteristics of laterite materials of Ghana in relation to soil forming factors. Ámsterdam: Engineering geology. . Citado por: AGUDELO, David. En: Influencia de los procesos de meteorización en la estructura del suelo y la estabilidad de taludes. Pontificia universidad javeriana. Bogotá, 2012. p. 26

¹⁸ Suárez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Citado por: AGUDELO, David. En: Influencia de los procesos de meteorización en la estructura del suelo y la estabilidad de taludes. Pontificia universidad javeriana. Bogotá, 2012. p. 27

así la remoción y el transporte de detritus en la etapa siguiente que vendría a ser la erosión. La meteorización entonces, al reducir la consistencia de las masas pétreas, abre el camino a la erosión y además a la creación del suelo.

En ambientes tropicales como lo describe Suárez.¹⁹, tal como la Sierra Nevada de Santa Marta, donde se encuentra la zona de estudio, donde la temperatura es cambiante, y las lluvias continuas y abundantes, las rocas sufren una alta susceptibilidad y la meteorización química está en función de estos factores, de la composición mineralógica y la textura así como la frecuencia de fracturas, el tamaño del grano y el aumento de la porosidad, por consiguiente incrementa la permeabilidad.

La estabilidad relativa según la formación mineralogía de la roca, el tipo de roca y su meteorización está ligado al mineral y la estabilidad de este.

Tabla 5. Clasificación general de ingeniería de los diversos materiales litológicos.

FUENTE: Elaboración del autor en base de SUAREZ (1998).

<i>Tipo de material</i>	<i>Formación</i>	<i>Características</i>	<i>Detalles prioritarios</i>
Roca	Ígnea Metamórfica	Rocas formadas por cristales de minerales	Estructura geológica. Fracturas.
	Sedimentaria (debe definirse el tipo de roca en la forma más detallada posible).	Rocas formadas por granos cementados, depositados en capas.	Planos de estratificación

Y esto se debe a que cada formación geológica posee una susceptibilidad específica a los deslizamientos. Desde el punto de vista litológico, Abramson²⁰ dice que los materiales se clasifican de acuerdo a su génesis o formación diferenciándose dos grupos de materiales diversos que son: la roca y el suelo. Para ello se estudiaron las litologías de la zona, las características de sus discontinuidades y a su vez la interacción de las propiedades y discontinuidades dentro del conjunto.

¹⁹ Suárez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Capítulo 5.

²⁰ Abramson L.W. (1996) "Engineering geology Principles". Slope stability and stabilization methods. Wileyinterscience, pp. 60-106. Citado por: SUAREZ, Jaime. En: Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 1998. p. 15

Tabla 6. Estabilidad relativa según la formación mineralógica de la roca. FUENTE:
Elaboración propia a partir de AGUDELO (2012)

ESTABILIDAD RELATIVA SEGÚN LA FORMACIÓN MINERALÓGICA DE LA ROCA (HUNT, 2007)²¹			
Grupo	Mineral	Estabilidad Relativa	Tipo de Roca
Silicatos	Feldespatos Ortoclasa (hidróxido de potasio)	Mayor presencia de estabilidad.	<p>Granodiorita ((Cuarzo (36% de la roca), Plagioclasas (46%) y Feldespato potásico (18%)) Piroxenos y algunos anfíboles como la Hornblenda y la moscovita.</p> <p>Andesita (Plagioclasas (89%), cuarzo (5%) y feldespato (6%) como minerales accesorios y oscuros como el Piroxeno (Augita) y la Hornblenda, Biotita de color oscuro y de Pirita de color dorado.</p> <p>Monzogranito</p> <p>Basalto (Plagioclasas (95%) principalmente como mineral esencial y algo de feldespato (5%), piroxeno (1%) y algo de hornblenda (1%)</p>
	Plagioclasas (cal sodada) Micas	Se meteoriza a caolinita.	
	Moscovita (mica blanca)	Meteoriza en illita.	
	Biotita (mica oscura)	Fácilmente altera a vermiculita, aparición de betas de hierro	
	Anfíboles (hornoblendas)	Persiste	
	Piroxenos (augita)	Menos presencia de hornblenda. Se descompone en montmorillonita.	
	Olivino	Se descompone fácilmente a montmorillonita.	

Las rocas ígneas intrusivas poseen generalmente, una microestructura desordenada e isotrópica con uniones muy fuertes entre los cristales, en su estado intacto. Generalmente, son rocas muy duras y densas, y en su estado natural inalterado poseen una resistencia al cortante muy alta, sin embargo, al fracturarse y meteorizarse pueden ser blandas y débiles.

²¹ Hunt, R. (2007). Characteristics of geologic materials and formations a field guide for geotechnical engineers. Boca Ratón: C.R.C Press. Citado por: AGUDELO, David. En: Influencia de los procesos de meteorización en la estructura del suelo y la estabilidad de taludes. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, 2012. p. 29

El comportamiento de las rocas ígneas sanas o no meteorizadas en los taludes es controlado por su estructura, conformada por las juntas o diaclasas, fallas y zonas de corte, las cuales actúan como superficies de debilidad.

Las rocas Ígneas extrusivas, son producto de la cristalización de los materiales expulsados por los volcanes. Las propiedades ingenieriles de las rocas volcánicas dependen del grado de solidificación y de acuerdo a ésta presentan una variedad de resistencias y permeabilidades. El principal problema de las rocas volcánicas es su fácil desintegración al secarse y humedecerse y la presencia de arcillas activas como la Montmorillonita como subproducto del proceso de meteorización.

8.3.3.6.1 Granodiorita

Roca fanerítica de composición intermedia con un contenido de cuarzo (36% de la roca), plagioclasas (46%) y feldespato potásico (18%). Las plagioclasas se hayan normalmente blanca y las ortoclasas del feldespato potásico, a menudo teñidas. En muestra de mano el feldespato potásico y la plagioclasa no se alcanzan a distinguirse completamente, con lo que no se podría asegurar de qué tipo de granitoide se trata. Por esta razón, el criterio principal que se ha usado para diferenciarlo de otras rocas parecidas es el índice de color. En ciertas partes de la roca se observa las plagioclasas alteradas a calcita, la cual se reconoce superficialmente como un polvillo blanco que tiñe la yema de los dedos. Su principal mineral máfico corresponde a la biotita de color oscuro, así mismo se encuentran otros minerales accesorios de piroxenos y algunos anfíboles como la hornblenda y la moscovita. Presenta un índice de color general para los minerales máficos de 12%.

Es una roca ígnea plutónica de color gris claro a blanco, granulada y sin orientación preferencial, con una matriz de grano fino a medio en la que se pueden observar sus minerales primarios a simple vista. Presenta una distribución de tamaño de cristales equigranular hipidiomorfa. En muestra de mano la roca se presenta débilmente meteorizada y aún se muestra sana y en buen estado y solo se aprecia meteorización penetrativa con caras descolorizadas y oxidadas, sin embargo las zonas más superficiales de la muestra se observan mayormente meteorizada en la cual el intemperismo ha erosionado gran parte de la matriz y ha dejado expuesto cristales más resistentes y granulados de cuarzo de mediano tamaño y poco espaciados entre sí.

Figura 4. Muestra de mano de roca Granodiorita. Fuente: El autor



8.3.3.6.2 Andesita

Figura 5. Muestra de mano de roca Andesita. Fuente: El autor



Es una roca de composición intermedia y un grado de cristalinidad holocristalino. Su composición principal comprende plagioclasas con cristales subangulares (89%), cuarzo (5%) y feldespato (6%) como minerales leucocráticos. Presenta un índice de color del 8% con minerales accesorios y oscuros como el piroxeno (Augita) y la hornblenda, con sus hábitos prismáticos (o en pequeñas agujas) y tabular respectivamente, así como pequeños cristales de biotita de color oscuro y de Pirita de color dorado y en menor proporción. Como mineral secundario se observan coloraciones verdes de clorita en una de sus caras superficiales, producto de la alteración de los minerales ferromagnesianos presentes.

Roca volcánica, básica y densa de apariencia masiva de color gris medio hasta verdoso con textura y distribución de tamaños porfídica. Las plagioclasas son el mineral que más resalta por su tamaño con cristales desde mediano a pequeños, los cuales pueden ser observados a simple vista; mientras que su matriz se compone de minerales finos y poco de vidrio. En muestra de mano la roca se presenta débilmente meteorizada y aún se muestra sana y en buen estado y solo se aprecia meteorización penetrativa en sus discontinuidades donde se presenta descolorada con un tono amarillento. Sin embargo se observa un insipiente hábito dendrítico de pirolusita en su parte más superficial y pequeñas coloraciones rojas y naranjas producto de la oxidación de sus minerales ferrosos.

8.3.3.6.3 Cuarzosienita

La roca se clasifica como una Cuarzosienita, roca ígnea plutónica de composición ácida, con grado de cristalinidad holocristalina, presenta una distribución entre sus granos equigranular con tamaños de cristales reconocidos a simple vista (faneríticas) que oscilan de 2 a 5 mm. Adicionalmente presentan minerales accesorios de óxidos de hierro, debido a la meteorización de cristales intrínsecos en las rocas como los FeMg.

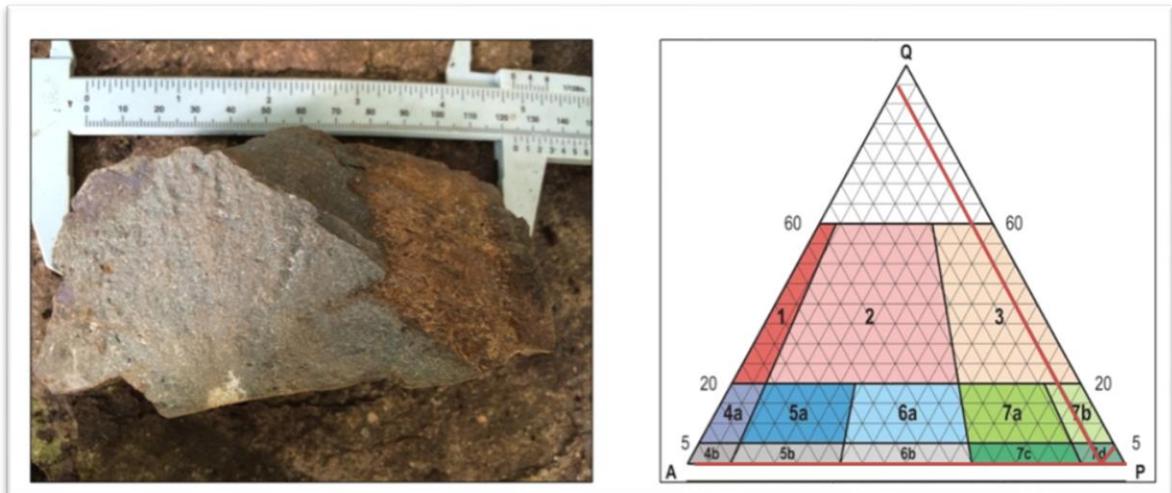
Figura 6. Muestra de mano de roca Cuarzosienita. Fuente: El autor



8.3.3.6.4 BASALTO

El Basalto se describe como una roca afanítica holohiliana de grano muy fino donde la meteorización solo se produce exteriormente y dentro de las pequeñas fracturas en forma penetrativa, con coloraciones amarillenta a café claro, en muestra de mano se aprecia bien conservada sin decoloraciones y apariencia mate a matriz rocosa presenta una coloración verde con distribución de tamaño inequigranular unimodal. Mineralógicamente la roca se compone de plagioclasas (95%) principalmente como mineral esencial y algo de feldespato (5%) y con índice de color del 7% donde se encuentra olivino (5%), piroxeno (1%) y algo de hornblenda(1%) como minerales accesorios. De acuerdo con (Streckeinsen, 1976) la roca se clasificó como *Basalto Calcoalcalino* de magma generalmente proveniente de zonas de subducción

Figura 7. Muestra de mano de roca Basalto. Fuente: El autor.



8.4 MORFOMETRIA

La morfometría es la suma de procedimientos, técnicas y métodos, utilizados para conocer los atributos que configuran el relieve, basándose en ellos para conocer las relaciones espaciales que forman el terreno. (Pedraza Gilsanz, 1996)²²

Antes de hacer el estudio geomorfológico, se debe tener en cuenta la inclinación y altura de las laderas en la zona de estudio, para zonificar las diferentes formas del relieve, ya que constituyen un factor importante para el análisis de los procesos erosivos y de remoción en masa.

²² Universidad Nacional de San Luis. Departamento de Geología [en línea] <<http://geologia.unsl.edu.ar/materias/geomorfologia/teorias/20xx/MORFOMETRIA.pdf>> [2016].

La cuantificación de una vertiente en su máxima inclinación se define como pendiente. El mapa de inclinación de pendiente se elaboró con ArcGis, con un modelo de elevación del terreno digital que se generó a partir de curvas de nivel cada 10 metros a escala 1:10000. (Ver Figura 8, Anexo 5)

Las pendientes de la zona se caracterizan por ser principalmente de 30 a 60°, es decir, de pendientes abruptos y escarpados, en la región de Avingue se encuentra el cerro Dunarúa al noroccidente del corregimiento de Guatapurí y el cerro Bukunkusa, al este.

Pendientes Muy Bajas (0-25%)

Las pendientes con terrenos muy planos están asociados especialmente en la zona urbana del corregimiento de Guatapurí, que se encuentra en la llanura aluvial del río Guatapurí, son superficies llanas y rugosas.

Pendientes Bajas (25% - 35%)

Las geoformas que caracterizan estas pendientes son las colinas que no sobrepasan las 100 metros de alturas y que se encuentra en el este del pueblo, exactamente donde se evidencia un área con inestabilidad. Las terrazas medias y altas forman parte de este grupo. En algunos sectores del pueblo se logran observar desniveles representativos de estos tipos de pendientes.

Pendientes Medias a Altas (35-50%)

Este tipo de pendiente está asociado a formas de relieves moderadamente abrupto, en la región de interés se encuentran especialmente, hacia sur, en la vía que conduce al corregimiento de Chemesquemena, así mismo, en el norte se encuentran zonas con relieve moderados, donde se localizan espesos saprolitos de roca granodiorita.

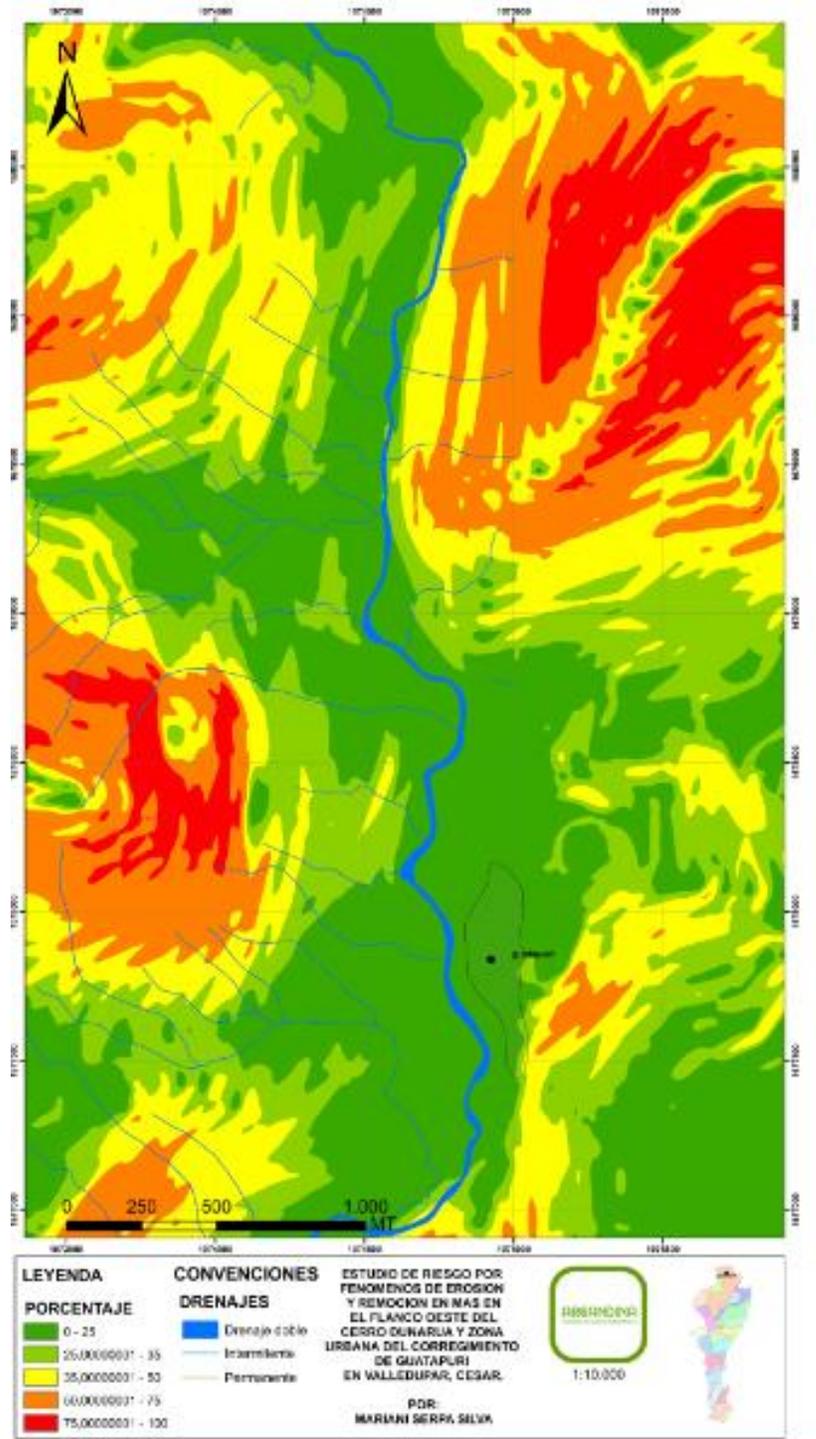
Pendientes Altas (50-75%).

Las pendientes altas son las que más predominan en la zona de estudio, y esto es una de las principales características del relieve en la región de Avingue. Las pendientes altas, se caracterizan por presentarse en forma abrupta, como el cerro Dunarúa.

Pendientes Muy Altas (75-100%)

Este rango es muy escaso en la zona de estudio, se caracteriza por ser muy escarpado y se presenta en el Cerro Bunkunkusa.

Figura 8. MAPA DE PENDIETES. Fuente: el autor



8.5 GEOMORFOLOGÍA

Etimológicamente la palabra geomorfología viene de tres raíces griegas; geos (tierra), morphs (forma) y logos (tratado), es decir, es el estudio de las formas de la superficie del relieve.

De acuerdo Van Zuidam²³ la geomorfología es el análisis del terreno, el que define como “estudio que describe las formas del terreno y los procesos que condujeron a su formación, y que además, investiga las interrelaciones de esas formas y procesos en su distribución o arreglo espacial.”

En este componente se describirá la geomorfología y se caracterizan las geoformas de acuerdo a sus características y su origen de formación y modelado, como también la inclinación de las laderas, los que se tendrán en cuenta para tener un conocimiento acerca de los procesos erosivos y de remoción en masa que afectan la zona.

Las distintas geoformas de la superficie terrestre se entienden, en términos generales, como el resultado de la interacción de los procesos endógenos (internos), formadores de los rasgos principales del relieve y los procesos exógenos (externos) asociados con el desgaste del relieve primario a través del tiempo geológico y la formación de las llanuras aluviales, eólicas y marinas por los distintos modelados morfodinámicos.

Para conocer la distintas formas del paisaje se utilizó imágenes Landsat (Anexo 4) compuestas por 7 u 8 bandas espectrales, que al combinarse producen una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones y aportan elementos adicionales de juicio para las clasificación de las geoformas, especialmente en zonas planas.

Las imágenes Landsat permiten apreciar aspectos como la vegetación y sus distintos usos del suelo. El componente de sombras en estas imágenes de sinergismo también sirve para resaltar la disección del terreno y afinar las características morfológicas, ya analizadas con las imágenes elevación/pendientes pero localmente puede sugerir subdivisiones innecesarias, que solo el trabajo de campo puede resolver.

8.5.1 Ambientes Morfogenéticos Generales:

Paisajes dominados por agentes morfogenéticos de formación general. En la zona de estudio se presenta los siguientes ambientes morfogenéticos:

²³ INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Bogotá. Segunda Edición. 2005. Pág. 11.

Tabla 7. Tipos de ambientes morfogenéticos en la zona de estudio. Fuente: adaptado de la Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000

TIPOS DE AMBIENTES MORFOGENETICOS	
Ambiente Denudacional	<p>El ambiente denudacional se caracteriza por presentar procesos erosivos por acción del componente hídrico y/o gravitatorios en temporadas húmedas, provocando meteorización de los suelos y movimientos gravitatorios, como fenómenos de remoción en masa, En condiciones de clima seco la erosión se relaciona con la disección de los suelos, lo que trae como consecuencia fenómenos de erosión laminar, surcos y cárcavas, que dan como resultado terrenos eriales.²⁴</p> <p>Dentro de este ambiente, se clasifica en el su ambiente de remoción en masa, el que se caracteriza por tener laderas erosiónales con escarpes estrechos y laderas coluviales con remoción en masa más o menos activa.</p>
Ambiente Fluvial	<p>El principal agente formador de este ambiente es el agua que transporta los sedimentos a lo largo de la superficie del terreno. Los ríos son los principales agentes formadores de procesos erosivos y de acumulación lo que dan como resultado geoformas como abanicos de piedemonte, terrazas aluviales, cono torrenciales, entre otros.</p>
Ambiente Antrópico	<p>La acción del hombre en el paisaje es uno de los principales modeladores en la alteración del paisaje. Las zonas urbanas constituyen una de esas modificaciones del paisaje, generando permeabilidad del suelo urbano.</p>

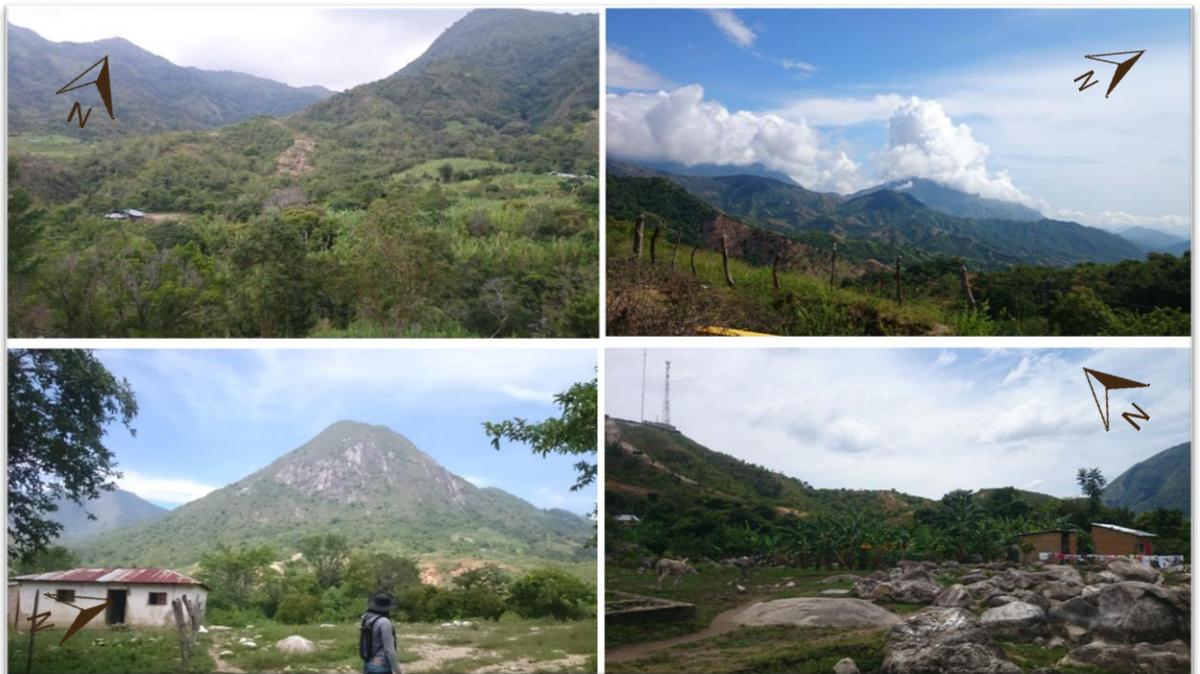
²⁴ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Subdirección de ecosistemas e información ambiental. Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000. Bogotá. 2013. Pág. 21.

8.5.1.1 Geoformas de Ambiente Denudacional

La sedimentación coluvial que arrastra a lo largo de las zonas montañosas y se deposita en el lecho del río Guatapurí, que están constituidos por gravas angulosas a subangulosas distribuidas de forma irregular, sin selección ni distribución aparente, además presenta poca consolidación. Hace que en algunos sectores presente inestabilidad en las laderas, producto de las acumulaciones de diversos materiales (granodioritas y cuarzosienita), englobados en una matriz arenosa, que se distribuye en las vertientes de las montañas, originadas por la alteración de rocas ígneas en lo alto del cerro y la acción de la gravedad en Dunarúa que se encuentra aproximadamente a 1km en sentido noreste del corregimiento de Guatapurí. La geomorfología, presenta alturas de 1200 a 3700 msnm.

8.5.1.1.1 Montañas denudativas en Rocas Ígneas

Figura 9. Montañas y colinas con procesos denudativos. Fuente: elaboración del autor.



Las montañas denudativas son originadas por procesos naturales de la corteza terrestre, en la zona los procesos erosionables por agentes atmosféricos como la lluvia y el aire, provoca la continua remoción de las capas superiores del suelo, (los deslizamientos son parte de estos procesos denudativos) y el transporte de las aguas de escorrentías, por cárcavas y sistemas drenajes hacia depósitos transitorios o permanentes, como los depósitos coluviales.

En la región noroeste de la cuenca del río Guatapurí encontramos áreas de montañas y colinas con alturas que van desde los 2000 y 3600 msnm, con pendientes onduladas, fuertemente quebradas y escarpadas, largas y rectilíneas, con domos agudos; constituidos por rocas ígneas tipo granodioritas, asociadas con rocas metamórficas tipo gneis granítico. En algunos sectores las pendientes son cortas e irregulares, con domos redondeados. Entre la cota 1500 Y 1900 m.s.n.m, las montañas se caracterizan por presentar formas cónicas con drenaje dendrítico, característicos de este tipo de montañas, con pendientes muy pronunciadas mayores de 60° y fuertes desniveles, en algunos puntos presentan cicatrices de antiguos deslizamientos y el terraceo hace que esta problemática se agudice con factores como la lluvia, generando inestabilidad en los suelos desprotegido de cobertura vegetal.

Figura 10. a) Procesos erosivos en colinas b), c), d) cárcavas de socavación generados por la lluvia. Fuente: elaboración del autor.



En las partes bajas de las laderas se encuentran depósitos coluviales. En la zona urbana, exactamente en el corregimiento de Guatapurí, se evidencia el socavamiento de las laderas, donde la erosión en surco ha provocados profundos canales a lo largo de las pendientes.

8.5.1.1.2 Colinas denudativas en Rocas Ígneas

La colina por lo general no sobrepasan los 100 metros de altura, desde la base hasta la cima. En la región se localiza a los alrededores del centro poblado Guatapurí, se distribuyen altitudinalmente entre los 1200 y 1500 msnm. (Clima templado). Se localizan en los alrededores del poblado de Guatapurí. Con drenaje dendrítico denso y topografía ondulada a ligeramente escarpada entre 20 y 60, con abundante carcavamiento y fenómenos de remoción en masa; suelos residuales y coluviones muy espesos.

Figura 11. Colinas denudativas con drenaje dendrítico denso y topografía ondulada.

Fuente: elaboración del autor.



8.2.5.2 Geformas de las zonas planas modeladas por sedimentación aluvial o fluvial.

8.2.5.2.1 Valles aluviales (VFc)

Los valles aluviales son una llanura entre montañas o alturas, una depresión de la superficie terrestre entre dos vertientes, con forma inclinada y alargada, que conforma una cuenca hidrográfica en cuyo fondo se aloja un curso fluvial.²⁵ El centro

²⁵ Universidad del Cauca. PARTE I GEOMORFOLOGIA FLUVIAL [en línea] < http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/t_geomorfoлогия.pdf > [2016].

poblado se encuentra en el valle aluvial del río Guatapurí, en la cuenca alta del mismo río. Que se ha ido formando por la sedimentación de ambos lados del río, dispuestos en uno o varios planos (terrazas) cuyos escarpes y taludes siguen en dirección paralela al río. Otro tipo de aporte lateral de materiales se origina en arroyos o riachuelos.

Las formas predominantes y observables son: llanuras de inundación de materiales como arenas, cantos y gravas, una de las características principales de las llanuras de inundación, es su naturaleza cambiante y esto hace que el riesgo sea alto en temporadas de invierno. Existen además uno o dos niveles de terrazas paralelas al curso del río Guatapurí, originadas por el incisado del río.

Las terrazas fluviales se forman a partir de la acumulación de los sedimentos que se acumulan en ambos lados del cauce.

Figura 12. a) Terrazas altas y b) Niveles de terrazas paralelas al curso del río Guatapurí. Fuente: elaboración del autor.



Terrazas bajas (Qtb) Zonas no disectadas, y limitadas por escarpes.

Terrazas medias (Qtb) zonas planas ligeramente disectadas limitadas por terrazas altas y bajas mediante escarpes.

Terrazas Altas (Qta) Son zonas planas a onduladas, disectadas, limitadas con las terrazas medias mediante escarpes y con las zonas montañosas y abanicos aluviales mediante un cambio de pendiente.

Aluviones recientes (Qal) El aluvión es material detrítico transportado y depositado transitoria o permanentemente por el río.

8.6. AMBIENTES MORFODINAMICOS

El ciclo geográfico es el principal actor en el modelado del relieve, que va construyéndose o destruyéndose, o está transformación, y que se ven afectados por la gravedad, el cual actúa como un agente que equilibra las geoformas.

La morfodinámica trata de los procesos denudativos ocurridos tanto en el pasado como en el presente o aquellos que se puedan activar en el futuro²⁶. Es por ello que para entender los cambios que tiene constantemente la tierra, este aspecto toma mucha importancia, para determinar el tipo de proceso y su intensidad en la conformación de los tipos de formas que conforman el paisaje

Para el estudio desarrollado en la región de Guatapurí, los procesos morfodinámicos, toman importancia pues estos vienen modelando del relieve y adicionalmente con la existencias de procesos en la zona, mayor susceptibilidad a presentar deslizamientos.

8.6.1 Procesos erosivos

Erosión se define como la segregación, transporte y depositación de las partículas del suelo o rocas, que con ayuda del agua, como agente de acción de fuerzas, van formando un flujo que provocan la formación de canales y estos a su vez surcos y cárcavas. Generalmente estos tipos de erosión se encuentran con mayor facilidad en suelos arcillosos, o pocos consolidados suelos aluviales, desprovistos de vegetación que los proteja. Los procesos erosivos generalmente se intensifican gracias a la acción del agua, cuando caen las gotas de lluvias sobre la superficie del suelo se produce la erosión hídrica, lo que ocasiona el desprendimiento y arrastre de partículas del suelo.

La erosión por movimientos en masa ocurre en suelos y rocas en condiciones saturados por agua, que ocurren con velocidades muy lentas hasta muy rápidas. La erosión superficial del suelo (Figura 13), menos agresiva que la erosión producida movimientos en masa, es consecuencia de la acción de las gotas de lluvias y la escorrentía, que a su vez se convierte en erosión laminar, surcos o en cárcavas.

²⁶ INSTITUTO COLOMBIANO DE MINERIA Y GEOLOGIA. SERVICIO GEOLOGICO. Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica. Bogotá. Volumen II. 2004. Pág.9.

Figura 13. Erosión superficial en el Centro Poblado Guatapurí.
Fuente: elaboración del autor.



Tabla 8. Tipo de erosión según Van Ziadam. Fuente: Estudios de amenaza

TIPO	CANALES DE DRENAJE
EROSION LAMINAR (SHERT EROSION)	Ausentes
EROSION EN SURCOS (RILL EROSION)	Menores de 50 cm de profundidad
EROSION EN CARCAVAS (GULLY EROSION)	Entre 50 y 500 cm, de profundidad

Las formas de erosión se han clasificado de acuerdo a Van Ziadam²⁷, en los cuales fueron identificados en el flanco oeste del Cerro Dunarúa y el centro poblado Guatapurí.

8.6.1.1 Erosión laminar.

Resulta de la acción de la lluvia, que cae sobre los suelos que están totalmente expuestos, lo que genera el desprendimiento de las partículas del suelo y la escorrentía, su acción selectiva sobre las partículas genera “pavimentos de

²⁷ Universidad Nacional-Sede Medellín. Capítulo 1 Y 2. LA EROSION EN EL SUELO. MARCO GENERAL. [En línea]
www.unalmed.edu.co/~poboyca/.../cap%201%20y%202%20libro%20erosion.pdf > [2016]

erosión”, produciendo además la remoción de materiales de tipo arcilloso y la materia orgánica. (Figura 14)

Figura 14. Erosión laminar en la cúpulas de las montañas del Cerro Dunarúa, centro poblado Guatapurí.

Fuente: elaboración del autor.



Figura 15. Erosión laminar en la cúpulas de las montañas del Cerro Dunarúa, al este del centro poblado Guatapurí.

Fuente: elaboración del autor.



8.6.1.2 Erosión en surcos:

Este tipo de erosión se da en flujos de aguas o pequeños canales que se producen por la escorrentía y su capacidad erosiva es en función a la velocidad del agua. El desprendimiento y transporte de partículas son mayores en ésta que en la laminar. (Figura 15).

8.6.1.3 Erosión en cárcavas.

Una vez se han formado la erosión laminar y la erosión en surco y no se toman medidas protectoras para evitar el avance de la erosión, se forman las cárcavas producto del aumento de la escorrentía en volumen y velocidad.

Suárez²⁸ expone asimismo la formación de cárcavas a partir de los modelos de canal subsuperficial y de túnel de erosión. Una vez formados los surcos y cárcavas, la concentración del agua que escurre por ellos hace retroceder las entalladuras, aumentando su tamaño y longitud hacia arriba, pudiendo llegar incluso hasta la cima de las laderas, fenómeno comúnmente conocido como erosión regresiva o remontante (figura 16 Y 17).

Figura 16. Erosión concentrada y en surco en el cerro Dunarúa.

Fuente: elaboración del autor.



²⁸ Suárez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Citado por: AGUDELO, David. En: Influencia de los procesos de meteorización en la estructura del suelo y la estabilidad de taludes. Pontificia universidad javeriana. Bogotá, 2012. p. 27

Figura 17. Cárcavas de erosión en el cerro Dunarúa.

Fuente: elaboración del autor.



8.7 FENOMENOS DE REMOSION EN MASA

8.7.1 Movimientos en masa.

De acuerdo con Cruden²⁹ el término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad.

Según Penck³⁰ define (mass movement) remoción en masa a los movimientos originados con factores como la gravedad, y con ningún transporte. Para (mass transport) transporte a una masa, el agua, el aire y el hielo son los agentes que transportan el material. Otros autores como Terzaghi³¹ y Vernes³² lo definen como un desplazamiento rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos de una

²⁹ Cruden, D.M. (1991). "A simple Definition of a Landslide Bulletin of the International Association of Engineering Geology". No 43, pp 27-29. Citado por: Suárez, J. En: Deslizamientos análisis geotécnico Capítulo 1: Nomenclatura y clasificación de los movimientos. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Pág 2.

³⁰ Penck, A. (1894), Morphologie der Erdoberfläche, 2 vols., 471 and 696. Citado por: Alcántara, Irasema. En: landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts; 1999. Pag. 8

³¹ Terzaghi, K. (1950). "Mechanisms of landslides", Geol. Soc. Am. Berkeley Volume, Citado por: Alcántara, Irasema. En: landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts; 1999. Pag. 9

³² Varnes, D. J. (1958), "Landslides types and processes", in Eckel, E. B. (ed.), Landslides and Engineering Practice. Highway Res. Board Special. Citado por: Alcántara, Irasema. En: landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts; 1999. Pág. 7

ladera, baja acción de la gravedad y donde la masa se mueve hacia abajo y hacia el exterior. El segundo autor dice que el movimiento que se genera hacia debajo de los materiales formadores de las laderas puede incluir materiales naturales y artificiales.

Para Alcántara³³ la confusión en los conceptos no es más que el resultado la traducción de la literatura anglosajona e interpretación de los autores referente a este tipo de procesos ponen en contexto el uso del término landslide-deslizamiento- como sinónimo de movimientos de ladera. “Los procesos de ladera (slope processes) son igualmente denominados procesos gravitacionales (gravitational processes), procesos de remoción en masa (mass movement processes), o en un sentido general, se conocen también como deslizamientos de tierra (landslides)”³⁴

Usualmente estos procesos son consecuencias de la pérdida total de capa protectora vegetal, y su carácter masivo como masa unitaria. Cuando esto sucede, las gotas de lluvias actúan de manera directa sobre la superficie del suelo, infiltrando el subsuelo, ocasionando con ello que las partículas se separen y se disgreguen. En condiciones de trópicos, es común, que los movimientos en masa, provenga de procesos erosivos que no han sido intervenidos a tiempo.

Se debe tener en cuenta que los movimientos en masa están sujetos a los esfuerzos de corte, que reducen la resistencia del suelo a este, de acuerdo a Varnes³⁵ sumado al agua, que juega un papel fundamental, pues cuando infiltra, el terreno, los poros que conforman el suelo son llenados, y bajo presión tiende a separar las partículas individuales, incluyendo las unidades de roca, ocasionando la disminución de la fricción interna. Teniendo en cuenta lo anterior, es común que los desplazamientos, ocurran con mayor frecuencia en periodos de lluvias largas e intensas.

8.7.1.1 Clasificaciones de movimientos en masa.

La clasificación de los movimientos de ladera depende de los criterios utilizados para su diferenciación³⁶. En la actualidad la principal clasificación de movimientos en masa que es aceptada y aplicada, es aquella en la que el mecanismo de los movimientos es la principal para tenerse en cuenta. En la ciencia geotécnica se

³³ Alcántara, I. (1999). Landslides: deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Investigaciones Geográficas, Boletín del instituto de Geografía, Universidad Nacional de México. Numem 41. 2000. Pág. 9

³⁴ Varnes, D. J. (1958), "Landslides types and processes", in Eckel, E. B. (ed.), Landslides and Engineering Practice. Highway Res. Board Special. Citado por: Alcántara, Irasema. En: landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts; 1999. Pág. 7

³⁵ *Ibid.*, p. 7

³⁶ *Ibid.*, p. 7

tiene en cuenta los deslizamientos clasificados por Hutchinson³⁷ y por Varnes³⁸. Así mismo, el programa EPOCH³⁹, agrupa dos aspectos fundamentales los cuales son el tipo de movimiento (desprendimientos, vuelcos o desplomes, deslizamientos, expansiones laterales, flujos y movimientos complejos) y los materiales involucrados (rocas, detritos o derrubios y suelos), tal como se representa en la tabla 9.

Tabla 9. Clasificación de los procesos de remoción en masa. FUENTE: Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología, en EPOCH (1993) a partir de la clasificación de Varnes (1978) y Hutchinson (1988).

MECANISMO DE MOVIMIENTO	TIPO DE MATERIAL INVOLUCRADO		
	Roca (rock)	Derrubios (debris)	Suelo (soil)
Tipo			
Desprendimientos (fall)	Caída o desprendimiento de rocas (rockfall)	Caída o desprendimiento de derrubios (debris fall)	Caída o desprendimiento de suelo (soil fall)
Vuelco o desplome	Vuelco o desplome de rocas (rock topple)	Vuelco o desplome de derrubios (debris topple)	Vuelco o desplome de suelos (soil topple)
Deslizamiento rotacional simple (rotational slide)	Individual (simple) Múltiple (múltiple) Sucesivo (succesive)	Individual (simple) Múltiple (múltiple) Sucesivo (succesive)	Individual (simple) Múltiple (múltiple) Sucesivo (succesive)
Deslizamiento translacional o de bloques rotacional (translational slide, non-rotational)	Deslizamiento de roca e bloque (block slide)	Deslizamientos de derrubios en bloque (block slide)	Deslizamientos translacional de suelos (soil slide)
Deslizamiento planar	Deslizamiento de rocas (rock slide)	Deslizamiento de derrubios (debris slide)	Coladas de barro (mudslide)
Flujos (flow)	Flujos de rocas (rock flow)	Corrientes de derrubios (debris flow)	Flujos de tierra, arena o suelo (soil flow)
Expansión lateral (lateral spreading)	Expansión laterales en rocas (rock spreading)	Expansiones laterales en derrubios (debris spread)	Expansiones laterales en suelos (soil spreading)
Complejo (complex)	Ejemplo: Alud de roca (rock avalanche)	Ejemplo: Flujo de deslizante (flow slide)	Ejemplo: rotación con flujos de tierras (slump-earth flow)

³⁷ Hutchinson. J. N. (1968). "Mass movement". En Fairbridge. R. W. (ed.), Encyclopedia of Earth Sciences, Reinhold, New York, pp. 688-695. Citado por: Alcántara, Irasema. En: landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts; 1999. Pág. 12

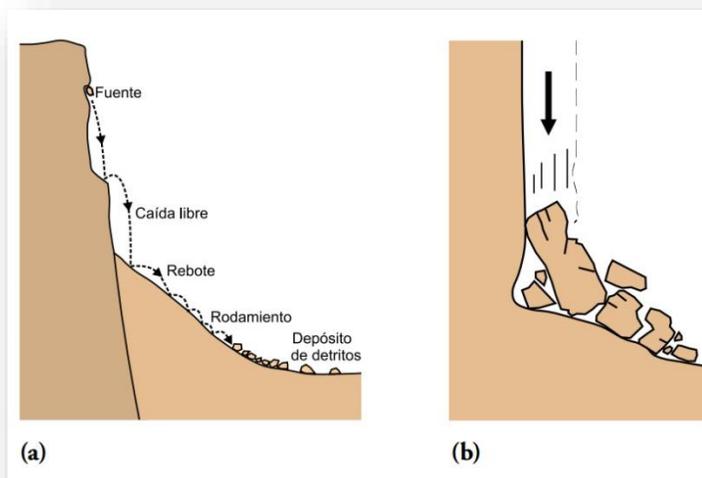
³⁸ Varnes, D. J. (1958), "Landslides types and processes", in Eckel, E. B. (ed.), Landslides and Engineering Practice. Highway Res. Board Special. Citado por: Alcántara, Irasema. En: landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts; 1999. Pág. 7

³⁹ EPOCH (European Community Programme, 1993). Temporal occurrence and forecasting of landslides In the European Community, Flageollet, J. C. (ed.), 3 volumes, Contract no 90 0025. Citado por: Alcántara, Irasema. En: landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts; 1999. Pág. 9

8.7.1.1.1 desprendimientos (fall)

Cuando varios bloques de roca o de suelo, cualquiera que sea el material que componen la ladera o la pendiente muy escarpada se desprende de ella, desplazándose principalmente por el aire en caída libre, con giro hacia al exterior generando en su trayecto golpes, rebotes y rodamiento según Varnes. El movimiento generalmente es muy rápido, de acuerdo con Cruden y Varnes⁴⁰, las velocidades de caída son mayores a 5×10^1 mm/s. Cuando caen bloques de rocas sobrepasa 100 metros/segundo, teniendo en cuenta que este tipo de movimiento no es masivo, sino que sus fragmentos, caen individualmente. Las caídas también son conocidas como desprendimientos.

Figura 18. (a) Esquema de la caída de rocas (b) Corominas y Yagué (1997) denominan a este movimiento “colapso”. FUENTE: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas.



8.7.1.1.2 vuelco o desplome

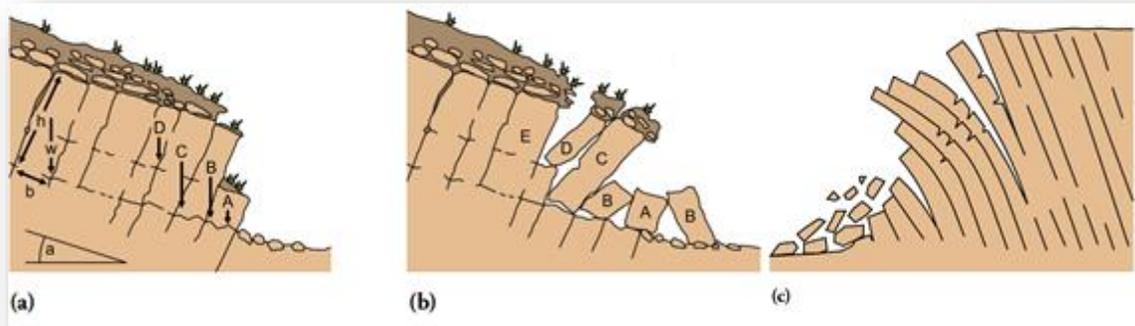
Se denomina así de acuerdo con Varnes⁴¹ a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la

⁴⁰ 41 Varnes, D. J. (1958), "Landslides types and processes", in Eckel, E. B. (ed.), Landslides and Engineering Practice. Highway Res. Board Special. Citado por: Alcántara, Irasema. En: landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts; 1999. Pág. 9

⁴¹ Ibid. p. 8

presión de fluidos en grietas. Este movimiento puede o no culminar en caída o deslizamiento, dependiendo ello de la geometría de la masa en la falla y de la orientación y extensión de las discontinuidades.

Figura 19. Esquema del vuelco en bloque (De Freitas y Waters, 1973 en Varnes, 1976). (a)(b) vuelco flexional (c) Esquema de vuelco por flexión según Corominas y Yagué (1997). FUENTE: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas



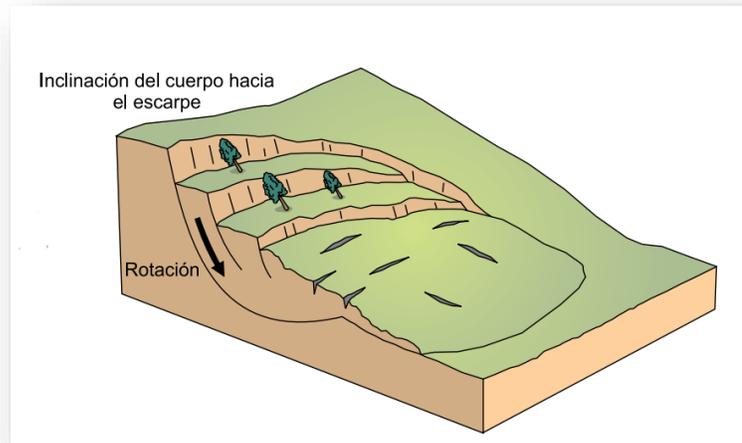
- Volcamiento bloque: controlado por una orientación específica de discontinuidades y generalmente está asociado a velocidades altas. roca relativamente competente, donde el fallamiento ocurre por pérdida de estabilidad y rotación de uno o varios bloques a partir de un punto en su base.
- Flexional (o flexural): involucra roca más frágil y densamente diaclasada; el fallamiento ocurre por el doblamiento de columnas de rocas delgadas. Los movimientos en este caso pueden ser lentos y graduales.
- Vuelco flexural del macizo rocoso: es un movimiento de una ladera a gran escala el cual involucra deformación flexural gradual de estratos densamente diaclasados, con buzamientos altos, usualmente en rocas metamórficas como esquistos o filitas.

Los deslizamientos (slides) son los movimientos de una masa que conforman las laderas, ya sea roca o suelo. Este tipo de movimientos es provocado por una superficie de falla. Estos según Varnes⁴² pueden ser

⁴² Varnes, D. J. (1958), "Landslides types and processes", in Eckel, E. B. (ed.), Landslides and Engineering Practice. Highway Res. Board Special. Citado por: Alcántara, Irasema. En: landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts; 1999. Pág. 9

8.7.1.1.3 Deslizamiento rotacional simple (rotational slide)

Figura 20. Esquema de un deslizamiento rotacional mostrando los rasgos morfológicos característicos. FUENTE: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas.

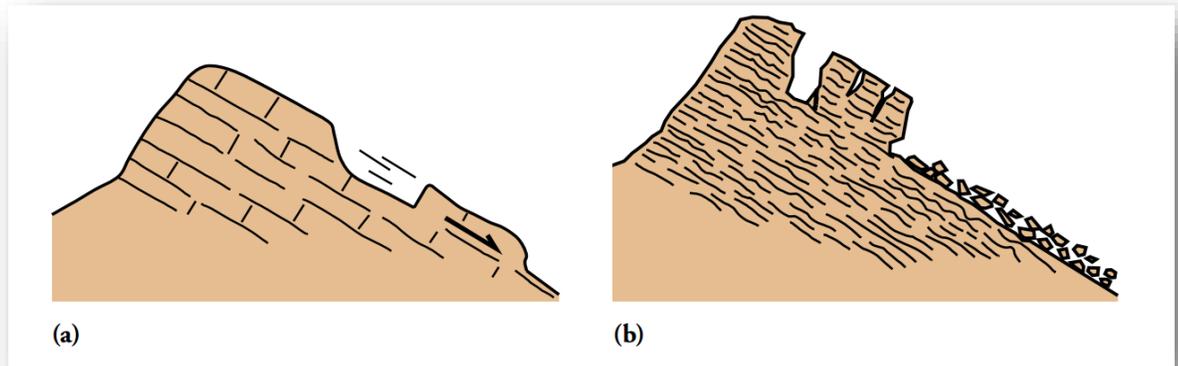


Se dan a lo largo de una superficie de rotura aproximadamente circular y cóncava, inexistente antes del desplazamiento. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y éste ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

8.7.1.1.4 Deslizamiento translacional o de bloques rotacional (translacional slide, non-rotational)

Se dan a lo largo de superficies de rotura planas o suavemente onduladas; se generan a favor de superficies preexistentes, al menos potencialmente. En el desplazamiento de traslación la masa se desliza hacia afuera o hacia abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana o ligeramente ondulada y tiene muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. En muchos desplazamientos de traslación, la masa se deforma y/o se rompe y puede convertirse en flujo, especialmente en las zonas de pendiente fuerte.

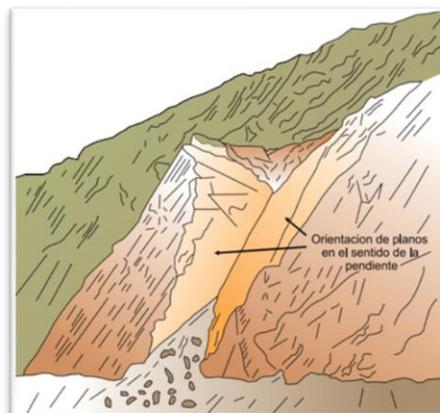
Figura 21. Esquema de un deslizamiento traslacional, llamado resbalamiento y corrimiento según Corominas Dulcet y García Yagué (1997). FUENTE: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas.



En los suelos residuales las diferencias en la meteorización profundas propician la presencia de los deslizamientos de traslación. Las superficies de falla generalmente coinciden con las zonas de cambio a la resistencia al cortante por efecto de la meteorización. Por ejemplo, en los suelos residuales de rocas ígneas y metamórficas con perfiles de meteorización profundos, son comunes los deslizamientos profundos sobre superficies de falla semi-planas. Los deslizamientos de traslación en suelos residuales, generalmente son rápidos y pueden terminar en flujos. Si la superficie de rotura está constituida por la intersección de dos o más planos, se habla de un deslizamiento traslacional de tipo cuña.

Figura 22. Esquema de un deslizamiento traslacional en cuña.

FUENTE: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas.



El deslizamiento en cuña (wedge slide) (Figura 22), es un tipo de movimiento en el cual el cuerpo del deslizamiento está delimitado por dos planos de discontinuidad que se intersectan entre si e intersectan la cara de la ladera o talud, por lo que el cuerpo se desplaza bien siguiendo la dirección de la línea de intersección de ambos planos, o el buzamiento de uno de ellos.

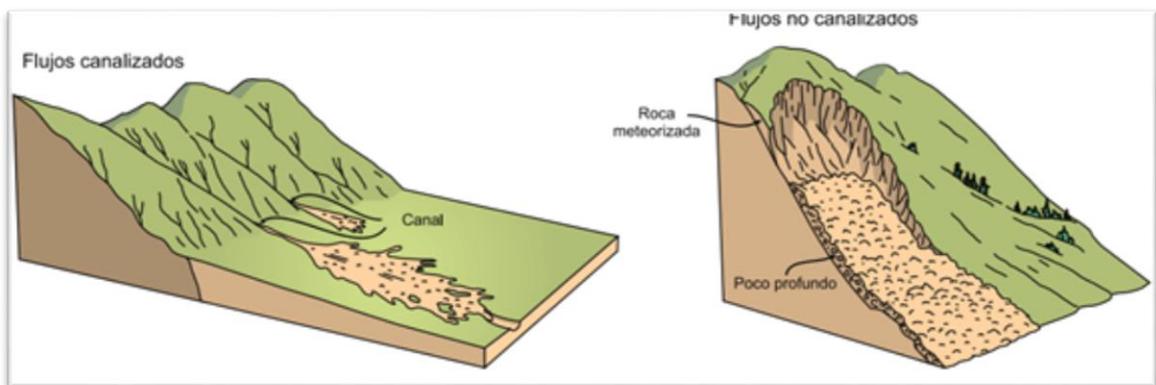
8.7.1.1.5 deslizamiento planar

Cuando los deslizamientos están formados en un solo plano, ocurren principalmente sobre rocas y suelos someros.

8.7.1.1.6 flujos (flows)

Los flujos ocurren de manera muy rápida o de manera muy lenta, en suelos secos y la mayoría en suelos saturados. Este tipo de movimiento es muy parecido a los deslizamientos en su comportamiento. De acuerdo con Varnes⁴³ En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída. Se componen de rocas, tierra y agua bien mezcladas que fluyen pendiente abajo en la ladera.

Figura 23. Esquema de flujos canalizados, según Cruden y Varnes (1996). FUENTE: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas



Los flujos son de tierra (earth flow) y flujos de detritos (debris flow) Deslizamiento por flujo (Flow slide) son deslizamientos que en fases posteriores a su iniciación se

⁴³Varnes D.J. (1958). "Landslides types and processes". Special report 29: Landslides and engineering practice (E.B. Eckel, ed.) HRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 20-47. Citado por: Suarez, Jaime En: Deslizamientos: Análisis Geotécnico. Capítulo 1

comportan como un flujo, como resultado de licuación Varnes.⁴⁴ Hungr⁴⁵ lo definen como flujo muy rápido o extremadamente rápido de una masa de suelo con estructura granular ordenada o desordenada.

8.7.1.1.7 Expansión lateral (lateral spreading)

La expansión lateral sucede cuando los suelos o rocas son fracturados y se expanden, además debido a licuefacción o fluidización del material subyacente. Generalmente estos materiales están conformado por fragmentos de roca, grava envueltos en una matriz de material fino o arcilloso. Al contrario de los deslizamientos, la superficie de deslizamiento en la expansión lateral no está bien definida. La mayoría de los deslizamientos y los flujos involucran algún grado de expansión.

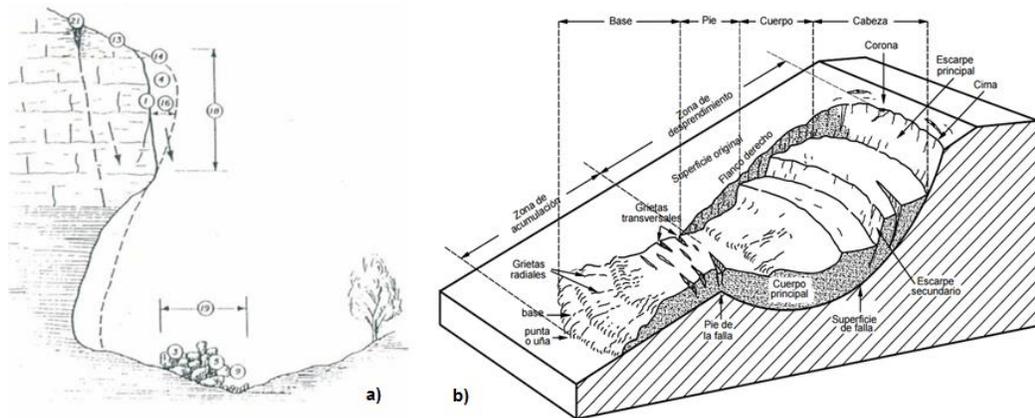
8.7.1.1.8 complejo (complex)

Según Hutchinson⁴⁶ para que un deslizamiento sea considerado complejo, debe transformarse el movimiento inicial a otro, cuando se desplaza ladera abajo. Los deslizamientos más complejos se destacan los aludes o avalanchas de rocas que debido a su gran movilización de grandes masas a gran velocidad, y los flujos deslizantes con el resultado de los colapsos repentino y de gran extensión con una velocidad extremadamente rápida.

8.7.1.2 Partes de un deslizamiento

Figura 24. A) Caídas de roca. B) Deslizamientos, según Cruden y Varnes (1996).

FUENTE: Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas



⁴⁴ Ibid. Capítulo 1.

⁴⁵ Hungr, Hutchinson, J.N., 2001, Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–23.

⁴⁶ Hutchinson. J. N. (1988). "General geomorphological and geotechnical parameters landslides in relation to Geology and Hydrogeology

La morfología de un movimiento en masa permite obtener valiosa información tanto del tipo de movimiento como de su génesis. De acuerdo a Hanves⁴⁷ (1984) citado por Tragsa-Tragsatec⁴⁸ (1998) propone su caracterización a partir de los elementos que los componen (Figura 24)

Corona. El material que se encuentra en el sitio, (prácticamente inalterado), adyacente a la parte más alta del escarpe principal, por encima de la cabeza.

Cabeza. Parte superior de la masa de material que se mueve. La cabeza del deslizamiento no corresponde necesariamente a la cabeza del talud. Arriba de la cabeza está la corona.

Cima. El punto más alto de la cabeza, en el contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

Escarpe principal. Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia posterior del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material conforma la superficie de la falla.

Escarpe secundario. Superficie muy inclinada producida por el desplazamiento diferencial dentro de la masa que se mueve.

Superficie de falla. Área por debajo del movimiento y que delimita el volumen del material desplazado. El suelo por debajo de la superficie de la falla no se mueve, mientras que el que se encuentra por encima de ésta, se desplaza. En algunos movimientos no hay superficie de falla.

Pie de la superficie de falla. La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

Base. El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.

Punta o uña. El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.

⁴⁷ Hanves (1984) Citado en: Aspectos introductorios
http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentosJuan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/ca p%201%20y%202%20libro%20erosion.pdf

⁴⁸ Tragsa-Tragsatec (1998) Citado en: Aspectos introductorios
http://www.unalmed.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentosJuan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/ca p%201%20y%202%20libro%20erosion.pdf

Cuerpo principal del deslizamiento. El material desplazado que se encuentra por encima de la superficie de falla. Se pueden presentar varios cuerpos en movimiento.

Superficie original del terreno. La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.

Costado o flanco. Un lado (perfil lateral) del movimiento. Se debe diferenciar el flanco derecho y el izquierdo.

Derecha e izquierda. Para describir un deslizamiento se recomienda utilizar la orientación geográfica (Norte, Sur, Este, Oeste); pero si se emplean las palabras derecha e izquierda, deben referirse al deslizamiento observado desde la corona hacia el pie.

8.8 SUELOS

“Desde el punto de vista de la geología elemental, el suelo es una serie de capas de material meteorizado y muy poco consolidado o cementado, que reposa encima de las rocas frescas.”⁴⁹

Los suelos edáficos, se desarrollan en tres geoformas (montañas, colinas y llanuras aluviales) y en ellas los factores formadores de suelos actúan originando suelos de baja a mediana fertilidad.

En las partes montañosas y colinadas, el clima y el relieve son los principales factores formadores; en las partes planas aluviales el clima y material parental son los factores de mayor importancia en el desarrollo y génesis de los suelos. En general, los suelos se han desarrollado a partir de materiales ígneos y metamórficos de fácil alteración, los que afectados por procesos de degradación natural y antrópica generan el estado actual de deterioro del medio edáfico del municipio.

8.8.1 Suelos del Paisaje de Montaña

La zona está cubierta, en los sectores más altos con bosque natural y vegetación de páramo y algunas áreas carentes de cobertura. En altitudes inferiores a los 3000 metros la vegetación natural ha sido reemplazada en gran parte, para dar paso a la explotación agropecuaria, con una gama variada de cultivos propios de cada piso térmico.

⁴⁹ COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Introducción a la geología con ejemplos de Colombia. Bogotá: INGEOMINAS, 2001. 119 p.

8.8.2 En modelado erosional (fluviogravitacional)

- Suelos de montañas denudativas en clima medio formados de rocas ígneas (CUef1 - CUef1-2)

En las partes de mayor pendiente se presentan suelos entisoles tipo Troprothents típicos muy superficiales, bien a excesivamente drenados, ácidos, normales en carbón orgánico, muy bajos en fósforo y potasio, de fertilidad baja.

Los suelos inceptisoles Dystropepts típicos se distribuyen en la parte media y pie de laderas de las montañas; son moderadamente profundos, muy ácidos, con altas concentraciones de carbón orgánico, normales en potasio y muy bajos contenidos de fósforo; presentan fertilidad baja. Están limitados por arcillas finas y altas concentraciones de aluminio intercambiable; presentan escorrentía superficial (erosión laminar) y remoción en masa tipo deslizamientos.

8.2.8.2 Usos del suelo.

De acuerdo con Vink El uso del suelo se aplica al empleo que el hombre da a los diferentes tipos de cobertura, cíclica o permanente, para satisfacer sus necesidades materiales o espirituales⁵⁰.

Los suelos de clase VII, de acuerdo a la clasificación agrológica se hallan sujetos a limitaciones permanentes y severas cuando se emplean para pastos o silvicultura, son suelos situados en pendientes fuertes, erosionados, accidentados, someros, áridos o inundados. En zonas de pluviosidad fuerte estos suelos deben usarse para sostener bosques

Figura 23. Tierra de vocación Misceláneos (Me-2). Fuente: elaboración del autor.



⁵⁰ COLOMBIA. ALCALDIA DE VALLEDUPAR. Plan de Ordenamiento Territorial POT 2014. Bogotá: Unión Temporal POT 2013, 2014. 37, 44, 47, 48, 49 p.

Las tierras con vocación agrícola se definen bajo este concepto todas las tierras que, por sus características de suelos, permiten el establecimiento de sistemas de producción agrícola. Para el municipio de Valledupar, y en especial la zona de nuestro interés los clasifica en Misceláneos. (Me-2) que son áreas básicamente con café y/o cacao, asociados con caña de azúcar panelera, plátano, frutales, frijol, tomate, cebolla, yuca, ñame, intercalados con pastos, rastrojos y bosques dependiendo la mezcla por el piso térmico donde se encuentre, la parte media, nororiente y sur de Guatapurí.

Las Tierras en pastos de uso pecuario comprenden las áreas cubiertas con pastos naturales, mejorados o introducidos, con cobertura densa y en algunos casos mezclados con rastrojos.

Los Pastos en rastrojados o enmalezados, (Pn-Ra): Los Rastrojo (Ra) son superficies ocupadas por vegetación de altura media y baja, arbustiva y/o herbácea que generalmente se presenta después de la tala de bosque secundario y/o abandono de potreros, se encuentran, sur de Guatapurí.

Las Tierras en bosques o uso forestal se refiere la vegetación cubierta con vegetación alta, capaces de producir maderas y otros subproductos y que ejercen gran influencia en el clima y en el régimen de humedad de la zona. Los Bosques primarios. (Bp), son áreas de bosques naturales en donde no se ha hecho aprovechamiento maderero y la intervención de hombre es mínima; se localizan en el centro de Guatapurí. Los Rastrojos (Ra) y rastrojos con pastos naturales, (Ra-Pn) se identifican como bosques jóvenes y se localizan por doquier, en razón del abandono de las tierras agrícolas.

Figura 24. Los Bosques primarios. (Bp), Los Rastrojos (Ra) y rastrojos con pastos naturales, (Ra-Pn). Fuente: elaboración del autor.



En las Tierras sin uso agropecuario o forestal se refiere a áreas no aprovechables por sus condiciones físicas naturales, en algunos casos aptas para el crecimiento de la vegetación espontánea y protección de la vida silvestre

Páramos y nieves perpetuas (P-N). Áreas con vegetación de páramo (Pajonales) y de regiones níevalas, se encuentran en la mayor parte del territorio del corregimiento de Guatapurí en límites con la SN SM. Los terrenos eriales. (TE) son áreas sin cobertura vegetal, de muy baja fertilidad generalmente localizados sobre suelos superficiales, en algunos casos con afloramientos rocosos, se localizan en la zona norte de municipio entre los límites de Atánquez y Guatapurí en su parte norte.

8.9. Geología Estructural

El área de estudio se localiza geológicamente, en el sentido Etayo-Serna et al.(1983), en los terrenos geológicos: Cesar, Sierra Nevada, Sevilla y Santa Marta(Figura 25). El Terreno Cesar, limitado al E por la Falla del Cerrejón, al W por el Lineamiento del Cesar, al N por la Falla de Oca, al S por la Falla de Arena Blanca y al SW por la Falla de Santa Marta – Bucaramanga.

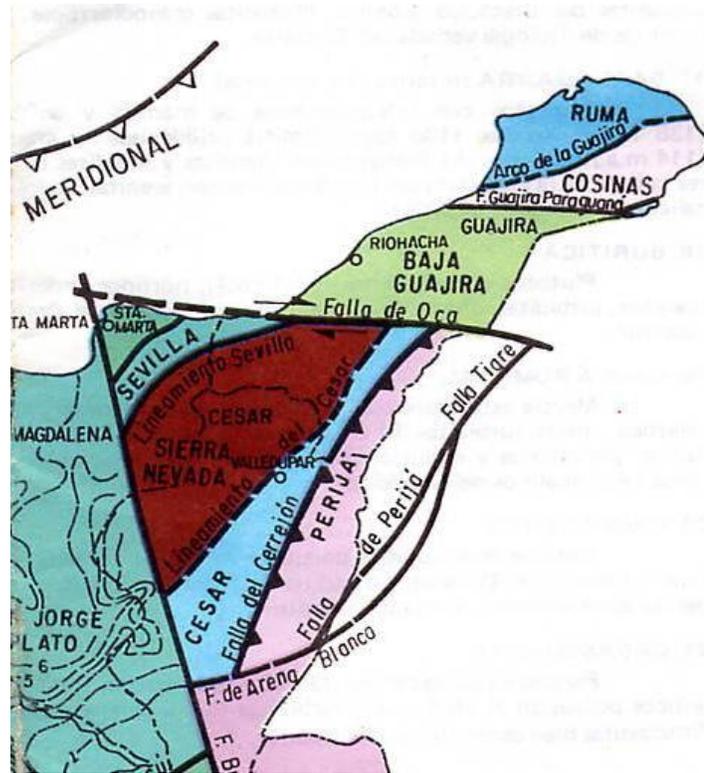


Figura 25. Principales fallas y lineamientos en a Sierra Nevada de Santa Marta. Fuente: (tomado de Etayo et al., 1983) en “EVOLUCIÓN GEOHISTÓRICA DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA”

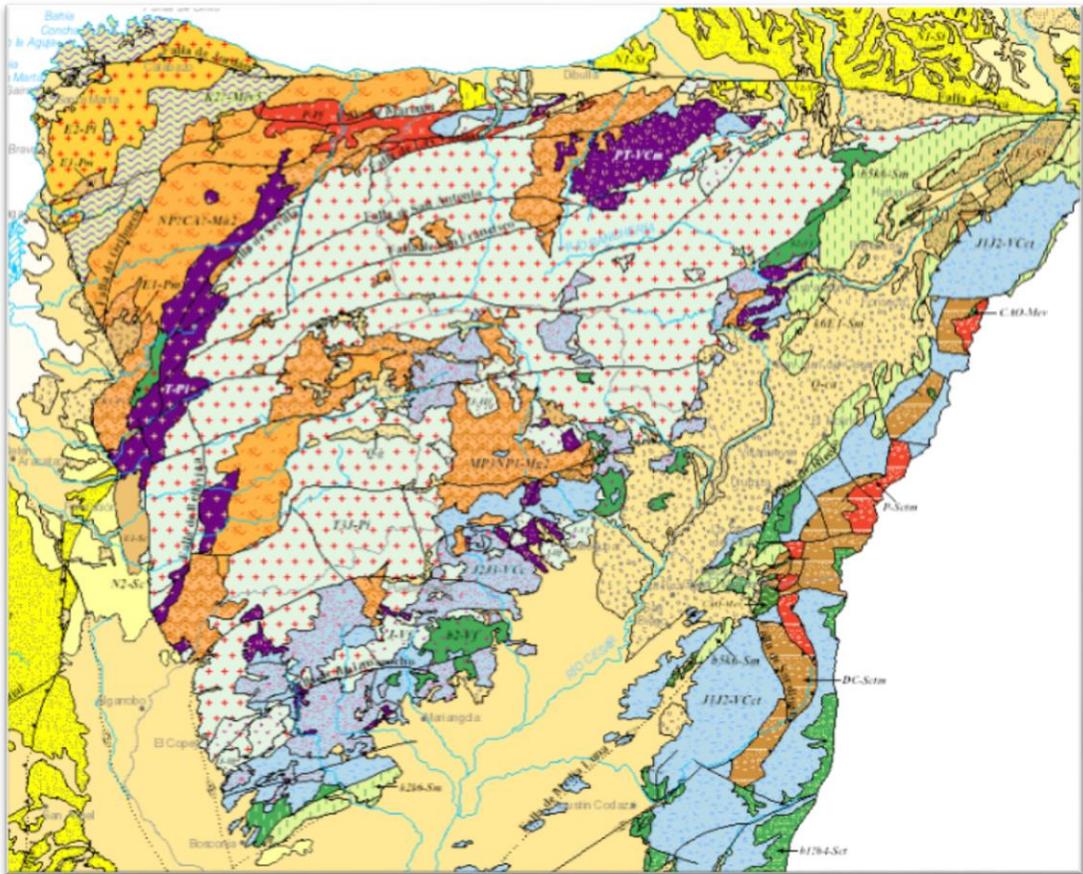


Figura 26. Principales fallas y lineamientos en la SNSM. Mapa Geológico 2015. Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Los lineamientos que se encuentran en la zona de estudio, ejercen control en dirección NE-SW, evidenciado por los drenajes rectos y el lomo en gancho, al NE del cerro Dunarua. Además se identificaron en la zona de estudio e influencia 20 lineamientos y la falla mamancanaca, según Colmenares⁵¹ con una extensión de 90 km. De acuerdo a Castro⁵² esta pertenece al sistema de fallas NE-SW que controla el drenaje en la zona montañosa en el departamento del Cesar y en su paso cercano a la zona de estudio del proyecto, a 1,9 km de distancia del cerro Dunarua,

⁵¹ COLOMBIA. INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGIA Y MINERIA. geología de la planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26,27, 33 y 34. proyecto: “evolución geohistórica de la sierra nevada de santa marta” COLMENARES B. FABIO H.

⁵² ASPECTOS GEOLOGICOS Y PRINCIPALES CONSIDERACIONES DE LA EVALUACION AMBIENTAL ESTRATEGICA-EAE-(DIAGNOSTICO AMBIENTAL)DEL DISTRITO MINEERO LA JAGUA, DEPARTAMENTO DEL CESAR. Emerson Castro Sánchez. Universidad Industrial de Santander.Bucaramanga. 2009.

con una traza orientada N60-80E cuya geometría varía de recta en su extremo oriental a sinuosa en sus tramos central y occidental, donde ocurren flexiones suaves y cortas tanto derechas como izquierdas.

Falla Guatapurí: El juego de fallas de dirección NO-SE conocido en otras partes de Colombia no se muestra en la cartografía geológica existente de la Sierra Nevada de Santa Marta. Sin embargo, la revisión de esa misma cartografía y de Mapas Topográficos del Macizo de Santa Marta, en escala 1:500.000, 1976, del IGAC, pone de manifiesto la existencia de fracturas NO-SE, tal como se nota, principalmente, en el control que el Lineamiento Guatapurí ejerce por 52 Km sobre el río del mismo nombre desde el Valle del Cesar hasta su nacimiento y a partir de allí se expresa morfológicamente como una divisoria de aguas recta de dirección NO-SE que alcanza la Costa Caribe al Este de Santa Marta.

En el flanco N del cerro Dunarua se identificó un lineamiento que ejerce control estructural sobre los drenajes, con una distancia de aproximadamente 3km en su extremo este presenta forma recta con una dirección EW, mientras que en el extremo W presenta una curvatura con tendencia al SW, Los lineamientos tienen dirección preferente NW en total son 9, con dirección NE aproximadamente son 6.

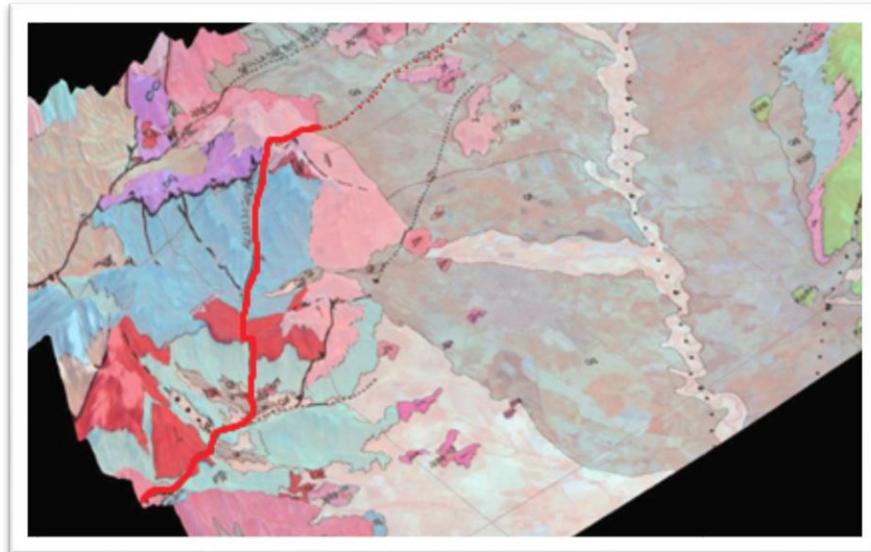


Figura 27. Falla Guatapurí en la parte se de la sierra nevada de santa marta.

FUENTE: Geología de las planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33, 34 y 40.
Proyecto “Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta

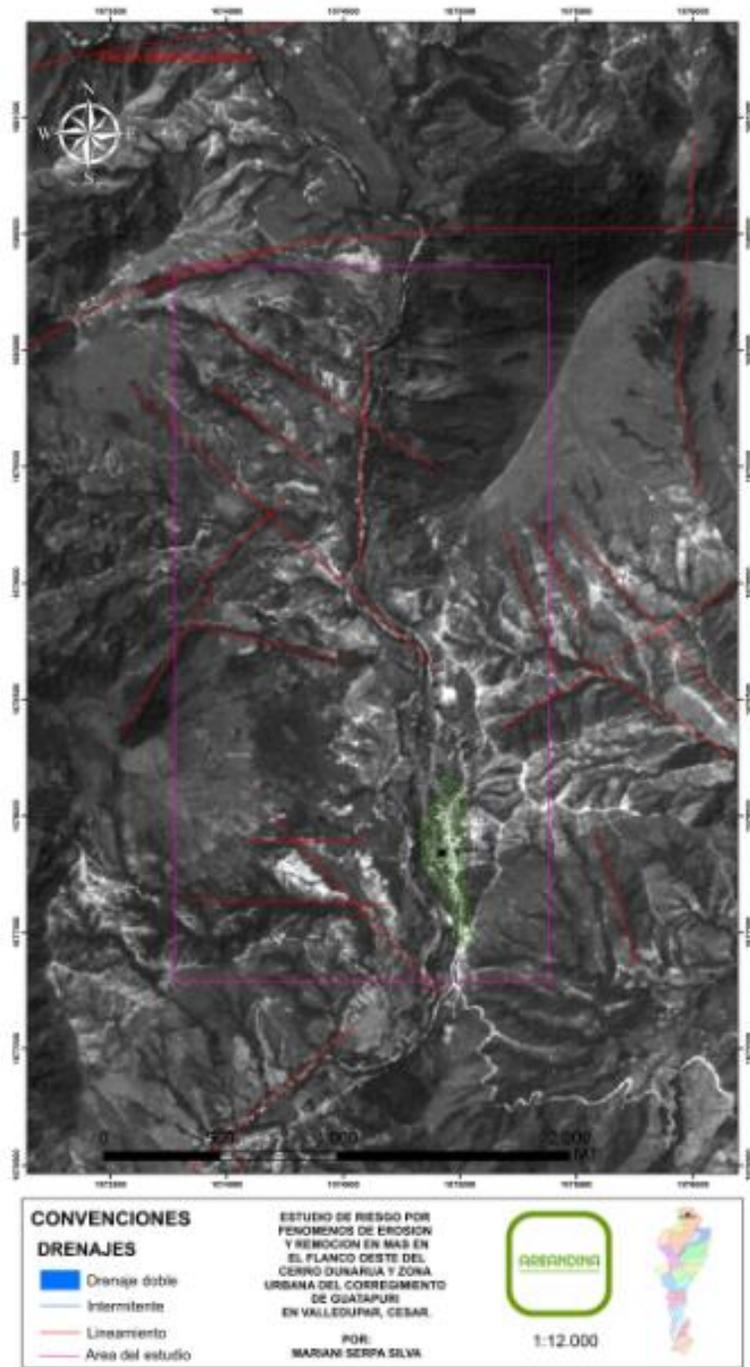
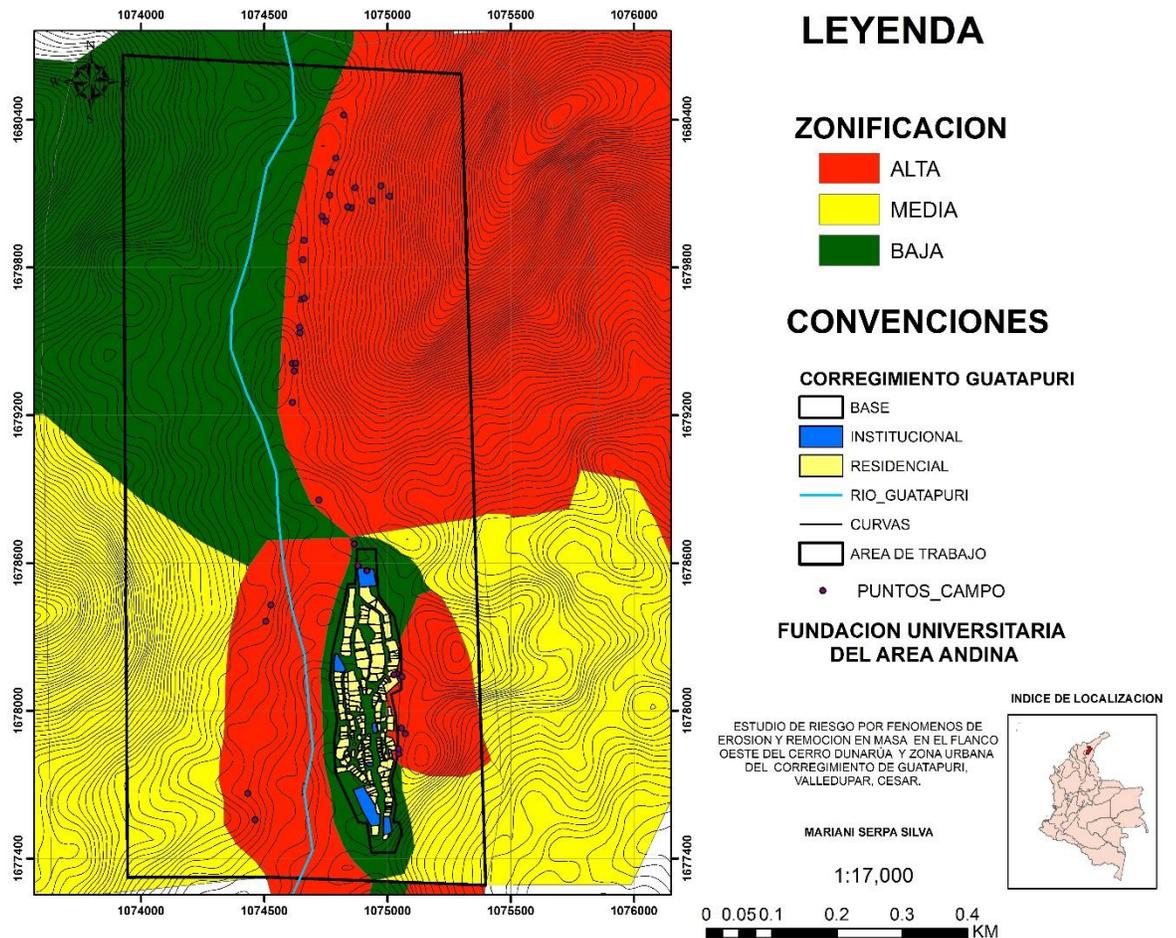


Figura 28. Principales lineamientos y fallas en zona de estudio y área de influencia.
Fuente: elaboración propia.

9. DIAGNÓSTICO DE LA AMENAZA

Figura 29. Zonificación de riesgo rural municipio de Valledupar. Fuente: elaboración del autor.

MAPA DE ZONIFICACION DE RIESGO GUATAPURI



9.1 Estudios Anteriores E Historial De Eventos Pasados

Para conocer el tipo de amenaza que se presenta en el flanco oeste del cerro Dunarúa y la zona urbana del correjimiento de Guatapurí, se debe tener un antecedente que permita conocer el comportamiento del suelo en años anteriores. Un elemento a considerar es que la zona montañosa presenta laderas lo suficientemente inclinadas como para generar potenciales problemas de estabilidad. (Figura 25). El único de este tipo que se encontró fue el de la zonificación de la amenaza, muy generalizada que se halla en el Plan de

Ordenamiento Territorial municipal de Valledupar, en su componente rural, zonifica el cerro Dunarúa con un nivel medio.

Así mismo, se realizó el inventario a partir del registro de Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA), (Anexo 2) que se agruparon en la siguiente tabla 10, y aunque en el proyecto tiene un componente de erosión, no se obtuvo un registro histórico de este componente.

Tabla 10. Historial de eventos por deslizamiento en masa, en la zona de Guatapurí.

Fuente: elaboración del autor.

INVENTARIO DE EVENTOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	TIPO DE MOVIMIENTO	GEOFORMA	CAUSA DE MOVIMIENTOS	FECHA DE MOVIMIENTO
Chemesquemena	deslizamiento de tierra	colina residual	Lluvias	05/04/2014
Guatapurí	deslizamiento tierra	colina residual	erosión pluvial	09/12/2010
pueblo Guatapurí, río Guatapurí	deslizamiento tierra	colina residual	Lluvias	01/01/2014
Frente al pueblo de Chemesquemena	deslizamiento tierra	colina residual	Lluvias	04/04/2014
loma los mangos	deslizamiento detritos	colina residual	Lluvias	01/04/2013
Río Guatapurí, aguas abajo de Chemesquemena.	deslizamiento detritos	sierra denudada	Lluvias	01/04/2014
Guatapurí	deslizamiento detritos	colina residual	Lluvias	01/04/2009

9.2 Diagnóstico

Las zonas afectadas por erosión y remoción en masa con procesos activos son categorizadas con un nivel de amenaza alta, ubicado en el flanco oeste del cerro Dunarúa y la zona urbana del corregimiento de Guatapurí y que corresponde a áreas críticas. Para ello se hizo necesario recorrer la zona, para el reconocimiento e identificación de las zonas afectadas por este proceso, los cuales dieron un total de tres puntos con amenaza alta en la zona corregimiento por erosión con cárcavas profundas. (Figura 26).

Figura 30. Zona con amenaza alta por erosión en cárcavas en la zona urbana de Guatapurí. Fuente: Elaboración del autor.



Según lo observado, el punto más crítico de amenaza se encuentra localizado en la ladera oeste con un alto nivel de cárcavamiento e inestabilidad del terreno, en la zona urbana del corregimiento de Guatapurí. Además se identificó tres puntos con una amenaza alta, en el cerro Dunarúa. Estos dos puntos son los más críticos en la zona de estudio.

Se realizó un estimativo de (diez) 10 casas está siendo afectada por erosión, que han sido afectados por factores antrópicos, y la quemadas de suelos y depositación de basuras. Además en el margen izquierdo, aguas abajo del río Guatapurí, a hacia el NW Y SW, se localiza dos puntos críticos que, (Figura 26), que ante un eventual desprendimiento, afectados por lluvia, podría provocar parcialmente el taponamiento de cauce del río, como ha ocurrido en eventos anteriores.

9.3 Zonificación de la amenaza

Según la guía metodológica del SGC la zonificación de la amenaza es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de ocurrencia y la severidad de un evento en un tiempo dado y en un área determinada, además en su zonificación se representa la recurrencia estimada y ubicación geográfica de eventos probables.

Si bien, se estudió los procesos de remoción en masa, en el área pertinente no se identificaron ningún tipo de deslizamiento, pero si tres puntos críticos que si no se toman las medidas correctivas pertinentes, de acuerdo con Suarez⁵³, Alcántara⁵⁴, se podrían convertir en deslizamiento futuros. Se identificaron procesos de reptación y erosión.

La amenaza se zonificó cada una en rangos de clasificación en alta, media y baja, donde la principal herramienta para hacerlo, fue la de las zonas con problemas de erosión e inestabilidad del terreno y de alta pendiente.

9.3.1 Amenaza Baja

Figura 31. Zonas bajas con erosión en el municipio de Guatapurí. FUENTE:
Elaboración del autor



⁵³ Suárez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Citado por: AGUDELO, David. En: Influencia de los procesos de meteorización en la estructura del suelo y la estabilidad de taludes. Pontificia universidad javeriana. Bogotá, 2012.

⁵⁴ Alcántara, I. (1999). Landslides: deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología. Investigaciones Geográficas, Boletín del instituto de Geografía, Universidad Nacional de México. Numem 41. 2000.

La amenaza baja se considera en zona de baja recurrencia de deslizamientos y estables, que no han sido desprovista de su cobertura vegetal como rastrojos y pastos bien manejados que actúan como barrera de protección ante la acción de los procesos de erosión hídrica y se encuentran estables por sus condiciones de baja pendiente. Esta distribuye de manera uniforme por el área cartografiada de las llanuras y las diferentes terrazas aluviales que ha formado el río Guatapurí en esta zona y en el casco urbano de Guatapurí.

9.3.2 Amenaza Media

Figura 32. Zonas que con pendientes moderadas superficies planas de las terrazas aluviales con procesos de erosión y deslizamiento en el cerro Dunarúa. FUENTE:

Elaboración del autor



Se consideran en amenaza media las zonas que con pendientes moderadas y las superficies planas de las terrazas aluviales, donde se encuentran la mayor parte del pueblo (figura 28). Los procesos de remoción en masa no se presentan, pero el uso inadecuado de las aguas servidas y de escorrentías de las viviendas condiciona a que se presente, mayor susceptibilidad a deslizamientos y la erosión en el suelo se presente mayormente. Dentro de esta categoría se tienen niveles de estabilidad moderados debido a la posible ocurrencia de eventos de remoción en masa, dependiendo principalmente de la intensidad de las precipitaciones sobre estas

zonas y los cambios drásticos en el uso del suelo. La Figura 29, se muestra como la incidencia de la cobertura acelera o protege una ladera ante procesos de remoción en masa.

9.3.3 Amenaza Alta

Se consideran las zonas de amenazas altas aquellas pendientes de grado alto con mayor susceptibilidad a presentar problemas de estabilidad y erosión (Figura 30). Además favorece la ocurrencia de procesos de remoción, siendo más probables, en las laderas donde se ha remplazado la vegetación y provocado un alto deterioro del suelo. Puede ocasionar o favorecer la ocurrencia de deslizamientos en áreas más susceptibles a desequilibrios físicos del suelo y tienen enormes restricciones,

Figura 33. A) Pendientes de grado alto con mayor susceptibilidad a presentar problemas de estabilidad y erosión en el cerro Bunkusa. B) Quemadas en el cerro Dunarúa. FUENTE: Elaboración del autor



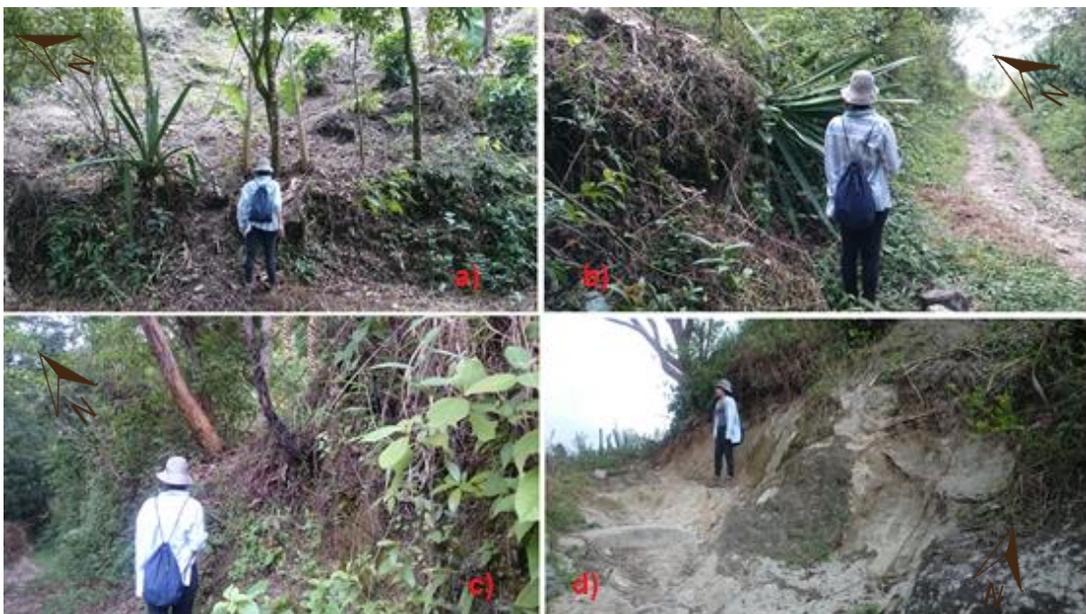
Esta calificación hace parte de los flancos de alta pendiente del Cerro Dunarúa (Figura 29), el cerro Bunkusa la presencia de cárcavas, acelerando los procesos de fenómenos de remoción en masa, reptación por el sobrepastoreo y cortes y la zona con erosión la zona urbana del pueblo.

En las áreas de alta pendiente es común que la vegetación nativa sea remplazada por cultivo, mediante quemadas, lo que provoca que muchas de estas áreas degradadas para el uso de la ganadería y agricultura, no tenga buenas capacidad de retención, favoreciendo la generación de erosión por cárcavas y deslizamientos como el ocurrido en el año 1986, y más recientemente en el 2011 con factores detonante de alta precipitación.

Figura 34. Amenaza alta a deslizamientos por malos tratamientos de la erosión en cárcavas en el cerro Bunkusa y Dunarúa. FUENTE: Elaboración del autor



Figura 35. a) b) y c) Reptación presentada en la ladera del cerro Dunarúa y d) erosión por cortes civiles inadecuados en el cerro Dunarúa. FUENTE: Elaboración del autor.



También, la construcción de caminos sin adecuados parámetros técnicos, lo que induce en el aumento de la amenaza y la susceptibilidad del terreno ante la generación de un proceso de remoción en masa. En la Figura 30, se observan algunos puntos que evidencian los procesos de erosión, por ejemplo reptación “es importantes en la contribución a la formación de delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de alta pendiente.

Estas capas pueden ser subsecuentemente la fuente de deslizamientos de detritos superficiales y de avalanchas de detritos.”⁵⁵. Para Identificar la reptación, se trata encontrar poste o arboles levemente inclinados o curvados.

⁵⁵ SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. Movimientos en Masa en la Región Andina: Una Guía para la Evaluación de Amenazas. Canadá, 2007. 30 p

10. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD

El análisis de la vulnerabilidad se hace sobre edificaciones, o zona con ocupaciones. En la zona rural, se omite este análisis, siempre teniendo en cuenta que para ello los escenarios deben estar ocupados o habrá un cambio de su uso.

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, dicta a través del decreto 1807 de 2014, que para el análisis de la vulnerabilidad se debe tener en cuenta aspectos como, la identificación y localización de los elementos expuestos, seguido de las características generales y los tipos de daños esperados, con estos datos y/o información se podrá hacer la zonificación detallada de la vulnerabilidad.

Por ello la vulnerabilidad se evaluó en forma cuantitativa, de manera que se analizan la exposición de elementos expuestos (bienes físicos y personas) y el grado de fragilidad ante el evento amenazante. En las personas se midió la vulnerabilidad de acuerdo a los posibles niveles de afectación de materias de pérdidas probables de vida o lesiones personales, relacionadas con el nivel de daño de las construcciones.

10.1 Identificación y localización de los elementos expuestos

La base de la identificación según la guía metodológica, se realizó a los elementos expuestos con la información recolectada en campo, con los formatos en el Anexo 3, con esto además de la identificación, permitió caracterizar los bienes físicos y categorizarlos. Al tratarse del centro corregimental de Guatapurí, que se encuentra sin estratificación, se analizó de acuerdo a los materiales utilizados en la construcción de la edificación y se estratificó teniendo en cuenta este parámetro, agrupado en la tabla 11.

Tabla 11. Valoración de elementos expuestos al riesgo. Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa

USOS	PARAMETROS CARACTERIZADOS
	<i>Numero de edificaciones</i>
Residencial de capacidad económica baja	121
Residencial de capacidad económica media	34
Residencial de capacidad económica alta	0
Comercial	4
Institucional	1
Salud	0
Gubernamentales	2
Otros	2

En total son 170 predios, los cuales están distribuidos en ciento sesenta y cuatro (164) casas y seis (6) de uso institucional. El uso de la vivienda es mayormente residencial, con un porcentaje de 64.63.

La tipología de las viviendas se debe a diferentes materiales y el año en que fueron construidas. Las edificaciones en su totalidad no superan un piso de altura. De las ciento sesenta y cuatro (164) viviendas que se encuentran el casco urbano ciento cuatro (104), están construidas con adobe y materiales como barro, y (60) sesenta están construida con materiales cemento y ladrillos. El centro de salud, depende del hospital Rosario Pumarejo de López, se encuentra en el corregimiento de Atánquez. La población está estimada en 764 habitantes, donde el 51% corresponde a población masculina y el 36% población juvenil, el otro porcentaje restante es femenino.

Para saber la vulnerabilidad de las personas, se tuvo en cuenta los factores relacionados con la amenaza y además la capacidad de respuesta y resistencia de las personas. A causa de que los individuos se mantienen en constante cambio, la vulnerabilidad de estos, se hace cambiante, es por ello que la vulnerabilidad de las personas se relaciona con la vulnerabilidad físicas de las edificaciones.

Figura 36. Uso de la vivienda de tipo Gubernamental a) Quiosco vive digital b) Instituto de Bienestar Familiar. ICBF. FUENTE: Elaboración del autor



Figura 37. Institución Educativa Guatapurí. FUENTE: Elaboración del autor



Figura 38. Uso variado de la vivienda a) Iglesia Católica b) Salón Comunal del Corregimiento. FUENTE: Elaboración del autor



Figura 39. Uso Comercial. FUENTE: Elaboración del autor



Para saber la vulnerabilidad de las personas, se tuvo en cuenta los factores relacionados con la amenaza y además la capacidad de respuesta y resistencia de las personas. A causa de que los individuos se mantienen en constante cambio, la vulnerabilidad de estos, se hace cambiante, es por ello que la vulnerabilidad de las personas se relaciona con la vulnerabilidad físicas de las edificaciones.

10.2 Caracterización de los elementos expuestos

Para la caracterización de los elementos expuestos, se tuvo en cuenta aquellos en la que la amenaza es alta y media. Para ello se categorizo en función de la tipología, exposición y fragilidad, de manera cuantitativa.

Tabla 12 Tipología de las edificaciones en el corregimiento de Guatapurí. Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.

CODIGO	TIPO DE EDIFICACION	DESCRIPCION	TOTAL DE EDIFICACIONES
A	edificaciones con reforzamiento especial	Edificaciones de concreto y acero diseñados con requerimientos superiores a los convencionales o con la exigencia máxima de los códigos de diseño.	0
B	edificaciones reforzadas	Aquellas que tiene estructuras en concreto y acero, construidas con pórticos en concreto reforzados, además edificaciones construida antes de 1998 de tipo A	0
C	mampostería reforzada	Se refiere a las edificaciones que tiene un sistema estructural de mampostería con elementos de refuerzos.	34
D	estructuras con confinamiento y estructuras híbridas	Son edificaciones construidas con muros cargueros pero sin confinamientos adecuado. Los elementos no son competente, como mampostería no reforzada, adobe, bahareque, madera, tapia pisada.	31
E	estructuras ligeras	Edificaciones de baja calidad y materiales como adobe, bahareque, madera bruta, tapia pisada y la prefabricada.	100

F	construcciones simples	Este tipo de edificación no posee estructura definida, construidos con materiales precarios. Edificaciones en proceso de construcción. tugurios, ranchos, campamentos y carpas	9
G	Lotes Vacíos		0

Figura 40. Tipología de la edificaciones de baja calidad código E y F en el Corregimiento de Guatapurí. FUENTE: Elaboración del autor



Figura 41. Tipología de las edificaciones de mediana calidad código B y C en el Corregimiento de Guatapurí. FUENTE: Elaboración del autor



Tabla 13. Clasificación de la red vial. Fuente: Adaptada de Argyroudis et al. (2005). En la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.

CLASIFICACION	TIPO	ANCHO (m)	TOTAL DE EDIFICACIONES
AUTOPISTA	V-0	100	0
Arteria Principal	V-1	60	0
Arterial secundaria	V-2	40	0
	V-3	25	0
Vial intermedia	V-4	22	0
	V-5	18	0
	V-6	16	0
Vía local	V-7	13	1
	V-8	10	1
	V-9	8	1

Figura 42. Red vial local. FUENTE: Elaboración del autor





La red vial del corregimiento de Guatapurí se encuentra en precarias condiciones, en la zona urbana las calles no se encuentran pavimentadas y no posee acueducto, lo que hace que las aguas negras circulen sobre la superficie generando erosión y carcavamiento. Además el continuo paso de los animales (bestias y vacas) y vehículos hacen que las vías se deterioren.

10.3 Exposición

La vulnerabilidad física se relacionó con la respuesta de los elementos expuestos frente a las sollicitaciones generadas por la interacción de los movimientos en masa. En bienes físicos, se evaluó la exposición en cuatro zonas o escenario agrupados de la siguiente manera:

Tabla 14. Zonas o escenarios de exposición. Fuente: En la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. FUENTE: Elaboración del autor

ZONA	DESCRIPCION	DAÑOS ESPERADOS	CRITERIO DE INTENSIDAD	TOTAL DE ELEMENTOS EXPUESTOS
1	Elementos ubicados en la zona estable, en la parte superior del talud.	No existen daños a causa de los movimientos en masa y erosión.		0
2	Elementos ubicados sobre una ladera potencialmente inestable o potencialmente afectados por retrogresión	Colapso o daños instantáneos. asentamientos diferenciales, inclinaciones y agrietamiento asociados a movimientos lentos	Actividad del deslizamiento Desplazamiento verticales	10
3	Elementos ubicados en la trayectoria del movimiento en masa o en la erosión	Daños localizados por impacto, colapso total, obstrucción, enterramiento. Etc.	Alturas de acumulación material	10
4	Elementos fuera del alcance del movimiento en masa y su ara de depósito.	No se espera daños		154

Figura 43. Elementos o escenarios de exposición en la zona urbana del Corregimiento de Guatapurí y el flanco oeste del Cerro Dunarúa. FUENTE:
Elaboración del autor



10.4 zonificación de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad es se rige en función de la fragilidad de las estructuras y la intensidad del evento. El corregimiento de Guatapurí, de acuerdo a la valoración de los elementos expuestos presenta condiciones de vulnerabilidad moderada y bajas, aunque se encuentra cierto punto de vulnerabilidad alta, que ponen en peligro la vida de los habitantes de las edificaciones.

La zonificación de la vulnerabilidad se realizó a partir de la identificación de los elementos expuestos y su caracterización. De esta manera, la vulnerabilidad se clasificó en alta (rojo), media (amarillo) y roja (alta). La vulnerabilidad de las personas se clasificó de acuerdo a su grado de exposición en las edificaciones. Para la zona urbana del corregimiento de Guatapurí, la zonificación muestra la vulnerabilidad que tiene cada casa, agrupada en cuatro zonas,

Tabla 15. Clasificación de la Vulnerabilidad. Fuente: En la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. FUENTE:

Elaboración del autor

CLASIFICACION DE LA VULNERABILIDAD	EDIFICACIONES	RED VIAL
ALTA	Colapso parcial o total de la estructura. Roturas de muros. Destrucción total de acabados y accesorios	Bloqueo total de la vía. Se afecta totalmente el tránsito de vehículos.

MEDIA	Grietas anchas y profundas. Plastificación local de los elementos estructurales. Posible colapso de elementos no estructurales. Daños en los muros, Daño grave de acabados.	Parte del volumen deslizado reposa sobre la vía.
BAJA	Grietas grandes y profundas. Daños graves en elementos no estructurales. Quiebre de ventanas. entrada de material a la edificación daños en pisos Grietas pequeñas. Despegues de pequeños pedazos de pañete, despegue de algunos ladrillos.	No existe material sobre la vía o el material que alcanzó la vía es fácilmente evadible por los vehículos.

La vulnerabilidad global es el resultado del análisis multivariable de los componentes expuestos anteriormente, ésta evalúa la exposición ante una amenaza de una población en particular, junto con la capacidad de respuesta ante un desastre y la habilidad para enfrentarlo y recuperarse.

Figura 44. Vulnerabilidad alta de las casa al pie de la erosión en cárcavas. FUENTE:
Elaboración del autor.



Tabla 16. Clasificación de la vulnerabilidad para personas. Fuente: En la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.

CLASIFICACION	Descripción
ALTA	Alta posibilidad de muerte o lesiones serias
MEDIA	Alta posibilidad de lesiones moderada pero baja probabilidad de muertes.
BAJA	Probabilidad de muerte casi nula y lesiones muy leves o inexistentes.

La tipología de las viviendas se debe a diferentes materiales y el año en que fueron construidas. Las edificaciones en su totalidad no superan un piso de altura. De las ciento sesenta y cuatro (164) viviendas que se encuentran el casco urbano ciento cuatro (104), están construidas con adobe y materiales como barro, y (60) sesenta están construida con materiales cemento y ladrillos. El centro de salud, depende del hospital Rosario Pumarejo de López, se encuentra en el corregimiento de Atánquez. La población está estimada en 764 habitantes, donde el 51% corresponde a población masculina y el 36% población juvenil, el otro porcentaje restante es femenino. Aproximadamente viven 4.6 personas por vivienda.

11. ZONIFICACIÓN DEL RIESGO

El riesgo está relacionado con la probabilidad de que se causen efectos adversos y consecuencias negativas en los contextos material, social y ambiental, existe una necesidad implícita en la toma de decisiones de desarrollar análisis que permitan su estimación cuantitativa⁵⁶. Con los datos de la amenaza y vulnerabilidad analizados anteriormente, se realizó la interpretación de los parámetros del riesgo y una zonificación de datos ponderados de erosión y movimientos en masa.

El indicador de riesgo más empleado es la pérdida anual esperada (Yamin et al.), en la planificación territorial. El riesgo específico se determina a partir de la suma de todos los procesos posibles. En cuanto a pérdidas económicas, se realizó teniendo en cuenta los efectos directos o a corto plazo que puede generar los movimientos en masa sobre los elementos expuestos, y los de mediano o largo plazo que se derivan de los efectos directos.

Tabla 17. Impacto de los movimientos en masa sobre los elementos expuestos. **Fuente:** En la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.

IMPACTOS	ELEMENTOS	
	BIENES FISICOS	PERSONAS
A CORTO PLAZO O DIRECTOS	<ul style="list-style-type: none"> • Construcciones • Infraestructura • Instalaciones y equipos • Contenido 	<ul style="list-style-type: none"> • víctimas • heridos, traumas • personas sin hogar • personas sin trabajo
INDIRECTOS O A LARGO PLAZO	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción de servicios • Efectos en la producción <ul style="list-style-type: none"> • Servicios • Consecuacionales <ul style="list-style-type: none"> • Efectos en sistemas • contaminación 	<ul style="list-style-type: none"> • pérdida de resiliencia • empobrecimiento • Calidad de vida • Desarrollo humano • Enfermedades

El costo aproximado del riesgo se consideraron que cuando la estructura queda completamente destruida o con mayores daños, por lo que se requieren trabajos profesionales para su recuperación y que afectan a otras estructuras a su alrededor,

⁵⁶ GUIA METODOLOGICA PARA ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO POR MOVIMIENTOS EN MASA. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá. Mayo de 2015 113. 114.115 p

el costo del daño aproximado es de 200% a 60%. Para aquellas edificaciones que sufren en parte de su estructura algún daño significativo, y que se requiere de la ingeniería para su recuperación el costo de daños va en un rango de 60% a 20%. Y por último cuando los daños limitados en parte de la estructura requieren algún trabajo para recuperar entre 20 y 0 %. En cuanto a las personas los criterios de afectación de las personas se clasifica el riesgo de acuerdo a la probabilidad anual de afectación de personas, alta $>10^{-4}$, media para 10^{-4} y 10^{-5} y bajas para cifras $<10^{-5}$.

El riesgo se clasificara de acuerdo a las siguientes categorías: las zonas de alto riesgos se diferencia en pero riesgo alto no mitigable y riesgo alto mitigable, el amarillo es de riesgo medio y por último el riesgo bajo se identificó con el color verde. En la zona poblada de Guatapurí, el riesgo alto se relaciona más en zonas con mayor grado de pendiente donde se identificaron zonas más críticas de erosión. Justamente en la parte suroriental se identificaron dos procesos de cárcavamiento profundo, en el centro del poblado también se hayo este tipo de proceso y más hacia al norte en el cerro Dunarúa, el riesgo alto fue identificado por procesos de reptación y erosión profunda de cárcavamiento. Esto coincidiendo con la zonificación de la amenaza.

11.1 Riesgo Bajo

El riesgo bajo se relacionó con la poca probabilidad de ocurrencia de estos procesos y afectación de los bienes físicos y las personas por procesos de erosión y fenómenos de remoción en masa. La gran parte del centro poblado Guatapurí se encuentra en una zona de baja pendiente, conformadas por llanuras aluviales y terrazas se concentra especialmente en el eje central de la cabecera urbana. Así mismo, la probabilidad de víctimas fatales es prácticamente nula. Este tipo de riesgo se relaciona más con medidas preventivas, aunque en ciertas partes se considere el control del aumento de la amenaza, por proceso de erosión hídrica en las vías del pueblo.

11.2 Riesgo medio

Se relaciona con una probabilidad de ocurrencia de deslizamiento en las que las lesiones moderadas son muy frecuentes, y con alguna probabilidad de víctimas fatales. La mayor parte de riesgo medio en la población de Guatapurí se centra en las vías terciarias que comunican al pueblo con otros sectores de la SNSM, debido a que se encuentran con malos tratamientos civiles en sus cortes, y la erosión hídrica va socavando en periodos más propensos de lluvias, y de vertimientos de

aguas negras, como resultado del uso inadecuado. En la zona de mayor pendiente se relaciona con las malas prácticas del uso del suelo, por prácticas como quemas que dan paso del bosque nativo los deslizamientos a cultivos, sumado al mal tratamiento de las basuras haciendo los suelos más inestables y propensos a Medio Riesgo. Se requiere el control del aumento del riesgo y el sistema de alerta, con intervención correctiva que impidan el aceleramiento en los procesos de erosión y remoción en masa.

11.3 Riesgo Alto

El riesgo alto se relaciona con la alta probabilidad de víctimas fatales y lesiones serias en la población y en sus bienes físicos, en la zona corregimental se ubican diez casas en la parte baja de procesos activos y en el área de influencia, donde la resiliencia de los habitantes es baja. Además una zona del pueblo se ve influenciada por el paso de un canal de escorrentía donde algunas viviendas se ven afectadas de manera directa, en las cuales no existe una cultura de prevención; allí las condiciones de pobreza y vulnerabilidad aceleran la ocurrencia de un desastre.

Este nivel de riesgo se localizan en el extremo suroccidental del municipio, y en algunos puntos del flanco oeste del Cerro Dunarúa, además otras zonas del corregimiento con riesgo alto, que se ubica, principalmente, en las pendiente moderada a fuerte y ocasionalmente muy fuerte, expuestos a precipitaciones intensas y con usos en superficie de pastoreo y cultivos transitorios y labores pastoreo; estos factores en conjunto deterioran el suelo y lo exponen a la acción erosiva de la lluvia, este tipo de suelos deben ser intervenidos con reforestación y protección, de no ser así favorecen la ocurrencia de movimientos en masa asociado a la combinación de las características geológicas del suelo, el uso del suelo inadecuado y las precipitaciones como detonante principal en la región. Las zonas de alto riesgo requieren de investigación y planeación detallada para evitar que aumente como el caso puntual de las zonas de carcavamiento.

El riesgo alto no mitigable es inaceptable y se hace necesario la ejecución inmediata de medidas de recuperación y reubicación si se ubican viviendas afectada por movimientos en masa activo descrito. En ocasiones las medidas de intervención son más costosas que el valor propio de la vivienda y suelen ser más dispendiosas, razón por la cual se recurre a la reubicación o reasentamiento.

Figura 45. Riesgo alto de las casa al pie de la erosión en cárcavas. FUENTE: Elaboración del autor



Figura 46. Cárcavas de erosión profunda sin medidas de mitigación y control en condición de riesgo alto y con agravante de basuras. FUENTE: Elaboración del autor



Figura 47. Riesgo alto por Cárcavas de erosión en la zona urbana del Corregimiento de Guatapurí. FUENTE: Elaboración del autor.

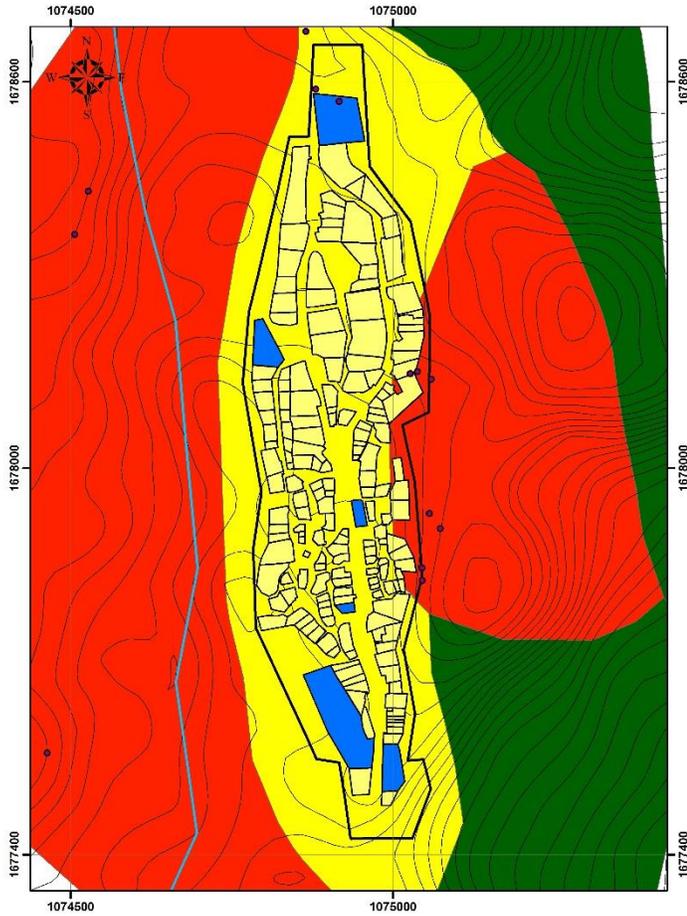


Tabla 18. Categorías del riesgo. Fuente: En la guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.

COLOR	CATEGORIA
	ALTO NO MITIGABLE
	ALTO MITIGABLE
	MEDIO
	BAJO

Figura 48. Mapa de categorías y zonificación de riesgo por fenómenos de remoción en masa y erosión. FUENTE: Elaboración del autor.

MAPA DE ZONIFICACION DE RIESGO ZONA URBANA



LEYENDA

ZONIFICACION

- ALTA
- MEDIA
- BAJA

CONVENCIONES

CORREGIMIENTO GUATAPURI

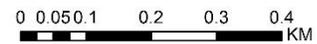
- BASE
- INSTITUCIONAL
- RESIDENCIAL
- RIO_GUATAPURI
- CURVAS
- AREA DE TRABAJO

**FUNDACION UNIVERSITARIA
DEL AREA ANDINA**

ESTUDIO DE RIESGO POR FENOMENOS DE
EROSION Y REMOCION EN MASA EN EL FLANCO
OESTE DEL CERRO DUNARUA Y ZONA URBANA
DEL CORREGIMIENTO DE GUATAPURI,
VALLEDUPAR, CESAR.

MARIANI SERPA SILVA

1:6,500



INDICE DE LOCALIZACION



12. METODOLOGÍA

El Estudio de riesgo por fenómenos de erosión y remoción en masa en el flanco oeste del cerro Dunarúa y zona urbana del corregimiento de Guatapurí, Valledupar, Cesar.” el tipo de investigación seleccionado de acuerdo a los requerimientos del propio es del tipo cuantitativo, el cual nos brinda la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, por el conjunto de procesos que sugiere se secuencial y probatorio, considerando análisis probabilísticos.

El estudio en el Cerro Dunarúa, es de carácter teórico y práctico, donde la recopilación de la información existente de trabajos anteriores pertinentes al tema y la información geológica, topográfica, geotécnicas y ambientales.

12.1 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

Inicialmente Suarez⁵⁷ plantea que se obtuvo toda la información posible de las características topográficas, geológicas, geotécnicas y ambientales, los cuales permitieron realizar un diagnóstico de los problemas y un diseño efectivo de solución.

En la compilación inicial las fuentes de información, se realizó la interpretación de imágenes de satélite Landsat compuestas por 7 u 8 bandas espectrales, que al combinarse producen una gama de imágenes de color que incrementan notablemente y permitieron identificar las geoformas en conjunto con la información de las planchas topográficas y geológicas, de investigaciones plasmadas en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Valledupar y de entidades del estado como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi para el estudio de la topografía y sistemas de drenaje y erosión en lo posible, y análisis de los deslizamientos en el flanco oeste del cerro Dunarúa y sus alrededores.

12.2. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN EXISTENTE

El análisis de documentos y estudios anteriores geotécnicos de los sitios aledaños, sondeos, ensayos, e información de antiguos deslizamientos y erosión por entidades como el IDEAM, el IGAC, CORPOCESAR, permitió elaborar un inventario con información obtenida del Servicio Geológico Colombiano, en su Sistema de información de Movimientos en Masa. Tomándolo como referencia sobre el cual puedan compararse los movimientos futuros del terreno⁵⁸. La

⁵⁷ SUAREZ DIAZ, Jaime. Procedimientos de Investigación. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, 1998.p. 47.

⁵⁸ SUAREZ DIAZ, Jaime. Procedimientos de Investigación. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, 1998.p. 47.

topografía de un sitio de deslizamiento produce información básica para el análisis de los movimientos. Los reconocimientos preliminares utilizan los planos topográficos existentes o las fotografías aéreas para identificar los cambios que ha sufrido la topografía a lo largo del tiempo.

12.3 RECONOCIMIENTO E IDENTIFICACIÓN DEL SITIO.

La visita previa a campo permitió realizar un análisis general y correlacionar la información existente compilada en la etapa inicial, con la que se presente en la zona de estudio. Fue de suma importancia pues se identificaron los taludes afectados por cárcavas de erosión profundas y procesos de erosión a lo largo de la zona. Seguidamente, se reconoció los patrones de topografías, tales como, cambios de pendientes bruscos, la vegetación se corroboró con la plasmada en el mapa de suelos del POT Valledupar. El reconocimiento geológico de la zona permitió reconocer agrietamientos de la superficie del terreno, depresiones, árboles inclinados y nacimientos de agua.

12.4 ESTUDIOS GEOLÓGICOS DE LOS FENÓMENOS DE INESTABILIDAD

“El área a investigar depende del tamaño del proyecto y de la extensión de los factores geológicos y topográficos que afectan el problema a estudiar”⁵⁹. Por ello se tuvo en cuenta parámetros fundamentales que permitan establecer los factores detonante para los procesos de remoción, el estudio del clima y su comportamiento permitieron la precipitación, temperatura y cambios barométricos y la intensidad, horario y dirección de los rayos solares sobre el talud., el marco geológico es un factor muy importante a la hora de evaluar la amenaza de la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

Se describió la geomorfología y se caracterizaron las geoformas de ambiente denudacional, también la inclinación de las laderas, para zonificar las diferentes formas del relieve los que se tendrán en cuenta para tener un conocimiento acerca de los procesos erosivos y de remoción en masa que afectan la zona.

El estudio desarrollado en la región de Guatapurí, toman importancia modelan el relieve y adicionalmente con la existencias de procesos erosivos y los fenómenos de remoción en masa en la zona, mayor susceptibilidad a presentar deslizamientos.

⁵⁹ Ibid., p.49, 59

12.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA Y DISEÑO DE MEDIDAS CORRECTIVAS

Para conocer el tipo de amenaza que se presenta en el flanco oeste del cerro Dunarúa y la zona urbana del corregimiento de Guatapurí, se debe tener un antecedente que permita conocer el comportamiento del suelo en años anteriores. Con esta información y la obtenida en campo se pudo establecer la amenaza en alta, media y baja, que representa la recurrencia estimada y ubicación geográfica de eventos probables

El análisis de la vulnerabilidad se hace sobre edificaciones, o zona con ocupaciones. En la zona rural, se omite este análisis, siempre teniendo en cuenta que para ello los escenarios deben estar ocupados o habrá un cambio de su uso. Por ello la vulnerabilidad se evaluó en forma cuantitativa, de manera que se analizan la exposición de elementos expuestos (bienes físicos y personas) y el grado de fragilidad ante el evento amenazante. En las personas se midió la vulnerabilidad de acuerdo a los posibles niveles de afectación de materias de pérdidas probables de vida o lesiones personales, relacionadas con el nivel de daño de las construcciones.

La zonificación de la vulnerabilidad se realizó a partir de la identificación de los elementos expuestos y su caracterización. De esta manera, la vulnerabilidad se clasificó en alta (rojo), media (amarillo) y baja (verde). La vulnerabilidad de las personas se clasificó de acuerdo a su grado de exposición en las edificaciones. Con los datos de la amenaza y vulnerabilidad analizados anteriormente, se realizó la interpretación de los parámetros del riesgo y una zonificación de datos ponderados de movimientos en masa. Para la zonificación más adecuada se tuvo en cuenta que esta depende de varios factores como: disponibilidad, calidad y exactitud de los datos obtenidos en campo.

13. CRONOGRAMA

ACTIVIDADES	PERÍODO: 1															
	MES: ABRIL-JULIO				MES:				MES:				MES:			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Estado del Arte del tema en la Corporación Autónoma del Cesar.																
Levantamiento de Información Secundaria en la Corporación.																
Revisión de la pertinencia del tema con el plan de Acción 2016-2019 aprobado "Corpocesar, Agua para el Desarrollo sostenible" Acuerdo -005-31-05-2016																
ACTIVIDADES	PERÍODO: 2															
	MES:				MES: JULIO-SEPTIEMBRE				MES:				MES:			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Recopilación de Información Básica																
Cartografía Base																
Descripción de las características socioeconómicas																
Fotointerpretación red de drenajes y sistema hídrico																

Descripción geomorfológica y geológica																		
ACTIVIDADES	PERÍODO: 3																	
	MES:				MES:				SEPTIEMBRE-OCTUBRE				SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Análisis de la zona de campo																		
Visita a campo																		
Análisis de la amenaza																		
Análisis de la vulnerabilidad																		
Análisis del riesgo																		
ACTIVIDADES	PERÍODO: 4																	
	MES:				MES:				MES:				SEPTIEMBRE-NOVIEMBRE					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Diseño de medidas correctivas y preventivas																		

RECURSOS HUMANOS		
	Director del Proyecto	4-6 meses
	Profesional de apoyo especialista con experiencia en gestión integral de riesgo por causas naturales	4-6 meses
	Ingeniero Geólogo o civil con experiencia en Geotecnia	4-6 meses
	Ingeniero Geólogo, Civil o geógrafo especialista en Sistema de Información geográfica y uso de la herramienta ArcGis.	4-6 meses
	Ingeniero Civil, hidrólogo o profesional de ciencias de la	4-6 meses

	tierra especializado en hidrología	
	Equipo humano de apoyo para actividad topográfica, con experiencia en las actividades de campo del estudio.	2-4 meses

RECURSOS FISICOS		
Equipo	Equipo de topografía y herramientas menores. Análisis de Laboratorio de Suelos. Computador Plotter Software de Modelación Información Cartográfica Información Hidrométrica e Hidrogeológica Papelería	4-6 meses
Transporte	Transporte de los profesionales a la zona de campo.	2-4 meses
Mano de Obra	Ingeniero Geólogo pasante Ingeniero Tutor del Proyecto. Ingeniero y/o Profesionales afines con el proyecto.	4-6 meses

RECURSOS FINANCIEROS			
CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Personal	6	0	
Equipo	10	0	
Papelería	1	100.000*	100.000*
Transporte	1	800.000*	800.000*
TOTAL			900.000*
		*Asumidos por el pasante.	

PARTE IV. LOGROS ALCANZADOS:

14. CONCLUSIONES

La historia de eventos desastrosos en Colombia demuestra que mayor parte de ellos se presentan por la falta de prevención y preparación por parte del Estado y la comunidad en su capacidad de responder oportunamente ante estas situaciones.

1. La mayor parte de las amenazas son de origen natural y con un agravante antrópico, después de las inundaciones, los movimientos en masa, ocupan el segundo lugar en la ocurrencia de desastres. Con la Ley 1523 de 2012 se establece la gestión del riesgo como una política primordial por parte de las cabeceras municipales y regiones se hace efectiva la organización y coordinación en la hora de formular acciones de prevención, mitigación, atención y reconstrucción de forma adecuada en cuanto a la planificación sostenible.
2. De acuerdo a la Ley 388 de 1997, los municipios se ven obligados a formular planes de ordenamiento territorial y de prevención de desastre y medidas de mitigación para el tipo de intervención, alcance, reducción de acuerdo a las características del riesgo. El registro histórico de los desastres contribuyó al conocimiento y estudio, que brinda de primera mano una herramienta a la hora de conocer o evaluar los factores determinantes de estos y El riesgo, considerado como un desastre potencial.
3. Con la evaluación del riesgo por fenómenos de erosión y remoción en masa en el flanco oeste del cerro Dunarúa y zona urbana del corregimiento de Guatapurí, se pudo observar que estos desastres no surgen espontáneamente, al contrario, son un proceso en el que tiempo es el factor más importante, junto con otras variables (litología, lluvias, erosión) que en conjunto forman un escenario propicio para el desencadenamiento del desastre.
4. En general y bajo este contexto se definieron los escenarios de riesgos por vulnerabilidad (alta, media, baja), que brindan una herramienta en la planificación del desarrollo sostenible y control de futuras condiciones de riesgo y además se priorizaron las áreas en cuanto a su vulnerabilidad y que puede resultar afectados por la materialización de una amenaza.

15. RECOMENDACIONES

Finalmente el Estudio de riesgo por fenómenos de erosión y remoción en masa en el flanco oeste del cerro Dunarúa y zona urbana del corregimiento de Guatapurí, Valledupar, Cesar, se ha realizado como una herramienta que permite conocer y reducir el riesgo, además del manejo de desastre, en la incorporación de los procesos de la planificación del desarrollo seguro y a la gestión ambiental territorial sostenible.

Es así, que se realizó una visita de campo, donde se evaluó los fenómenos de erosión en la zona urbana del corregimiento de Guatapurí y el flanco oeste del Cerro Dunarúa como también los fenómenos de remoción en masa, para la identificación de prioridades para la recomendación de estudios geotécnicos y/o ingenieriles, en función de atender las zonas en riesgo para mitigar y prevenir los desastres o afectaciones futuras. Para cada una se diseñaron unos elementos y unas estrategias de aplicación. (Cardona, 1997c). A continuación y como resultado del estudio se citan las principales recomendaciones a tener en cuenta orientadas a la reducción del riesgo existente y evitar la generación de nuevos riesgos a futuro:

14.1 Corto Plazo (Menos de un año)

Las medidas a corto plazo deben de implementarse a la brevedad posible, dado que son las medidas mínimas necesarias para reducir el riesgo en cada sitio crítico específico.

1. La zona urbana del corregimiento de Guatapurí no posee un sistema de drenaje ni alcantarillado, lo que incrementa la erosión y agudiza los movimientos en masa, para contrarrestar tal efecto, se recomienda construir uno que mejore el escurrimiento de las aguas superficiales y subterráneas. El control del agua tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y son generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, en cuanto tienden a desactivar la presión de poros, considerada como el principal elemento desestabilizante de los taludes. En este sentido disminuir la presión de poros y de esa forma, aumentar la resistencia al corte, mediante la construcción de canales colectores o zanjas de coronación, cunetas en las vías, los cuales deben limpiarse continuamente para su uso efectivo y garantizar la impermeabilidad para evitar las infiltraciones.
2. El uso del suelo de bosque primario, ha sido reemplazado por suelo de uso agrícolas y bovino, una vez utilizados los suelos con estos fines, son deforestados, dejándolos expuestos a la escorrentía y la erosión, por lo que una de las principales acciones inmediatas es la de reforestar con árboles nativos los sitios más críticos y propensos a deslizamientos, pisoteo y

reptación, permitiendo con esto la recuperación del terreno, evitando la infiltración del agua y su deterioro. La utilización de mantos orgánicos o mantos sintéticos junto con la vegetación conforman una protección integral contra la erosión. Generalmente estos materiales se desintegran después de que las plantas crecen y se establecen en forma permanente. La utilización de trinchos empleando estacas con maderas y ramas de maleza, representan soluciones muy interesantes para el manejo de taludes. La biotecnología por sus características ambientales es muy atractiva para la estabilización de taludes.

3. Se recomienda para el control de las cárcavas de mayor tamaño darle un manejo adecuado para lograr su estabilización mediante estructuras temporales como barreras biofísicas de control, que son de fácil y rápida construcción acompañadas de obras de desviación de aguas arribas. Tal obra de control debe ser cercada para evitar el continuo paso de animales. Debido al gran agrietamiento y la erosión tabular se presentan colapsamiento en el talud por los que se sugiere medidas de suavizados de taludes y/o construcción de muros de contención o de mampostería como los gaviones que son estructuras flexibles de retención, simples de construir y mantener para reducir el riesgo cerca de nueve casa, que se ubican en el fondo de la cárcava.
4. La elaboración de estudios geotécnicos para la reducción de las fuerzas motoras como los cambios de pendientes, la reducción de pesos y el incrementos de las fuerzas resistentes , con obras que funcionen en contrapesos, estructuras de contención , tablestacados, anclajes , entre otros debe tener en cuenta para garantizar una correcta ocupación del suelo. Según Suarez El sistema de siembra a lo largo de las líneas de nivel, como es costumbre en las zonas cafeteras de Colombia, y favorece la infiltración del agua de escorrentía, minimizando el transporte de suelo por erosión, pero facilitando la formación de niveles freáticos altos y de grandes deslizamientos, como es el caso del flanco oeste del Cerro Dunarúa y en que se recomienda en los futuros planes parciales, deben incluir estudios geotécnicos y cartografías geomorfológicas a detalle, para garantizar una correcta ocupación del suelo.

14.2 Medidas a mediano y largo plazo

1. La prevención es la principal medida a corto, mediano y largo plazo, involucrando acciones de mitigación, donde la participación de las personas es el eje fundamental para el control de la erosión y fenómenos de remoción en masa. Esto se promueve a partir de campañas educativas e informativas

y de capacitación, para la oportuna atención de emergencias y fortalecimiento de las entidades gubernamentales que mejoran y su capacidad a la resiliencia. Fortalecer la preparación en caso de desastre para asegurar una respuesta eficaz en todos los niveles.

1. El uso del suelo, y manejo indiscriminado es uno de los principales factores de erosión por lo que se recomienda normativas para restricciones de uso y ocupación, monitoreo, manejo de aguas y cobertura vegetal, limpieza de cauces, instalación de sistemas de alerta.
2. Se recomienda la realización estudio para delimitar la zona de inestabilidad potencial en el Cerro Dunarúa, que se relaciona con áreas de cultivos y de deforestación, incrementado por la quema de la vegetación, una actividad regular en la zona lo que aumenta la inestabilidad de los taludes.
3. Para reducir la vulnerabilidad se hace necesario estrategias de viviendas que incentiven la creación de infraestructura con estándares de construcción idóneos. Basados en que mayor parte de las edificaciones que se encuentran en el corregimiento de Guatapurí se encuentra debilitados e inseguros y los asentamientos informales son los más comunes ubicados en las llanuras del río Guatapurí, y que no cuentan con la cobertura de servicios básicos, todo esto para minimizar los desastres.
4. La planificación integral del riesgo, se debe ver más como una inversión que un costo, una vez se integren el gobierno, las organizaciones y las personas involucradas con el fin de asegurar la gestión y la organización antes o después de la amenaza, minimizando las pérdidas físicas y sociales derivados de los fenómenos estudiados. Reducir los factores básicos de riesgo a través de medidas de planificación territorial, ambiental, social y económica.
5. Se recomienda la creación de una base datos que permitan Identificar, evaluar y monitorear los riesgos de desastre de manera local que permitan anticiparse a los desastres y mitigar su impacto, mediante monitoreo y sistemas de alerta temprana.
6. Se debe Implementar una campaña de educación y sensibilización, que hagan a la población comprender y tomar conciencia que pueda ser afectada y prohibir estrictamente la construcción de nuevas viviendas en la zona.

16. BIBLIOGRAFÍA

ARIAS A. y MORALES Carlos J. Mapa geológico generalizado del departamento del Cesar memoria explicativa. Santa Fe de Bogotá. 1999.

AGOSTO R; Ingrid N. y AMARRO L; Osvaldo. Percepción Remota aplicada a la detección de deslizamientos de tierra en el área oeste de Puerto Rico. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez.

BLANCO M; Diana M. y JIMENEZ D; CRIADO F; Angélica M., ROSERO L.; Jorge B., VELAZQUES M; Jackson. Estudios de amenaza por erosión y remoción en masa, y vulnerabilidad de la zona de urbana y de expansión de Jesús María, Santander. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2005.

CANTILLO R., Carlos H marco metodológico para la evaluación de riesgos por movimientos en masa. Sociedad Colombiana de Geotecnia. Bogotá Colombia.

CARTAYA, Scarlet; PACHECO, Henry y Méndez, Williams. METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS EN MICROCUENCAS DE DRENAJE, ESTADO VARGAS, VENEZUELA. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Núcleo de Investigaciones “Estudios del Medio Físico Venezolano”, Caracas. 2016

COLOMBIA. GOBERNACION DEL CESAR. Plan departamental de gestión del riesgo del Cesar.

COLOMBIA. CORPOCESAR. PROYECTO. Dique río Guatapurí tramo puente hurtado - barrio pescadito.

COLOMBIA. INSTITUTO GEOLÓGICO Y DE MINAS. Estudio Geotécnico de Valledupar y la Cuenca Media del Río Guatapurí. 1991

COLOMBIA. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM SUBDIRECCIÓN DE ECOSISTEMAS E INFORMACIÓN AMBIENTAL. Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000. Bogotá. 2013.

COLOMBIA. I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES.

COLOMBIA. MUNICIPIO DE GUARNE. Amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa e inundaciones zona urbana. 2014

COLOMBIA. MUNICIPIO DE VALLEDUPAR. Plan de Ordenamiento Territorial Unión Temporal 2013.

COLOMBIA. SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO. Sistema de Información de Movimientos en masa.

Deslizamiento de cerro Dunarúa afectaría prestación del servicio de agua. En: EL Pilón. Valledupar: (27, octubre, 2012)

DUQUE E; GONZALO. Manual de Geología para ingenieros. Capítulo 16: Movimientos Masales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2014.

FERNÁNDEZ T; Roberto. Evaluación espacial de procesos erosivos y su influencia sobre el corredor de comercio las leñas. Universidad de Chile. Santiago de Chile. 2006

GUTIERREZ E; Mateo. Geomorfología. Pearson Educación. Madrid. 2008.

Habilitada vía a Atánquez-Guatapurí- Chemesquemena. En: El Pilón, Valledupar: (7, junio, 2011).

MANUAL SOBRE EL MANEJO DE PELIGROS NATURALES EN LA PLANIFICACIÓN PARA EL DESARROLLO REGIONAL INTEGRADO. Una contribución al decenio internacional para la reducción de desastres naturales Washington, D.C. 1993

NACIONES UNIDAS. Serie de medio ambiente y desarrollo. Panorama del cambio climático en Colombia. Santiago de Chile, Chile. 2013

NICARAGUA. MUNICIPIO DE YALAGÜINA. Análisis de riesgos naturales y plan municipal de reducción de desastres. Managua, 2003

NOVOTNÝ; Jan. VARNES LANDSLIDE CLASSIFICATION. University in Prague. Czech Republic. 2013

SALVADOR. Guía para la gestión local de riesgo por deslizamientos. Proyecto Sistema de Monitoreo de Deslizamientos. Segunda Edición. San Salvador, 2007

RODRÍGUEZ S; Juan G., QUINTANA Cesar D., RIVERA A; Héctor U, MOSQUERA T; Jemay. Zonificación del peligro de remoción en masa en las zonas urbanas según método de análisis mora y vahrsón: estudio de caso. Universidad de Pamplona, 2013

PADILLA C; Osvaldo U. Análisis de la vulnerabilidad por remoción en masa e inundación. Caso estudio: cuencas de la ciudad de Valparaíso. Santiago, Chile.2012

PALOMINO S; César A. Estudio del terreno y obras correctivas en el sitio del cune municipio de Villeta Cundinamarca, con aplicación del método observacional. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 2011

TERLIEN; M.T.J. y VAN WESTEN. C.J. Zonificación regional del peligro de deslizamiento de tierras. International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC).Países Bajos.

TOUSSAINT; Jean - F. Evolución geológica de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 1999.

Valledupar en peligro por el invierno. En: El Pílon, Valledupar: (19, mayo, 2011)