



**Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales
Centro de Estudios de Postgrado
Maestría en Gestión de Riesgos Socionaturales.**



**ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE RIESGOS SOCIONATURALES
PARA EL SECTOR LAS CALAVERAS. TRAMO COMPRENDIDO
ENTRE LOS LLANTITOS DE TABAY HASTA EL PARQUE
MISIREN, MUNICIPIO SANTOS MARQUINA, EDO. MÉRIDA.**

**Trabajo especial de grado para optar al título de Magíster Scientiae en Gestión
de Riesgos Socionaturales.**

Autor: Ing. Geól. Mariee. G. Vera. D.

Tutor: M.Sc. Ninfa Montilla.

Mérida, febrero 2024.

Reconocimiento

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios todopoderoso, al divino niño y a la virgen del Valle por haberme acompañado y guiado a lo largo de este camino, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y brindarme una vida llena de aprendizajes, oportunidades y experiencias únicas permitiendo que lograra esta meta tan anhelada.

A mis padres Gerardo Vera y Fanny Dugarte, por su apoyo incondicional, valores inculcados, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación, por su ejemplo de lucha y honestidad. Por y para ustedes, los amo.

A mi hija Shandel por ser parte importante de mi vida, por creer en mí, por su apoyo incondicional en todo momento. Por ser un ejemplo de valentía, capacidad y superación.

A mis abuelos que desde el cielo me cuida y me guían en este camino.

A Jesús Valverde, por el apoyo brindado, por hacer que vea las cosas desde otra perspectiva, apuntando siempre hacia el lado positivo, por ser mi calma en medio de la tempestad, me has apoyado, inspirado y motivado en todo momento de manera incondicional. Gracias

A los tíos, primos y amigos en la Maestría en Gestión de Riesgos Socio naturales, Daimer, Eudo, Ana María, Melvin, Charly, Ana, Judith, Nazareth, Omar, Mayra y Gabriel, gracias por las vivencias, experiencias, conocimientos, momentos compartidos e igualables, agradezco su amistad, consejos, apoyo, ánimo. Sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de este logro y por todo lo que me han brindado.

Al Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), y Universidad de Los Andes, por los aportes académicos y apoyo durante mi formación.

A la Prof. Ninfa Montilla quien es la tutora principal de mi trabajo de investigación, a los profesores Nerio Ramírez, Giovanny Petrella, Josué Araque, Kuay Rodríguez, gracias por su apoyo, orientación, y dedicación, quienes con sus conocimientos, experiencias, paciencia y motivación me han guiado hasta la culminación de esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	Pág. iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	Iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULOS	
I 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.1. Planteamiento del problema.....	6
1.2. Justificación.....	10
1.3. Objetivos de la investigación.....	11
1.4. Alcance y limitaciones.....	12
1.5. Contextualización del área de estudio.....	13
1.6. Descripción físico natural del sector Las Calaveras.....	16
II 2. MARCO TEÓRICO.....	36
2.1 Antecedentes.....	36
2.2. Bases teóricas.....	41
2.3. Bases legales.....	60
III 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	68
3.1. Población y muestra.....	69
3.2. Sistematización de la información obtenida en las encuestas.....	86
IV 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	110
4.1. Diagnóstico de los elementos expuestos a daños ante la ocurrencia de movimientos de masa.....	111
4.2. Vulnerabilidad física que presenta las edificaciones en la comunidad Las Calaveras por la generación de movimientos de masa.....	179
4.3. Escenarios de riesgos por intervención antrópica.....	200
4.4. Elementos detonantes y condicionantes que promueven los movimientos en masa para el diseño de las estrategias de la gestión de riesgo socionatural	209
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	236
Conclusiones.....	236
Recomendaciones.....	240
REFERENCIAS.....	242

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS	Pág.
1 Coordenadas UTM del área de estudio.....	13
2 Registros históricos de movimientos de masa cercanos a la zona de estudio.....	32
3 Para un área mínima de parcela de: 150m ²	33
4 Para un área mínima de parcela de 600m ²	33
5 Variables urbanas en bienes físicos para edificaciones multifamiliares.	34
6 Variables urbanas en bienes físicos para edificaciones unifamiliares...	35
7 Criterios de zonas o escenarios de exposición en el análisis de vulnerabilidad.....	58
8 Ejemplos de escenarios de riesgos.....	59
9 Variables cuantitativas y cualitativas. Operacionalidad de las variables	76
10 Instrumento de evaluación. Sistema de variables e indicadores que usa el Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria.....	77
11 Instrumento de Evaluación “Vulnerabilidad física en las edificaciones” modificado del Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria.....	82
12 Tipología de la edificación. Normativas y técnicas vigentes en cuanto a las tecnologías constructivas. Tomado de la comisión venezolana de normas industriales.....	87
13 Cantidad de pisos.....	87
14 Variables para riesgos estructurales, deterioros y daños en las edificaciones. Estados de conservación.....	87
15 Variables para factores del entorno y factores antrópicos.....	88
16 Variables para riesgos hidrológicos.....	89
17 Descripción de la vulnerabilidad física para las edificaciones usados en el Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria.....	90
18 Escenarios de exposición.....	91
19 Análisis de cobertura en sitios críticos.....	164
20 Indicadores implicados en la determinación de la vulnerabilidad física en infraestructura.....	180
21 Ponderación de los indicadores de la vulnerabilidad física (infraestructuras, infraestructuras de centros educativos, de salud).....	181
22 Descripción de la vulnerabilidad física para las edificaciones del sector Las Calaveras. Aplicación del método del semáforo, con data de campo.....	183
23 Edificaciones en la subcuenca C-01.....	184
24 Edificaciones en la subcuenca C-02.....	184
25 Edificaciones en la subcuenca C-03.....	185
26 Edificaciones en la subcuenca C-04.....	185
27 Edificaciones en la subcuenca C-05.....	186
28 Escenarios de riesgos comunes.....	192

29	Estrategias por área de afectación parque Misirén.....	216
30	Estrategias por área de afectación Las Calaveras 01 (C-01).....	220
31	Estrategias por área de afectación Las Calaveras 02 (C-02).....	228
32	Estrategias por área de afectación Las Calaveras 03 (C-03).....	230
33	Estrategias por área de afectación Las Calaveras 04 (C-04).....	232
34	Estrategias por área de afectación Las Calaveras 05 (C-05).....	234

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Pág.
1 Situación relativa del sector Las Calaveras.....	15
2 Visual 3D, se muestra la pendiente del terreno y altimetría.....	17
3 Mapa geológico de la subcuenca Las Calaveras.....	18
4 Rasgos estructurales en el área de estudio.....	22
5 Fotointerpretación de procesos geomorfológicos.....	22
6 Los rasgos de pendiente.....	24
7 Vegetación influyente de la parte alta del área de estudio.....	25
8 Alteración del granitoide observando su alto grado de meteorización...	26
9 Geomorfología de la microcuenca Las Calaveras.....	27
10 Se muestran la descarga de material y afectación a líneas vitales en el año 2006.....	30
11 Se muestran la descarga de material y afectación a líneas vitales en el año 2006.....	30
12 Activación de procesos geomorfológicos.....	31
13 Canal de flujo de detritos y flujo de detritos.....	31
14 En la base cartográfica a escala 1:5000, se indica la muestra seleccionada correspondiente a la población Las Calaveras, municipio Santos Marquina, estado Mérida.....	70
15 Se muestra la imagen satelital de la poligonal Mérida-Tabay.....	73
16 En la imagen se visualiza los movimientos de masa interpretados.....	73
17 Delimitación de la zona en estudio con el uso de imágenes satelitales...	73
18 Identificación de puntos críticos y presencia de los movimientos de masa en el sector, mediante uso del programa ARC GIS versión 10.8...	74
19 Muestra de la población representativa respecto a las edificaciones propensas a sufrir daños ante eventos adversos.....	79
20 Delimitación de sitios y/o zonas críticas.....	85
21 Mapa topográfico Mérida- Tabay.....	93
22 Susceptibilidad ante movimientos de masa y sectores de pendiente.....	94
23 Mapa de áreas afectadas del sector Las Calaveras.....	95
24 Mapa del sector Las Calaveras.....	97
25 Mapa topográfico con hidrografía de la zona de estudio.....	98
26 Mapa de pendientes del terreno del área de estudio en base a curvas de nivel generado a escala 1:6000.....	99
27 Unidades geomorfológicas en el sector Las Calaveras y ubicación de líneas de tensión.....	101
28 Unidades geomorfológicas en el sector Las Calaveras y ubicación de líneas de tensión.....	101
29 Altimetría del terreno del área en estudio.....	103
30 Principales amenazas que afectan el sector.....	105
31 Mapa base con ubicación de subcuencas, procesos y unidades geomorfológicas.....	106

32	Infografía cartográfica de diagnóstico de toda el área de estudio el cual representa el 100 % de la población ubicada en el sector Las Calaveras	108
33	Se muestra en tonalidad rojiza las zonas críticas, donde existe mayor afectación de los elementos expuestos.....	112
34	Se ilustra las zonas críticas con los movimientos de masa que se encuentran en la zona de estudio.....	113
35	Cálculos de los elementos expuestos en relación al área total de estudio.	116
36	Relación numérica y gráfica de los sitios críticos para la subcuenca Las Calaveras 01 (C-01).....	117
37	Elementos expuestos en la subcuenca Las Calaveras (C-01).....	118
38	Edificaciones y postes eléctricos por unidad.....	118
39	Relación porcentual de los elementos expuestos en Las Calaveras (C-01) en relación al área total.....	119
40	Relación numérica para Las Calaveras 02 (C-02).....	120
41	elementos expuestos (vías, brocales, tendido eléctrico y edificaciones) en el sector Las Calaveras 02 (C-02)	121
42	Se muestran los elementos expuestos (vías, brocales, tendido eléctrico y edificaciones) en el sector Las Calaveras 02. (C-02).....	121
43	Relación de edificaciones y suministro eléctrico en Las Calaveras (C-02)	122
44	Relación porcentual de los elementos expuestos en Las Calaveras (C-02) con base al área total de estudio.....	122
45	Relación numérica y gráfica de Las Calaveras 03. (C-03).....	123
46	Elementos expuestos en subcuenca Las Calaveras 03. (C-03).....	124
47	Representación de edificaciones y suministro de energía eléctrica en la subcuenca Las Calaveras (C-03)	124
48	Relación porcentual de los elementos expuestos en la subcuenca Las Calaveras (C-03)	125
49	Relación numérica de elementos expuestos. Las Calaveras (C-04).....	126
50	Representación de edificaciones y suministro de energía eléctrica. Las Calaveras (C-04)	126
51	Relación proporcional entre los elementos expuestos. Las Calaveras. (C-04).....	127
52	Algunos elementos expuestos en Las Calaveras (C-04).....	127
53	Relación numérica de los elementos expuestos para el sector (C-05) ...	128
54	Elementos expuestos en subcuenca Las Calaveras (C-05).....	129
55	Edificaciones y suministro de energía eléctrica. Las Calaveras (C-05)...	129
56	Relación porcentual de los elementos expuestos en (C-05).....	130
57	Eexposición física de la infraestructura (tramo parque Misirén- Llanitos de Tabay).....	131
58	Punto crítico 1. Activación de las coronas de deslizamiento. Llanitos de Tabay. Calaveras 05.....	132
59	Punto crítico 2. Edificación bifamiliar dentro del cauce fluvial. Coordenadas: Este: 268174m; Norte: 953543m; Altitud: 1561m.	134

	Calaveras 04.....	
	Punto crítico 3. Se observa el embaulamiento del canal activo.	
60	Coordenadas: Este: 2688004m; Norte: 953462m; Altitud: 1558m. Las Calaveras 04 (C-04).....	135
61	Se observan las dimensiones de la obra correctiva.....	136
	Punto crítico 4. Embaulamiento del cauce con dimensiones no adecuadas. Coordenadas: Este: 268183m; Norte: 953562m; Altitud: 1562m. Calle Don Eriberto.....	137
63	Se observa daños y vulnerabilidad en la calle Doña Bárbara.....	138
64	Se observa daños y vulnerabilidad en la calle Doña Bárbara.....	138
65	Se muestra la obra de control de escorrentía.....	140
66	Muro de gaviones.....	140
67	Se muestra obra de control de torrentes que debe ser corregida.....	141
68	Obra de control de torrentes cubierto de vegetación.....	143
69	Drenaje embaulado.....	143
70	Roca granítica meteorizado.....	144
71	Edificación asentada en masa deslizada.....	146
72	Construcción en terrenos que manifiestan movimientos de masa tipo caídas de rocas.....	147
73	Vivienda afectada por construirse en las adyacencias del cauce.....	148
74	Afectación de la obra de control.....	149
75	Viviendas expuestas asentadas sobre un material disgregado de poca compactación, y de fácil meteorización.....	150
76	Nótese la presencia de vegetación y la falta de mantenimiento del cauce fluvial.....	152
	Zona donde existió afectación a la vialidad y daños a las edificaciones bifamiliares de eventos ocurridos. Afectación a vialidad y edificaciones.....	154
78	Fracturamiento del muro de contención.....	155
79	Procesos de erosión que afectan la vialidad.....	157
	Afectación de las líneas vitales por movimientos de masa tipo deslizamiento rotacional, caídas de rocas. Además, se observa la acumulación de material sobre la calzada.....	159
81	Abanico del Holoceno, conformado por sedimentos aluviales.....	160
82	Fracturamiento de la vía principal.....	162
83	El tanque para recepción de agua.....	163
84	Algunos movimientos de masa tipo deslizamiento rotacional, fecha: 12/01/2023.....	164
85	Áreas de coberturas en sitios críticos.....	165
86	Relación porcentual de coberturas en sitios críticos.....	166
87	Delimitación de las áreas de interés.....	167
88	Infografía. Identificación de puntos y/o sitios críticos. Reducción del original.....	169
89	Secciones transversales aplicado a cada sector de la comunidad “Las Calaveras”, para observar variabilidad de las pendientes y canal del	170

	cauce.....	
90	Secciones transversales aplicado a cada sector de la comunidad “Las Calaveras”, para observar variabilidad de las pendientes y canal del cauce.....	171
91	Mapa integrado del uso de ordenación urbanísticos vs pendiente vs elevación topográfica.....	173
92	Informe de Protección Civil en el evento ocurrido el 29 de noviembre de 2006.....	174
93	Data de Protección Civil de personas afectadas en el evento ocurrido en noviembre de 2006.....	175
94	Deslizamientos y flujos de detritos. Afectaciones a personas, edificaciones y vía principal Las Calaveras 02.....	175
95	Deslizamientos y flujos de detritos. Afectaciones a personas, edificaciones y vía principal Las Calaveras 02.....	175
96	Noticia del evento ocurrido en el año 2010, en el sector Calaveras (C-02)	176
97	Edificaciones asentadas en la actualidad en el sector Las Calaveras (C-02), que pueden ser afectadas por futuros procesos hidrometeorológicos	177
98	Mapa de elementos expuestos ante movimientos de masa. Sector Las Calaveras.....	178
99	Vulnerabilidad física a terrenos emplazados en subcuencas Las Calaveras 01 y 02.....	189
100	Se detalla el emplazamiento poblacional sector Las Calaveras.....	193
101	Se detalla el emplazamiento poblacional sector Las Calaveras.....	193
102	Edificaciones construidas en la misma dirección de flujo hídrico.....	194
103	Edificaciones construidas en la misma dirección de flujo hídrico subcuenca Las Calaveras (C-05)	195
104	Áreas vulnerables a caídas de rocas y flujos de detritos (izq.). Procesos geomorfológicos que condicionan el sector estudiado (der.).....	196
105	Áreas vulnerables a caídas de rocas y flujos de detritos (izq.). Procesos geomorfológicos que condicionan el sector estudiado (der.).....	196
106	Rocas granodioríticas fracturadas.....	198
107	Granitoide muy alterado.....	198
108	Inclinación de las laderas en el sector Las Calaveras.....	199
109	Movimientos de masa tipo deslizamientos, y cárcavas.....	200
110	Fragilidad de edificaciones, obras civiles y vías de comunicación que se ubican en la misma dirección de flujo.....	201
111	Fragilidad de edificaciones, obras civiles y vías de comunicación que se construyera en el lecho fluvial o área de inundación del río Chama... ..	201
112	Muros de contención fracturados.....	202
113	Deformación de la obra correctiva.....	203
114	Puentes y canales de escorrentía tapados por vegetación.....	204
115	Obras de mitigación inactivas.....	204
116	Mapa de establecimiento de escenarios en el sector Las Calaveras.....	206



Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales
Centro de Estudios de Postgrado
Maestría en Gestión de Riesgos Socionaturales.



**ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE RIESGOS SOCIONATURALES PARA EL
 SECTOR LAS CALAVERAS. TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LOS
 LLANITOS DE TABAY HASTA EL PARQUE MISIRÉN, MUNICIPIO
 SANTOS MARQUINA, EDO. MÉRIDA.**

Autor: Ing. Mariee G. Vera D.
 Tutor: MSc. Ninfa Montilla.

RESUMEN

El sector Las Calaveras se encuentra ubicado en el municipio Santos Marquina del estado Mérida, posee una altitud de 1538 ms.n.m, ocupa un espacio geográfico de 1.870.000 m² equivalente a 187 hectáreas con fuertes pendientes que sobrepasan los 20° formando parte de la fila El Escorial. La geología está representada por la unidad litodémica designada como Granodiorita de El Carmen del Paleozoico superior y depósitos sedimentarios coluvioaluviales del Cuaternario. El área investigada, está conformada por cinco (05) subcuencas denotadas informalmente como C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05, ellas aumentan el caudal hídrico en periodos lluviosos que unidos a otros condicionantes producen movimientos de masa tipo flujo de detritos y caídas de rocas. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo proyectiva con un diseño de campo, utilizando para la recolección de datos planillas como instrumentos de evaluación para la vulnerabilidad física de las edificaciones y reseñas documentales, evidenciando 439 unidades de elementos expuestos ante movimientos de masa, con 23 puntos críticos y 124 edificaciones expuestas. Asimismo, la vulnerabilidad física que presenta el sector fue evaluado considerando como variables la tipología de las edificaciones y condiciones físicas de su entorno, concluyendo, que las edificaciones que se encuentran ubicadas en Las Calaveras C-02 y C-05, presentan exposición y alta vulnerabilidad física ante eventos extremos en periodos lluviosos por localizarse en la misma dirección de flujo de las subcuencas. La gestión de riesgo referida a la planeación, ejecución y control de las líneas de acción fue abordada con el uso de múltiples ventanas de visualización y los escenarios de afectaciones fueron diagramados en infografías cartográficas que simplificaron el contenido técnico, para que las autoridades competentes tengan un fácil manejo de la información que permita la toma de decisiones, lográndose diseñar modelos de escenarios de vulnerabilidad física, priorizando la aplicación de medidas preventivas y correctivas.

Palabras Claves: Estrategias de Gestión, Riesgos Socionaturales, Prevención, Tipología, Vulnerabilidad Física, Movimientos de Masa, Infografías.



University of the Andes
Faculty of Forestry and Environmental Sciences
Institute of Geography and Conservation of Natural Resources
Master of Socionatural Risks Management



**SOCIONATURAL RISKS MANAGEMENT STRATEGIES FOR THE LAS
 CALAVERAS SECTOR. SECTION BETWEEN LOS LLANITOS DE TABAY
 TO MISIRÉN PARK, SANTOS MARQUINA MUNICIPALITY, EDO.
 MERIDA**

Author: Ing. Mariee G. Vera D.
 Tutor: MSc. Ninfa Montilla.

ABSTRACT

The Las Calaveras sector is located in the Santos Marquina municipality of the Mérida state, has an altitude of 1538 meters above sea level, occupies a geographical space of 1.870.000 m² equivalent to 187 hectares with steep slopes that exceed 20° forming part of the El Escorial row. The geology is represented by the lithodemic unit designated as Granodiorite del Carmen from the upper Paleozoic and colluvial-alluvial sedimentary deposits from the Quaternary. The investigated area is made up of five (05) sub-basins informally denoted as C-01, C-02, C-03, C-04 and C-05, they increase the water flow in rainy periods that together with other conditions produce movements debris flow-type mass and rockfall. The research had a quantitative approach, of a projective type with a field design, using forms for the collection of data as evaluation instruments for the physical vulnerability of buildings and documentary reviews, evidencing 439 units of elements exposed to mass movements, whit 23 critical points and 124 exposed buildings. Likewise, the physical vulnerability that the sector presents was evaluated considering as variables the type of buildings and physical conditions of their environment, concluding that the buildings that are located in Calaveras C-02 and C-05 present exposure and high vulnerability. Physical in the face of extreme events in rainy periods because they are located in the same flow direction of the sub basins. The risk management referred to the planning, execution and control of the lines of action was addressed with the use of multiple viewing windows and the affectation scenarios were diagrammed in cartographic infographics that simplified the technical content, so that the competent authorities have an easy handling of information that allows decision-making, managing to design models of physical vulnerability scenarios, prioritizing the application of preventive and corrective measures.

Keywords: Management Strategies, Socionatural Risks, Prevention, Typology, Physical Vulnerability, Mass Movements, Infographics.

INTRODUCCIÓN

Los sitios de emplazamiento de la población en los Andes Venezolanos, presentan procesos geomorfológicos muy particulares, asociados con ambientes naturales de montaña en presencia de relieves relacionados a vertientes y laderas con altas pendientes que promueven eventos naturales. Así lo describe Ferrer (1982), acotando igualmente que el proceso urbanístico no planificado afecta las condiciones naturales de muchas cuencas de drenaje, modificando la conducta de los cursos de agua, mediante ajustes hidráulicos que suelen traducirse en consecuencias catastróficas para vidas y propiedades.

De igual manera, la Corporación de Los Andes (CORPOANDES, 1999), en el plan de desarrollo integral indica que en el municipio Santos Marquina de acuerdo a su ocupación territorial, la población se ha concentrado en la parte alta de la cuenca media del río Chama, en los espacios más amplios del valle donde las condiciones topográficas, conjuntamente con los procesos de erosión y desnudación del suelo, han dado como resultado la geoforma de acumulaciones de depósitos aluviales en forma de abanicos, terrazas y conos de deyección; que según esa amplitud del valle, los aportes de materiales acarreados por el río Chama, se encuentran en varios niveles de terrazas, de pendientes paralelas a la dirección general del valle, donde se asientan las principales concentraciones urbanas: Tabay, San Rafael y Los Llanitos.

En tal sentido, el sector Las Calaveras forma parte de la cuenca media del río Chama emplazado en la Serranía El Escorial, esta presenta una longitud de 2.542 metros y un ancho de 1.412 metros, abarcando el área de estudio una superficie de

187.000 m² (187 Ha), en el cual se contemplan cinco subcuencas, designados informalmente para esta investigación como C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05. El drenaje principal designado como quebrada Las Calaveras tiene una longitud 938,6 metros desde su nacimiento en la Serranía El Escorial hasta su desembocadura en el río Chama, con un patrón de drenaje tipo dendrítico. Se encuentra entre 1.910-1.530 ms.n.m; presentando una variación altitudinal de 380 metros.

Cabe explicar, que en el área de estudio los movimientos de masa (deslizamientos rotacionales, caídas de rocas y flujos de detritos, entre otros), constituyen uno de los principales problemas que se presentan en el sector, considerando los parámetros primordiales que influyen en los procesos geomorfológicos, específicamente la condición de la roca, suelo, pendiente y red de drenaje que inestabilizan las vertientes. Es así como el Instituto Nacional de Geología y Minas destaca:

Sus cauces se caracterizan por presentar muy alta pendiente, alta rugosidad del fondo y gran capacidad de transporte de sedimentos. Los materiales del fondo son generalmente partículas gruesas, grandes bloques o cantos de roca, gravas y arenas. Los caudales de estos torrentes son generalmente muy variables, con un caudal mínimo muy pequeño y en ocasiones intermitentes, pero con flujos de detritos ocasionales de caudal muy alto y tiempo de concentración relativamente corto (INGEOMIN, 2006:18).

De modo similar, subraya el Instituto mencionado que en grandes avenidas o circulaciones se: “desarrollan grandes velocidades y turbulencias de fondo con capacidad para transportar materiales de gran tamaño, con gran poder de sedimentación en zonas de baja pendiente. Sus cauces tienen forma de V, denotando

un relieve joven en proceso de profundización permanente” (INGEOMIN, 2006:18 a).

Por esta razón, se contemplan estudios geológicos y geomorfológicos realizados por algunos organismos públicos, puesto que, los diagnósticos previos fortalecerán la investigación planteada en el área de vulnerabilidad física.

Es conveniente resaltar los estudios realizados por:

(a) Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), bajo el proyecto nacional titulado “Gestión integral de riesgos en espacios urbanos”, aplicados en varias ciudades que se extienden en zonas de alta susceptibilidad a crecidas de quebradas (desbordes generalizados y flujos de detritos), además de áreas que presentan susceptibilidad a movimientos de masa en zonas de laderas, donde se aceleran los procesos de erosión y descarga de sedimentos.

b) Ministerio de Desarrollo Urbano (MINDUR), a través de la utilización de bases cartográficas, y c) Universidad de Los Andes, con los estudios de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa en las subcuencas Las Calaveras del municipio Santos Marquina, estado Mérida.

Bajo esta premisa, según las condiciones de sitio natural tomadas de los diagnósticos previamente establecidos para el sector Las Calaveras, la investigación tiene como objetivo proponer estrategias de gestión de riesgos socionaturales para la prevención y disminución de riesgos en la ocurrencia de movimientos de masa en el sector Las Calaveras, tramo comprendido entre Los Llanitos de Tabay hasta el parque Misirén; con el fin de proponer estrategias relacionadas a la gestión de riesgos que

permitan mitigar los efectos generados por las subcuencas ante la construcción de infraestructura a lo largo de la trayectoria de cauces hídricos.

Propuesta dirigida a los organismos públicos que conlleve a la toma de decisiones y aplicación de estrategias efectivas y eficaces para el desarrollo de medidas prospectivas, preventivas y correctivas funcionales para este sector. Este proyecto se justifica en base a la evaluación previa de los múltiples eventos ocurridos en épocas pasadas, los cuales registran como enfoque principal las pérdidas de vidas humanas y materiales (daños a la troncal 007, además de daños parciales y totales a estructuras), según los registros de los eventos para los años 2006 y 2010.

De acuerdo a lo expresado, surge la inquietud de proponer estrategias de gestión de riesgos socionaturales para la prevención y disminución de riesgos en la ocurrencia de movimientos de masa en el sector Las Calaveras, tramo comprendido entre Los Llanitos de Tabay hasta el parque Misirén. Municipio Santos Marquina del estado Mérida. El trabajo de grado se desarrolló bajo el enfoque cuantitativo, método de proyecto factible, tomando en cuenta tres fases: pre-campo, campo y oficina. Estructurado en cuatro (4) capítulos descritos a continuación:

El Capítulo I, presenta la problematización, interrogantes, objetivos, justificación, alcances, limitaciones y la contextualización del área investigada. En el Capítulo II, se encuentra el marco teórico conceptual, conformado por cuatro componentes: antecedentes, teorías, bases legales y operacionalización de las variables de estudio.

Posteriormente, el Capítulo III, contiene el marco metodológico en el se indica tipo de investigación, diseño, población, muestra, técnicas e instrumentos, así como,

las etapas de la investigación: Pre-campo, campo y Oficina. El capítulo IV, corresponde a la presentación del análisis de los resultados que sustentan el diagnóstico expresando los hallazgos encontrados y la propuesta de estrategias de gestión de riesgos socionaturales. Conclusiones y recomendaciones. Finalmente se listan las referencias bibliográficas.

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

En el sector Las Calaveras, durante la época de lluvias se evidencia la evolución de diversos movimientos de masa, producto de procesos erosivos generados por crecidas excepcionales de cinco (5) subcuencas específicas (C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05), que, junto a las características del relieve, fenómenos hidrometeorológicos y la acción antrópica del hombre condicionan la estabilidad de los macizos rocosos.

Algunos organismos públicos como: Alcaldía del municipio Santos Marquina, Instituto de Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Mérida. (INPRADEM), Bomberos del estado Mérida, Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), Ministerio de Obras Públicas, manifiestan que este sector ha sido afectado en varias oportunidades por las crecidas excepcionales de las subcuencas Las Calaveras, dejando como consecuencia significativas pérdidas humanas, daños a viviendas y a la vía principal, así como, pérdidas materiales, por lo que marca la importancia de trabajar de manera conjunta sobre herramientas de vulnerabilidad física, cuya aplicación minimicen la exposición ante eventos adversos.

De acuerdo a los estudios realizados en el sector Las Calaveras, se categoriza como de alta susceptibilidad ante movimientos de masa debido a las condiciones de sitio físico naturales (Peña, 2017). Así mismo, el Instituto Nacional de Geología y Minería Los Andes estipula en sus investigaciones que este sector presenta múltiples problemas de inestabilidad geológica y procesos hidrogeomorfológicos, vinculados a su vez con otros procesos relacionados a la acción antrópica (INGEOMIN, 2006 b).

Aunado a lo anterior, la etapa inicial ejecutada para esta investigación, demuestra que existe la construcción de viviendas y trazado de las vías de penetración en la misma dirección del flujo de los cauces. Por ende, los habitantes de las comunidades allí asentadas y sus líneas vitales (tendidos eléctricos, agua potable, vialidad principal, áreas recreativas, entre otros), se ven perjudicadas potencialmente por las precipitaciones extremas y presencia de movimientos de masa inducidos generalmente por estas lluvias excepcionales.

En consecuencia, se hace necesario diseñar estrategias de gestión de riesgos siconaturales enfocadas para la prevención y disminución de riesgos en la ocurrencia de movimientos de masa en el sector Las Calaveras, tramo comprendido entre Los Llanitos de Tabay hasta el Parque Misirén, ubicado en el municipio Santos Marquina del estado Mérida, alojando a 5 subcuencas cuya dirección de flujo y procesos de escorrentía han afectado y seguirán perturbando a estos asentamientos humanos si no se aplican las medidas correctivas, y prospectivas pertinentes en dicha área.

En este sentido, la metodología usada en el trabajo de investigación se llevará a cabo a través de la aplicación del muestreo intencionado o sesgado, aquí se seleccionan los elementos representativos de acuerdo al investigador y puede

determinarse la problemática, ya que se genera la data necesaria que identifican los peligros a la que está expuesta la comunidad. Esta metodología también se desarrolló bajo el enfoque cuantitativo, método proyecto factible, de carácter descriptivo; por cuanto el estudio planteado describe en forma específica las características inherentes a la investigación, debido a que se registró, analizó, determinó e identificaron, las relaciones que existen entre las variables del estudio.

Bajo este contexto, el trabajo de investigación se apoya en un diseño de campo para identificar los sitios más críticos, dentro de los cuales se señalan las obras civiles (vialidad, obras de mitigación, líneas vitales y edificaciones) expuestos a daños potenciales y por ende los escenarios de afectación mediante el uso de cartografía base, estudios anteriormente realizados en la zona y aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG).

Es pertinente indicar, que dentro de la gestión de riesgo se enmarcan las políticas, estrategias y directrices a nivel urbano. Esta gestión en el ámbito local, requiere el conocimiento generado acerca de la dinámica socio territorial, lo que permite conocer las características del lugar, indicar los problemas del sector y expresiones económicas, sociales, culturales y de riesgo, al tiempo que se sugieran las directrices como oportunidades de desarrollo y se concreten las medidas, proyectos y programas, dirigidos a sentar las bases para atender los requerimientos de comunidades vulnerables.

A tal efecto, se indica que la pertinencia y vigencia de los planes de desarrollo urbano concernientes al municipio Santos Marquina, particularmente en el sector Las Calaveras, pueden estar desactualizados, así como, las medidas correctivas indicadas

para controlar y mitigar el efecto de eventos adversos. Algunas medidas correctivas están obsoletas, ameritan su revisión y reforzamiento, para cumplir con la demanda que necesita la comunidad, en virtud de que son instrumentos importantes tanto en la gestión gubernamental como en la gestión de riesgos.

De acuerdo a lo planteado, conocer y divulgar la gestión de riesgo local es imperante, por cuanto, permite reorientar nuevos asentamientos poblacionales. Además de darle seguimiento a las medidas correctivas propuestas, con el objeto de mitigar futuras afectaciones por procesos naturales, evitando daños a las infraestructuras, líneas vitales y bienes materiales. Se deduce la importancia de evaluar las medidas de prevención y mitigación para reducir la exposición e impacto de la amenaza con la aplicación de obras civiles, disminuyendo la vulnerabilidad física que manifiesta la comunidad Las Calaveras.

Por consiguiente, esta investigación se orienta a responder las siguientes interrogantes: ¿Cuáles elementos están expuestos a daños ante la ocurrencia de movimientos de masa en el sector Las Calaveras?; ¿Cómo se podría evaluar la vulnerabilidad física que presentan las edificaciones de la comunidad en estudio, causados por la generación de movimientos de masa?; ¿De qué manera conocer los escenarios de afectaciones ante movimientos de masa en el sector de estudio?; ¿Cuáles son los elementos detonantes y condicionantes que promueven los movimientos de masa en el sector para el diseño de las estrategias de gestión de riesgos siconaturales?.

1.2. Justificación

El presente trabajo de investigación busca ser un instrumento de orientación para las autoridades que toman decisiones, específicamente a la alcaldía del municipio Santos Marquina, Ministerio de Obras Publicas y gobernación del estado Mérida, debido a que la ocurrencia de movimientos de masa ha ocasionado el deterioro de las líneas vitales (postes eléctricos, tuberías de aguas blancas, vialidad y estructuras), así como también las afectaciones a las personas.

Como consecuencia, el trabajo de investigación indica estrategias de gestión de riesgo socionatural necesarias para que la alcaldía del municipio Santos Maquina, proponga acciones de manera conjunta con organismos gubernamentales u otros actores sociales que tienen misión institucional el prevenir y disminuir los efectos causados por los riesgos socionaturales, con el propósito de mejorar la calidad de vida de la comunidad que habita en el sector Las Calaveras, anteriormente afectada debido a los movimientos de masa que son activados por lo general en épocas de lluvias.

Se justifica la investigación por la sugerencia de alternativas y estrategias de gestión a los problemas socionaturales de la comunidad Las Calaveras, su aplicación contribuyen al mejoramiento y cambio de obras correctivas; además de la sugerencia de medidas prospectivas cuya aplicación puede contribuir a la variación de las condiciones actuales del sector. También, desde el punto de vista académico, permitirá fortalecer los conocimientos de la gestión de riesgos en el desarrollo

sostenible a nivel local, mediante la interacción de la comunidad con su entorno, participación comunitaria e institucional.

1.3. Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Proponer estrategias de gestión de riesgos socionaturales para su prevención y disminución en la ocurrencia de movimientos de masa para el sector Las Calaveras, tramo comprendido entre Los Llanitos de Tabay hasta el parque Misirén. Municipio Santos Marquina del Estado Mérida.

Objetivos Específicos

Diagnosticar los elementos expuestos a daños ante la ocurrencia de movimientos de masa.

Estimar la vulnerabilidad física que presenta las edificaciones en la comunidad en estudio por daños causados por la generación de movimientos de masa

Establecer los escenarios de afectaciones ante movimientos de masa mediante diseño de infografías que permitan a las comunidades el manejo de la información.

Indicar los elementos detonantes y condicionantes que promueven los movimientos de masa para el diseño de las estrategias de gestión de riesgos socionaturales.

1.4. Alcance y limitaciones

Alcances

Entre los aportes generados por esta investigación se menciona que brinda a las autoridades gubernamentales acciones para prevenir y minimizar el daño causado por movimientos de masa, a través de la planificación y ejecución de las estrategias de gestión de riesgo siconaturales propuestas, e incorporarlas a las políticas públicas, lo cual contribuirá a intervenciones oportunas y acertadas. De hecho, se intenta dar soluciones oportunas para evitar nuevos riesgos hacia la población y rediseñar las obras correctivas ya aplicadas que permitan mitigar el comportamiento de las subcuencas que generan daños a la comunidad Las Calaveras.

Evidentemente, la investigación genera aportes a la comunidad para la implementación de medidas preventivas y correctivas, sirviendo de orientación a las autoridades gubernamentales para la aplicación en otros sectores que presenten las mismas características. Finalmente, es importante señalar que contribuye al estímulo en los sectores, organismos, autoridades y entes gubernamentales responsables en la atención de los riesgos siconaturales, para que tomen decisiones hacia la incorporación de estrategias y recursos en esta área, en pro del desempeño de políticas públicas que favorezcan la calidad de vida de los pobladores.

Limitaciones

Por otra parte, dentro de las limitaciones encontradas en la presente investigación, se pueden mencionar: (a) escasa adquisición de recursos económicos para materiales y suministros; (b) difícil abordaje a las faenas de campo; (c) pandemia del COVID- 19. Condicionando las entrevistas con los consejos comunales y la obtención de datos consistentes de las edificaciones; y (d) poca accesibilidad al público de la documentación cartográfica.

1.5. Contextualización del área de estudio

El sector Las Calaveras, está ubicado dentro del municipio Santos Marquina del estado Mérida, con una altitud de 1538 ms.n.m, bajo las coordenadas UTM aproximadas que se muestra en el cuadro 1 y conformada por una superficie de 1.870.000 m² equivalente a 187 hectáreas, y un perímetro de 6 km igual a 6000 m.

Tabla 1. Coordenadas UTM del área de estudio.

Punto	Coordenadas Este	Coordenadas Norte
1	266 626	952 227
2	268 394	953 282
3	267 235	954 110
4	266 452	953 248

Fuente: Vera, M. (2023).

El área seleccionada limita al norte con el caserío del sector Las Calaveras (parte alta), al sur con el río Chama y sector Las Calaveras parte baja, al este con la

Troncal 007 (carretera Trasandina) y sector “La Ceibita”, y hacia el oeste con el Troncal 007 con el sector “Capilla del Carmen”. La comunidad cuenta con una vía principal totalmente asfaltada que permite el enlace entre Mérida y el resto del país.

Las subcuencas poseen regímenes entre permanentes e intermitentes, denotadas informalmente como cauces (C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05), estos confluyen casi perpendicularmente tanto a la cuenca del río Chama como a las estructuras y bienes físicos de la comunidad. Por esta razón, ha causado daños materiales y humanos.

Así mismo, está incluido dentro de la poligonal urbana de Tabay, vía trasandina (troncal 007), dentro del Plan de Ordenamiento Urbanístico (POU) del área metropolitana Mérida- Ejido- Tabay, se encuentra dentro de una zona clasificada como área con restricción de uso tipo II, ARU- 2: Área de Protección Integral según resolución 3001 del Ministerio de Desarrollo Urbano, con fecha de 08/01/99. (Aldana *et al.*, 2014).

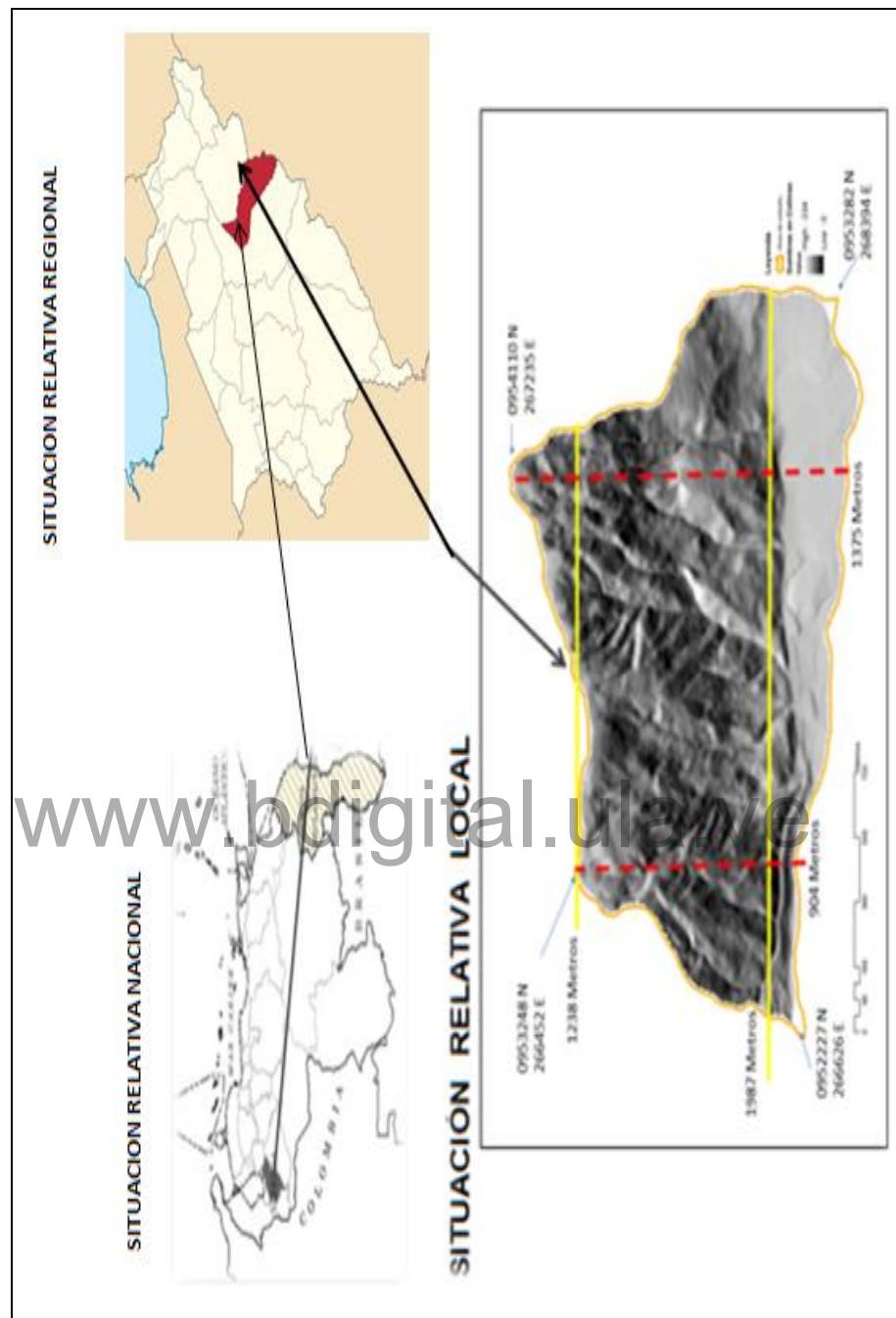
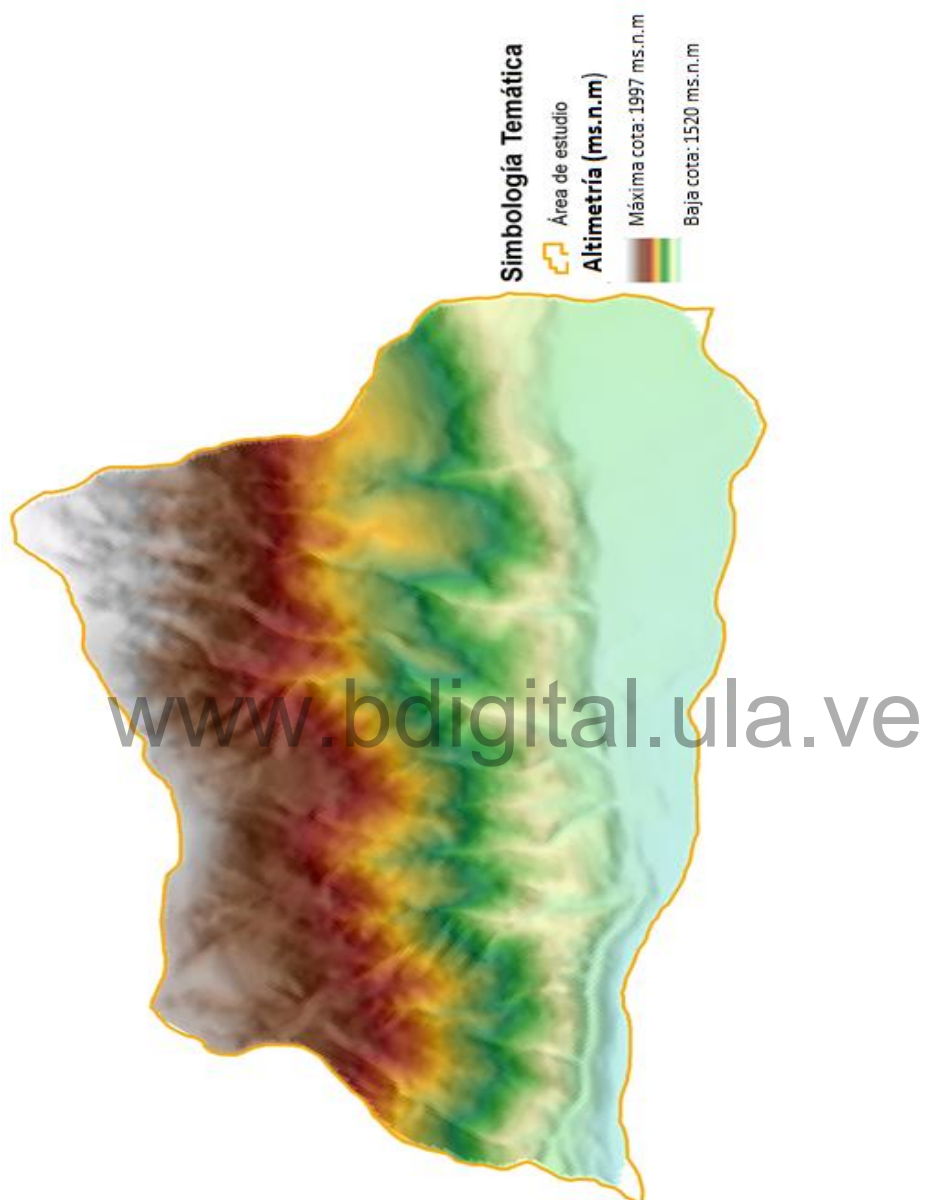


Figura 1. Se muestra la situación relativa del sector Las Calaveras. Fuente: Vera, M. (2023).

1.6. Descripción físico natural del sector Las Calaveras

A continuación, se describen algunas variables de las condiciones de sitio presentes en el sector Las Calaveras, tales como: relieve, aspectos climáticos, geomorfología, suelos y vegetación.

Relieve: El área en estudio presenta un relieve de tipo montañoso con elevadas pendientes superiores a 20°, específicamente en unidades geomorfológicas de vertientes que conforman la Serranía El Escorial (figuras 2 y 3), representada por el batolito del El Carmen (Granodiorita) o granitoides ácidos pertenecientes a la Granodiorita de El Carmen, las cuales en su mayoría se encuentran fracturados, diaclasados y/o meteorizados, como consecuencia de los rasgos estructurales presentes en la zona. Cabe añadir, que solo una pequeña porción discierne áreas planas con pendientes entre 0 y 20 % (Depósitos aluviales y coluvio- aluviales) de los fondos de los valles que destacan la acumulación de sedimentos en donde se emplaza la mayor parte de la población que habita en el sector.



Figuras 2. Visual 3D, se muestra la pendiente del terreno y altimetría. Datos tomados de imágenes satelitales con el uso del programa ArcGIS versión 10.8. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Geología: En el área de estudio se aprecian dos unidades geológicas, cuyo orden geocronológico va desde lo más antiguo representado por la Granodiorita de El Carmen (Paleozoico Superior) hasta las acumulaciones recientes del Cuaternario (figura 3).

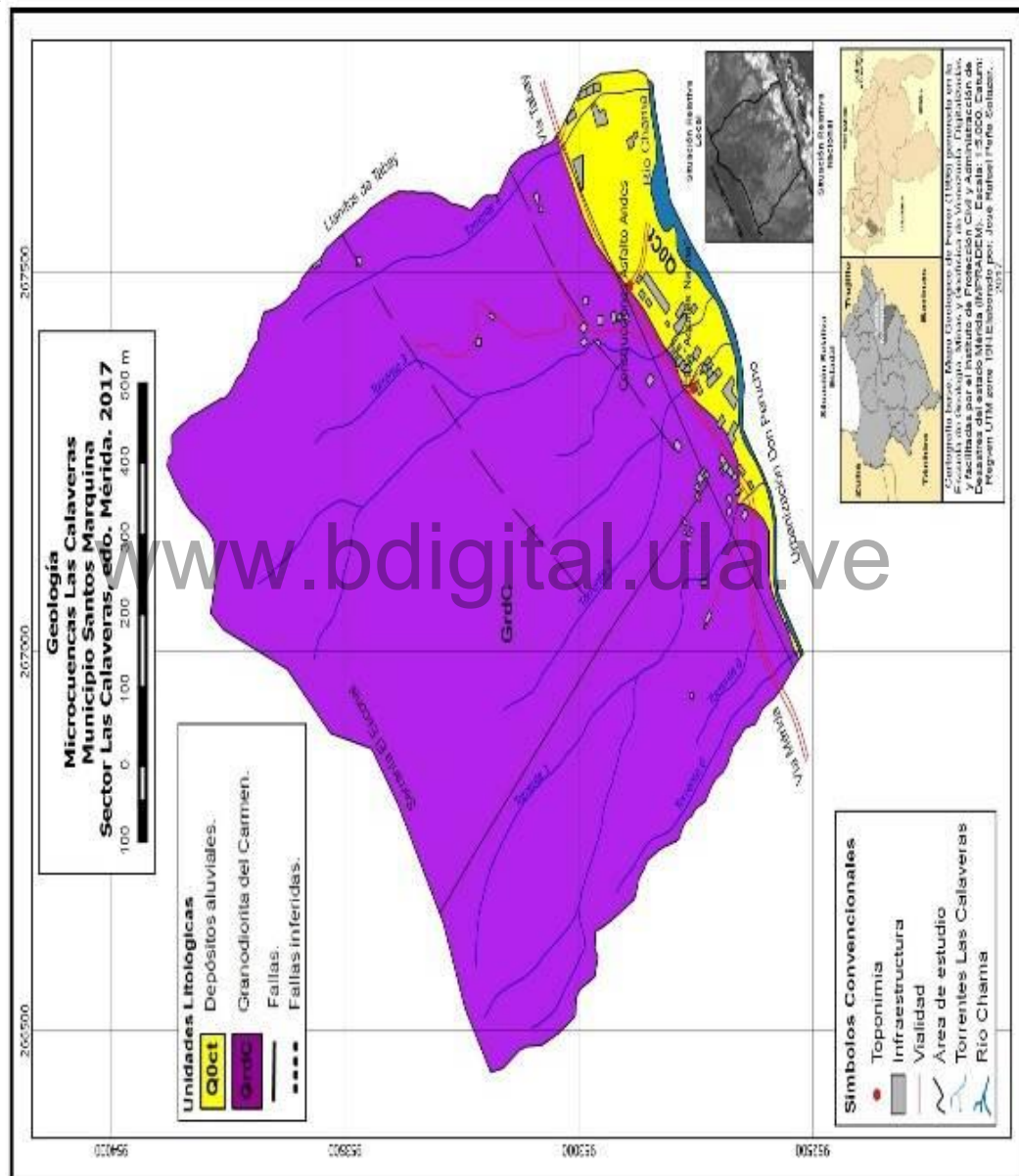


Figura 3. Mapa Geológico de la Subcuenca Las Calaveras. **Fuente:** Peña, (2017).

La Granodiorita de El Carmen (Paleozoico Superior), es descrita como un “sill granítico, en el cual predominan rocas feldespático-cuarzo-biotítico- moscovíticas, de grano medio, leucoamesocrática con intrusiones pegmáticas esporádicas” (Peña, 2017:41). Generalmente se presenta como una roca dura, equigranular con diaclasamiento frecuente, formando sistemas mayores de ellas en forma general.

En análisis de campo, los macizos rocosos presentan gradación de colores que varían de grises oscuros blanquecinos, cambiando a tonos amarillos en algunos lugares donde se presenta una alta meteorización. Otros autores manifiestan que la Granodiorita de El Carmen: “es un cuerpo granodiorítico, altamente fracturado que presenta niveles progresivos de meteorización que lo hacen susceptible de sufrir distintos tipos de procesos en movimientos de masa” (Ayala y Requena, 2011: 89).

Desde el punto de vista de la torrencialidad de las subcuencas, otros autores promueven el arrastre de sedimentos (aluviales y coluviales) y la deposición en la parte baja donde se emplaza la población de Las Calaveras. Así mismo, indica que los sedimentos provenientes del río Chama son materiales de carácter heterogéneo, mal estratificado donde la litología predominante para esta área es constituida por una gran variabilidad de materiales provenientes de distintas fuentes de aportes recientes, los cuales se han acumulado desde el Pleistoceno hasta el Holoceno, en áreas de fondo de valle y en las partes bajas de las vertientes. (Requena, 2008).

Finalmente, La Granodiorita de El Carmen posee características litológicas y texturales que la definen como un cuerpo homogéneo desde el punto de vista mineralógico, químico y textural, presentando algunos diques graníticos félsicos, de

aplita y pegmatita, los cuales representan diferentes etapas de temperatura y saturación de fluidos en el sistema magmático. (Tazzo, 2008).

Geología estructural: En cuanto a la geología estructural es importante mencionar lo siguiente: “Debido a que el área de estudio se localiza en la región de Los Andes, está influenciado por un sistema de fallas en dirección suroeste- noroeste que atraviesa longitudinalmente toda su extensión, denominado sistema o zona de fallas de Boconó” (Requena, 2008 citado en Peña, 2017: 39).

No obstante, regionalmente se considera que el área se enmarca en dos bloques montañosos; el de la Sierra Nevada y Serranía El Escorial que pertenece a la Sierra de La Culata, separados entre sí por una fosa tectónica longitudinal que sigue la línea del eje andino, por donde surge el valle del río Chama (figuras 4 y 5).

A su vez, esta área presenta la influencia directa de la zona de falla de Boconó, cuyas fallas secundarias tanto perpendiculares y como paralelas controlan el diaclazamiento de las rocas; que unido a procesos de meteorización intervienen en la alta fragilidad de los macizos rocosos. Por lo tanto, la tectónica del área ejerce un control estructural sobre los drenajes principales que fluyen en el área de estudio.

Al respecto, la Corporación de Los Andes indica que:

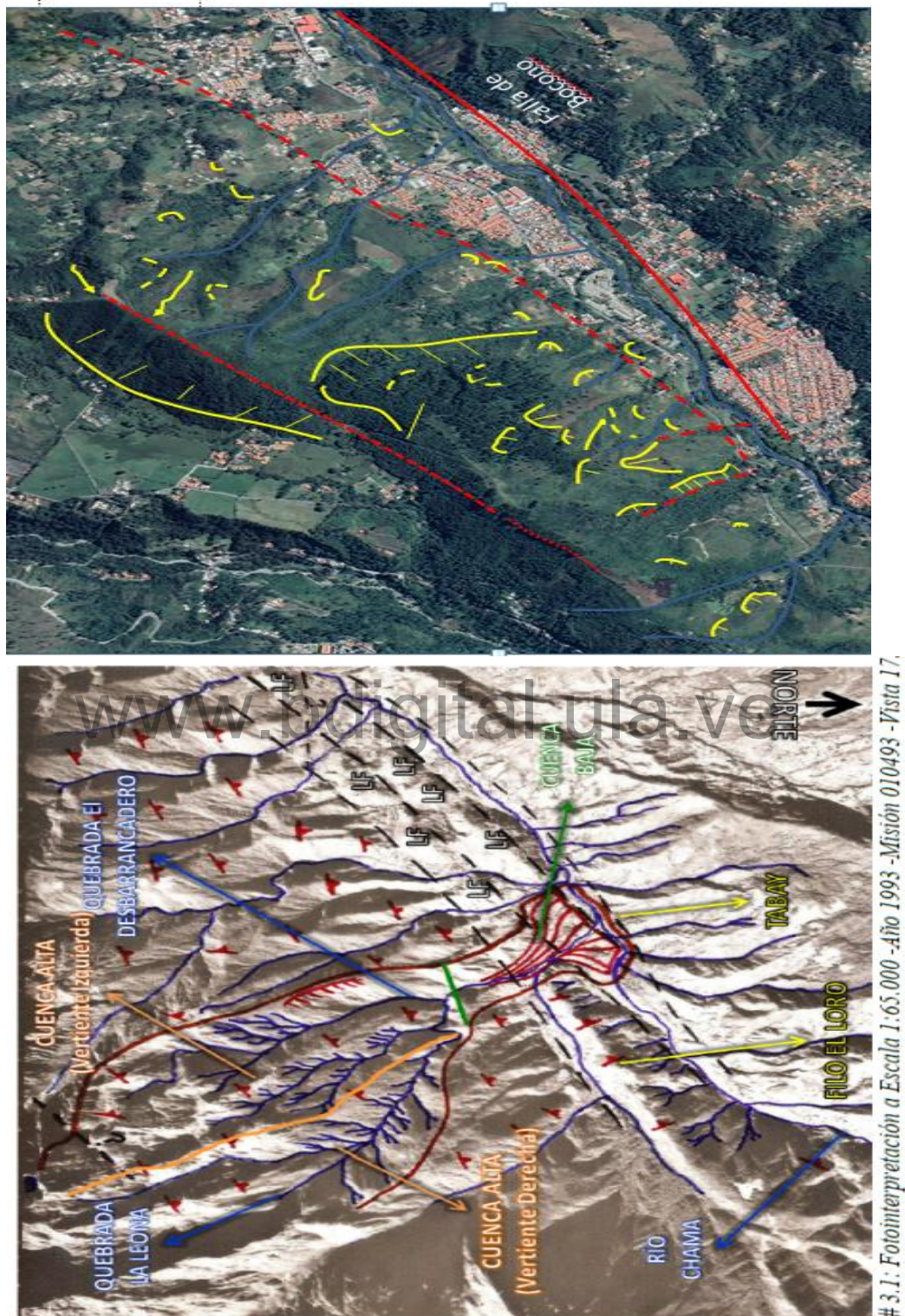
La depresión o fosa tectónica ha sido la zona receptora del material de detritos, proveniente del complejo rocoso erosionado, debido a los cambios ocurridos en el período Cuaternario de la era Cenozoica cuando comenzó la formación de las terrazas y abanicos en el fondo de valle del río Chama (Peña, 2017: 39).

En cuanto a la geología estructural, esta se encuentra influenciada por una fosa tectónica, pues se observa en campo algunos indicios dados por las colinas y lomas

que son por lo general lomas de falla, las cuales se clasifican como expresiones topográficas notables del recorrido de la traza de la falla observada al sur de la falla de Boconó. (Aldana *et al.*, 2014).

En otras palabras, la sismicidad en el área provoca afectaciones a la litología, mediante los niveles de alteración, presentando espesos mantos de roca altamente meteorizados, pues presentan al menos cuatro (04) familias de diaclasas principales y algunas ocasionales, además este tipo de litología presenta otros niveles de alteración debido a los procesos de lixiviación in situ correspondientes a la etapa de saprolito. Aunado a la situación, la condición estructural facilita la infiltración del agua en la roca generando los núcleos de roca tipo *corestones* y granitos descompuestos. (Ayala *et al.*, 2014).

www.bdigital.ula.ve



Figuras 4 y 5. (a). La imagen muestra los rasgos estructurales en el área de estudio (superior). (b) Se observa la fotointerpretación de procesos geomorfológicos (inf.).
Fuente: Análisis por Prof. Lafaille, tomado de presentación de INPRADEM, (2019).

Reconocimiento

Clima: El área está emplazada en una zona intertropical de montaña, con una temperatura media anual de 17,5°C y una humedad relativa aproximadamente de 18 %, con totales anuales de precipitación de 1400 y 2000 mm; por lo que se encuentran en una franja amplia con promedios anuales de 1540 mm.

No obstante, debido a la cantidad de lluvia bien distribuida se define el clima como húmedo. A su vez, el Instituto Nacional de Geología y Minería menciona que la precipitación presenta “un patrón de distribución temporal marcadamente bimodal, definido por dos picos de lluvias en los meses de mayo-octubre, ocasionado por la influencia de vientos alisios que penetran desde el Lago de Maracaibo, de marzo hasta noviembre, definido por el clima llanero” (INGEOMIN, 2010: 2).

Hidrografía: Las subcuencas Las Calaveras confluyen a la cuenca media del río Chama, que a su vez constituyen parte de la hoya hidrográfica del Lago de Maracaibo. La zona en estudio presenta cinco (05) subcuencas (C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05). Sus nacimientos provienen de las áreas cercanas a las divisorias de aguas que separan las cuencas del río Chama y Mucujun, en la Serranía El Escorial (Figura 5).

Los caudales de estos cauces son generalmente muy variables, es decir, con un caudal mínimo en períodos secos, bastante bajo y con una alta capacidad de arrastre de sedimentos en períodos de lluvias, generando de esta manera flujos de detritos con altas velocidades y gran turbulencia de fondo con capacidad de transportar materiales de gran diámetro, por tanto, con gran poder de sedimentación en zonas de baja pendiente. Sus cauces tienen forma de V, lo que denota un relieve joven en proceso

de profundización permanente. Su red de drenaje posee un patrón dendrítico conformado por cauces de corto recorrido que no alcanzan los 900 metros y no superan cauces de segundo orden. (INGEOMIN, 2010).

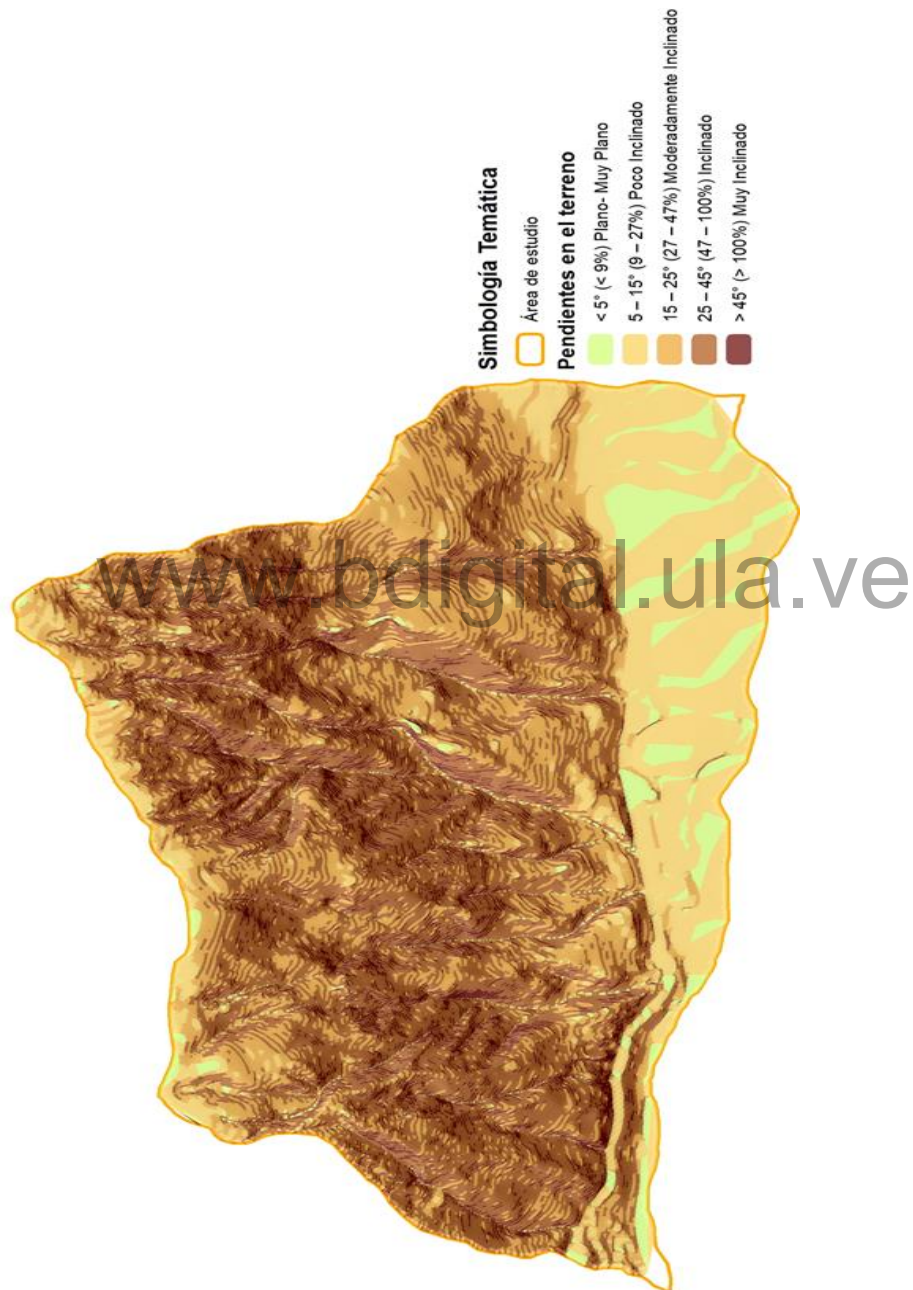


Figura 6. Se visualiza los rasgos de pendiente, datos tomados de imágenes satelitales con el uso del programa ArcGIS versión 10.8. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Vegetación: La vegetación en el área de estudio es variable, predominantemente está cubierta de pastos naturales, gramíneas y pastizales. Es de notar, que las cabeceras del área de estudio, específicamente en las divisorias de aguas, se encuentra una plantación de pinos, además, en el resto de las subcuencas existen especies de vegetación baja, casi rastrera y escasa, representada por musgos, helechos y arbustos, tal como se observa en la figura 7.



Figura 7. Se observa la vegetación influyente de la parte alta del área de estudio.
Fuente: Tomado del Instituto de Geología y Minería INGEOMIN, (2006).

Suelos: Los perfiles de estos suelos son variables, según estudios granulométricos realizados a las distintas vertientes; en principio, de naturaleza residual, por lo general de suelos recientes. En este sentido, estos suelos presentan pH ácidos a extremadamente ácidos, siendo suelos fuertemente lixiviados con texturas que varían

de livianas (arenosos-franco-arenosos) a pesadas (arcillo-franco-arcilloso). Según sus propiedades definen sus condiciones de uniformidad.

Tal como se observa en la figura 8, debido a la alteración de los macizos rocosos se tiene que los granitoides se degradan continuamente, partiendo de bloques masivos hasta finísimas partículas del tamaño de la arena y arcilla generando el material de aporte a los movimientos de masa, es decir, caídas de rocas, deslizamientos y flujos, constituyéndose principalmente de feldespatos, cuarzo, plagioclasas y mica biotita. Por su parte, se ha determinado que en algunas zonas existen acumulaciones cuaternarias con relativo grado de estabilidad en los suelos. En zonas cercanas a cauces de los ríos y de poca vegetación donde existe una conformación sedimentológica de gran dinamismo (Pleistoceno-Holoceno), no permite el desarrollo de los perfiles de manera continua y estable, es decir, bajo niveles evolutivos en sus pedogénesis. Requena, (2008).



Figura 8. Alteración del granitoide observando su alto grado de meteorización
Fuente: Vera, M. (2023).

Fenómenos hidrometereológicos del municipio Santos Marquina: Según los antecedentes registrados en los alrededores del municipio Santos Marquina, específicamente entre los sectores La Mucuy, San Rafael, Tabay y Los Llanitos, este fenómeno hidrometereológico se caracteriza por registrar magnitudes de 40-60 mm, en frecuencias de hasta un 45 %. Entre San Rafael de Tabay y Los Llanitos de Tabay ocurren las precipitaciones más copiosas del sector, se presentan frecuentes aguaceros de alta intensidad asociados con perturbaciones meteorológicas locales del periodo lluvioso que efectivamente pudieran localizarse sobre la vertiente derecha del río Chama en las inmediaciones o cabeceras de las cuencas que drenan hacia el sector “El Cucharito” tal como ocurrió en el año 1971. La información que se manejó para el momento fue la localización de los centros más frecuentes de tormenta en el municipio Santos Marquina con datos registrados los cuales fueron identificados por UFORGA-ULA 1997, por medio del análisis de mapas isoyéticos de las precipitaciones diarias. (Solorzano *et al*; 2007).

Eventos históricos relacionados a fenómenos ocurridos por movimientos de masa en el sector Las Calaveras: El sector Las Calaveras, no sólo es influenciado por la frecuente ocurrencia de caída de rocas que se activan en periodos de lluvias, también, ha sido escenario de eventos naturales inesperados, representados por flujos de detritos, que han ocasionado pérdidas tanto humanas como materiales, entre ellos, los eventos adversos en el año 2006 y 2010. Siendo el más lamentable el ocurrido el día miércoles 06 de octubre de 2010, cuando dos (02) niños perdieron la vida

producto de un flujo de detritos originado a partir de intensas lluvias, provocando el desbordamiento de la subcuenca C-02. (INPRADEM, 2018).

De acuerdo a reportes históricos obtenidos del Instituto de Geología y Minería INGEOMIN. (2006-2010) e Instituto de Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Mérida, se procedió a organizar cronológicamente los anteriores eventos y procesos geomorfológicos que han suscitado en el área de estudio, a partir de una exhaustiva revisión de materiales y evidencias obtenidas de diferentes notas, entre ellas: informes técnicos, noticias publicadas en diarios locales, minutas de referencia redactadas por INPRADEM, e INGEOMIN del año 2009. (Solórzano. *et al*; 2007).

De igual forma, se consideró, algunos testimonios orales de dicho sector, llegando a concluir que estos eventos ocurren en un periodo de retorno de cincuenta años. A continuación, se presentan eventos naturales ocurridos en el sector, relacionados a movimiento de masa:

1. El 25 de noviembre de 2006 a las 9:00 pm, hubo un desbordamiento de las quebradas Las Calaveras y los Mangos ubicadas en la vía Trasandina, registrándose la muerte de dos (02) personas; destrucción de un total de cuatro (04) viviendas y veintiún (21) afectados, nueve (09) vehículos arrastrados por el agua y afectación de la escuela Aquiles Nazoa. La causa de este siniestro fueron las precipitaciones torrenciales, teniendo como características deslizamientos y flujos de lodo (figura 10 y figura 11). (INGEOMIN, 2006).



Figuran 10 y 11. (a). Se muestran la descarga de material (b) afectación a líneas vitales en el año 2006. **Fuente:** Tomado del Instituto Nacional de Geología y Minería INGEOMIN, (2006).

De igual forma, el 05 de octubre de 2010 a las 10:00 pm, ocurrió la muerte de dos (2) niños, de 1 y 3 años de edad, cuya vivienda fue cubierta por la descarga sedimentaria relacionada con la activación de subcuencas de la quebrada Las

Reconocimiento

Calaveras. Este evento está relacionado con precipitaciones extremas causado por lluvias antecesoras de gran intensidad que activaron avalanchas de rocas y flujo de detritos en la zona, tal como se observa en las figuras 10 y 11.



Figuras 12 y 13. (a) Se evidencia la activación de procesos geomorfológicos (izq.). (b) Canal de flujo de detritos y flujo de detritos. (der). **Fuente:** INGEOMIN, (2010).

Posteriormente se indican algunos eventos descritos relacionados a movimientos de masa que se han presentado con frecuencia a partir del año 2002, cercanos al área de estudio, donde se evidencia la afectación de este tipo de eventos en varias localidades y que han sido provocados por el mismo detonante, en dicho caso, precipitaciones intensas. (INGEOMIN, 2009).

Tabla 2. Registros históricos de movimientos de masa cercanos a la zona de estudio.

Fecha	Localización	Breve descripción y fuente
05/04/1961	Tabay, Capilla del Carmen, Municipio Santos Marquina	Deslizamientos. Nota: Hemeroteca Tulio Febres Cordero. Diario católico “El Vigilante”, Mérida, 12/4/1961, página 3.
20/04/2002	Mérida, El Vigía, La Palmita, Caño Zancudo, Tabay y Mucujun. Municipios Alberto Adriani, Santos Marquina y Libertador.	Derrumbes. Fuente: Hemeroteca Simón Bolívar. Periódico regional “Frontera”, Mérida, 26/4/ 2002.
31/10/2004	Mucujun, Capilla del Carmen, Las Calaveras, Los Llanitos, entrada al pueblo de Tabay, Canute, Mucuruba. Municipios Libertador, Santos Marquina y Rangel.	Derrumbes, deslizamientos de tierra, caída de grandes árboles, rocas y piedras. Fuente: Hemeroteca Simón Bolívar. Periódico regional “Frontera”, Mérida, 26/4/ 2002, Cuerpo B, página 2. Mérida 0/11/2004.
07/05/2005	Capilla del Carmen, Municipio Libertador	Deslizamientos. Fuente: Hemeroteca Simón Bolívar. Periódico regional “Frontera”, Mérida, 26/4/ 2002, Cuerpo A, página 2, Mérida 09/5/ 2006.

Fuente: INGEOMIN, (2009).

Características poblacionales del sector Las Calaveras: El sector Las Calaveras estaba habitada por aproximadamente ciento cuarenta y ocho (148) familias, las cuales han ido aumentando progresivamente sin conocimiento del entorno y amenazas a que pueden estar expuestas, obviando las normas y principios legales del ordenamiento urbano (Solórzano *et al.*, 2007).

A ese respecto, dentro de los patrones de desarrollo habitacional y ocupación del territorio, se considera la normativa de ordenanza de zonificación, establecida por el Ministerio de Desarrollo Urbano del estado Mérida, el cual contempla la localización de los asentamientos urbanos, actividades económicas-sociales de la población y desarrollo físico espacial, con el propósito de lograr una armonía para el bienestar de las comunidades, también la organización y uso de los recursos naturales, protección y valorización del ambiente orientado desde el punto de vista de un desarrollo integral y sustentable.

Así mismo, son considerados en el proceso de ordenamiento territorial, instrumentos legales vinculados directamente con la ordenación del territorio, elaboración de la cartografía, atención al riesgo y ambiente, características adecuadas de estructuras y /o bienes físicos de acuerdo a la ordenanza de zonificación y aquellos relacionados con la participación ciudadana. (MINDUR, 2002).

En este mismo sentido, la ubicación de las áreas de actividad múltiple según el artículo 30, se rige por lo siguiente:

1. Usos: (a) Uso principal: Industrial tipo 1 e Industrial tipo 2 (b) Uso complementario: comercio tipo 3 (C-3), equipamiento primario intermedio e intermedio (tipo 1 y 2).
2. Normas volumétricas y de construcción. Se especifican en la siguiente tabla 5.

Tabla 3. Para un área mínima de parcela de: 150m²

DESCRIPCIÓN	MEDIDAS /VALOR
Frente mínimo	7m
Altura máxima	8m
Retiro de frente	6m
Retiro de fondo	4m
Retiro lateral	4m
Porcentaje máximo de ubicación	80%
Porcentaje máximo de construcción	160%

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano del estado Mérida. MINDUR, (2002).

Tabla 4. Para un área mínima de parcela de 600m².

DESCRIPCIÓN	MEDIDAS /VALOR
Altura máxima	8m
Frente mínimo de parcela	12m
Retiro de frente	3m
Retiro de fondo	4m
Retiro lateral	3m
Porcentaje máximo de ubicación	50%
Porcentaje máximo de construcción	70%

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano del estado Mérida. MINDUR, (2002).

Por otro lado, es importante agregar que los entes competentes en materia de planificación y ordenación territorial deben tomar las medidas correspondientes en cuanto al terreno en donde estarán ubicadas las áreas de equipamiento urbano establecidas, de acuerdo a la resolución N°151 del Ministerio de Desarrollo Urbano y según los planos de zonificación, a fin de cumplir con dicho requerimiento. (MINDUR, 2002). Estos se rigen de acuerdo a las variables urbanas dependiendo de las dimensiones de la edificación, tal como se muestran en la tabla 5 y tabla 6.

Tabla 5. Variables urbanas en bienes físicos para edificaciones multifamiliares.

Zonificación	Uso	Densidad neta	Tipo de edificación
UE-2	Residencial comercial	1520 Hab/Ha	Vivienda Multifamiliar
VARIABLES URBANAS EN BIENES FISICOS			
Área mínima de la parcela		100%-1200m ²	
Porcentaje máximo de ubicación		45%-540 m ²	
Porcentaje máximo de construcción		323,8%-3.8886 m ²	
Frente mínimo de parcela		30m	
Retiros de lote (P.B y Mezzanina)			
Frente		10m	
Fondo		6m	
Lateral derecho		No existe	
Lateral izquierdo		No existe	
Retiros de la torre			
Frente		15.00m	
Fondo		6,00m	
Lateral derecho lateral izquierdo		4,00m	
Ubicación de la torre		4,00m	
Volados de la torre			
Frente		1,20m	
Fondo		1,20m	
Laterales		0,70m	
Mezzanina		No existe	
Alturas máximas			
Plantas		PB-5PT-PH	
Metros		19,50m	
Estacionamiento subterráneo		1veh/viví.	
Área a ocupar		34% de la parcela	
Área verde territorial		600 m ²	
Ubicación del pent house		36% de P.T.	
Retiros del pent house			
Frente y fondo			
Laterales			
Cubierta de techo del pent house		Teja crilla o similar	

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano. MINDUR, (2002).

Tabla 6. Variables urbanas en bienes físicos para edificaciones unifamiliares.

Zonificación	Uso	Densidad neta	Tipo de edificación
UE-6	Residencial	175 Hab/Ha	Vivienda Unifamiliar
VARIABLES URBANAS EN BIENES FÍSICOS			
Área mínima de la parcela		100%-264 m ²	
Porcentaje máximo de ubicación		37.5%-99 m ²	
Porcentaje máximo de construcción		67%-177 m ²	
Frente mínimo de parcela		12m	
Retiros de lote (P.B y Mezzanina)			
Frente		6m	
Fondo		3m	
Lateral derecho		3m	
Lateral izquierdo		3m	
Volados			
Frente		1,20m	
Fondo		1,20m	
Laterales		0,70m	
Alturas máximas			
Plantas		PB-1PT-PH	
Metros		8,00m	
Estacionamiento subterráneo		1veh/vivi.	
Altura máxima		3,00m	
Área verde territorial		165 m ²	
Verja			
Altura máxima		2,50m	
Retiro de talud min 25,00m		1/3 altura del talud	
Cubierta de techo		Teja crilla o similar	

Fuente: Ministerio de Desarrollo Urbano. MINDUR, (2002).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El marco teórico es integrar el tema de investigación con las teorías, enfoques teóricos, estudios y antecedentes en general que se refieren al problema de investigación. El marco teórico “ayuda a precisar y organizar los elementos contenidos en la descripción del problema, de tal forma que puedan ser manejados y convertidos en acciones concretas” (Tamayo y Tamayo, 2009:149).

De esta forma, este capítulo integra diferentes conceptualizaciones, proposiciones y enfoques de autores sobre los tópicos tratados, así como, investigaciones previas en relación al tema investigado. Unas de las teorías “consiste en describir los estudios precedentes relativos al problema planteado, realizado por otros investigadores y que guardan alguna relación con nuestro estudio” (Silva, 2014: 65). Por ello, fue pertinente considerar algunas investigaciones previamente realizados en el área, los cuales son base fundamental para el conocimiento de hechos ocurridos con anterioridad localizados en el municipio Santos Marquina, a continuación, se presentan.

En primer orden, se presenta la investigación de Peña (2017), quien realizó un estudio para la escuela de geografía en la Universidad de Los Andes titulado: “Susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa en las microcuencas Las Calaveras del municipio Santos Marquina estado Mérida”. Considerando los aspectos físicos naturales de la zona, rasgos geomorfológicos y factores condicionantes que promueven los movimientos de masa, entre otros parámetros de suma importancia, con el propósito de determinar los niveles de susceptibilidad según la posición geomorfológica e inventario de los procesos, para zonificar posibles amenazas, mediante el uso de los sistemas de información geográfica (álgebra de mapas), a una escala detallada y apreciable, el cual ofrece la información cartográfica y documental necesaria para el estudio de algunos torrentes contemplados para la presente investigación.

En segundo término, se revisó el estudio realizado por Ayala y Requena (2011), para la revista Geográfica Venezolana referente a la “Estabilidad relativa de taludes en el “Batolito de El Carmen” en un segmento de la carretera Mérida-Tabay, estado Mérida-Venezuela, con el objetivo de evaluar la ocurrencia de los tipos específicos de movimientos de masa que se encuentran en la Granodiorita de El Carmen o también llamado el batolito de El Carmen, lo que está relacionado con los niveles de meteorización y fracturación que presenta. La metodología utilizada en este trabajo se fundamentó en la aplicación del criterio propuesto. (Crozier, 1984).

Los autores concluyen que, a nivel general, el área de estudio presenta comportamientos de inestabilidad crítica a lo largo de casi todo el trayecto, en las laderas inmediatas a la carretera, logrando determinar que los procesos naturales

constituyen amenazas, principalmente movimientos de masa e hídricas. Aunado al crecimiento constante y anárquico al que está sometida la ciudad de Mérida y sus alrededores, llegando a afectar y deteriorar en innumerables ocasiones las condiciones de la infraestructura vial. Los autores también analizan los eventos de flujos de detritos como los ocurridos en el sector Las Calaveras en junio del 2006, junto a la presencia de varios deslizamientos activos, entre los que se encuentra el derrumbe-deslizamiento de la Capilla y Las Calaveras.

En tercer lugar, el Instituto Nacional de Geología y Minería. (INGEOMIN). En el año 2010, generó un Plan Nacional de susceptibilidad ante movimientos de masa en la región Andina Costera. Estudio de susceptibilidad ante movimiento de masa del Municipio Santos Marquina”, Mérida, Venezuela, reflejando que gran parte del área está afectada por procesos de reptación. Se evidencian deslizamientos compuestos activos e inactivos, cárcavas desprovistas de vegetación, que han contribuido a formar depósitos de tipo abanico aluvial. Son comunes las coronas activas, los procesos de caída de rocas y flujos (crecidas normales, flujos hiperconcentrados y flujos de detritos), los cuales han sido recurrentes por periodos cada vez menores (menos de 5 años). Para la definición de la susceptibilidad se procedió a otorgarle pesos a las unidades geológicas y los sectores de pendientes, utilizando una escala de valores que varían del 1 al 5, donde 1 representa la menor propensión a movimientos de masa. Los valores de pesos asignados para los procesos geomorfológicos (movimientos de masa) se realizaron de manera heurística, tomando como directriz principal la proporcionalidad directa de la velocidad, con el movimiento de masa. En los resultados se obtienen el mapa de susceptibilidad a la ocurrencia de estos procesos

geomorfológicos en la microcuenca La Calavera 01; obteniendo un nivel bajo, moderado, alto y muy alto, contemplando la distribución espacial, clasificación y potencialidad de éstos en el área de estudio. Esta información levantada en campo por INGEOMIN, contribuirá a la base de datos e información para la futura cartografía a realizarse en la presente investigación.

Continuando con los antecedentes, se presenta la investigación realizada por Requena (2008), para la Universidad de Los Andes, titulada: “Determinación de los niveles de estabilidad relativa en la carretera trasandina tramo (Mérida-Tabay). El autor plantea el análisis a través de un conjunto de criterios, variables, parámetros específicos de las condiciones físico- naturales e infraestructura que se encuentra en todo el trayecto vial carretera trasandina, tramo (Mérida- Tabay). Para el desarrollo e implementación de la metodología aplicada y para la evaluación de las condiciones en que se encuentran los macizos rocosos y depósitos cuaternarios desde el punto de vista geológico y geomorfológico, geometría, rangos de pendiente presentes en los taludes adyacentes a la carretera en sus distintos tramos, utilizó los criterios propuestos. (Crozier, 1984), (Varnes, 1978), (Cruden, 1926), así como, (Suárez, 1998) y (González *et al*; 2002).

Considerado lo señalado, este estudio persigue establecer una secuencia metodológica en la búsqueda de posibles soluciones, el autor hace una serie de recomendaciones ante la amenaza latente de movimientos de masa que presenta el tramo vial Mérida- Tabay. Para ello, buscó enfocar e identificar procesos geológicos y geomorfológicos de riesgo físicos- naturales, conociendo y evaluando los niveles de inestabilidad relativa a los que están sujetos los taludes y laderas adyacentes a la

carretera. Posteriormente propuso algunas medidas de mitigación y prevención en concordancia con la zona. A su vez, también buscó proporcionar información base para estudios de carácter mucho más detallados, con el fin de que se sigan desarrollando investigaciones que den respuestas rápidas ante los múltiples problemas que aqueja la población que allí reside, o las que de alguna manera generan influencia directa o indirecta sobre el área de estudio.

Posteriormente se reseña la investigación de Tazzo (2008), realizada para la escuela de Ingeniería Geológica de la Universidad de Los Andes, titulada “Elementos petrogenéticos de la Granodiorita de El Carmen sector Capilla del Carmen y Cacute, noreste de la ciudad de Mérida”. En su investigación señala la conformación mineralógica, textural y geocronológica de este cuerpo plutónico intrusivo, homogéneo, además, expone que el contacto intrusivo entre la Granodiorita de El Carmen y la Asociación Sierra Nevada es de tipo gradacional por falla, que está representado por dos zonas diferentes, una que corresponde a esquistos micáceos y otra que caracteriza a la roca caja definida por esquistos metamorfizados.

La metodología empleada se fundamentó en un levantamiento geológico de superficie en el área mencionada, con fotointerpretación y revisión bibliográfica previa, que incluyó la caracterización de las rocas adyacentes al plutón y sus relaciones con el mismo. Desde el punto de vista geológico, aporta la información composicional de la Granodiorita de El Carmen y resistencia que este cuerpo granito pueda presentar frente a la influencia de los agentes externos, en particular a la acción del agua y relaciones directas e indirectas con otras formaciones.

Finalmente, se consideró importante mencionar los aportes ofrecidos por la Corporación de Los Andes CORPOANDES en 1999, bajo el Plan de Desarrollo Integral (1999-2010), en el que se ofrece información sobre el municipio Santos Marquina, a través de talleres dirigidos a la comunidad, teniendo como objetivo informar sobre el diagnóstico, perspectivas y necesidades del municipio; para luego plantear la visión prospectiva y plan de acción del proyecto. En este manuscrito de dos volúmenes, se hace referencia a algunos aspectos relevantes de la localidad como el relieve y geología. Este plan de desarrollo aporta algunas consideraciones importantes durante la participación de la comunidad, entre ellas, la priorización de necesidades y debilidades en el sector, así como, las condiciones y características físico-naturales de la zona.

www.bdigital.ula.ve

2.2. Bases teóricas

En toda investigación, es necesario que el objeto del estudio y correspondencia que se establece entre sus elementos: teoría, proceso de investigación y realidad del entorno estén correlacionados teóricamente. “las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado”. (Arias, 2012: 107).

De allí, la importancia de conceptualizar la gestión de riesgos socionaturales, además del conocimiento de los procesos geológicos y geomorfológicos, relacionados en este caso a movimientos de masa, con el objetivo de ofrecer una visión integral entre espacio biofísico y ocupación del territorio (distribución, concentración,

Reconocimiento

segregación y configuración espacial de la población y sus actividades económicas), por cuanto, las mismas forman parte de las variables que se encuentran implícitas en el estudio. Bajo esta premisa, se deben conocer los siguientes términos:

Amenaza: De acuerdo con la conceptualización es el tiempo y espacio donde ocurren los eventos en el pasado, también, la magnitud e intensidad que presentan dichos procesos. Adicionalmente, se refiere a las zonas o áreas que podrían ser afectadas en un futuro por sucesos similares, así como, la frecuencia de ocurrencia de estos fenómenos y periodos de retorno. (González *et al*; 2002).

Amenaza natural: Se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno en un periodo de tiempo dado y dentro de un área específica potencialmente a ser afectada por dichos procesos. Entre los fenómenos naturales que pueden provocar eventos adversos se mencionan: sequías, eventos hidrometeorológicos, terremotos, volcanes, tsunamis, el caso de este estudio: los movimientos de masa, entre otros. (Varnes citado en González *et al*; 2002 a).

Movimientos de masa: En general, un movimiento de masa puede ser definido como aglomeración de roca que se mueven por acción de la fuerza de la gravedad, siendo del tipo de movimientos rápidos del terreno, relacionados con detonantes sísmicos, hidrometeorológicos y geológicos.

Otro termino es que un movimiento de masa, es un movimiento de roca, detritos o tierra pendiente abajo, bajo la acción de la gravedad cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material” (Ferrer, 1980: 30).

Otros trabajos mencionan:

Movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad. (Mora y Camacho, 2012: 9).

Desde esta perspectiva, los movimientos de masa tienen su clasificación, de manera que estos han sido diferenciados a partir de los tipos de materiales involucrados, generalmente materiales rocosos, derrubios y suelo, considerando también otros aspectos, como el contenido en agua del terreno, velocidad y magnitud del movimiento. (González *et al*; 2002 b). Los clasifica dentro de procesos areales, como:

1. Deslizamientos: Son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido. (González *et al*; 2002 c).

2. Deslizamientos rotacionales: Son más frecuentes en suelos cohesivos homogéneos. La rotura, superficial o profunda, tiene lugar a favor de superficies curvas o en forma de cuchara. Una vez iniciada la inestabilidad, la masa empieza a rotar, pudiendo dividirse en varios bloques que deslizan entre sí, dando lugar a escalones con la superficie basculada hacia la ladera y a grietas de tracción estriadas (González *et al*; 2002: 47 d).

3. Deslizamientos traslacionales: Al respecto se indica que la rotura tiene lugar a favor de superficies planas de debilidad preexistentes, es decir, superficies de estratificación, contacto entre diferentes tipos de materiales, superficie estructural, entre otros; ocasionalmente, el plano de rotura es una fina capa de material arcilloso entre estratos de mayor competencia. (González *et al*; 2002 e).

4. Flujos. Los flujos son definidos como:

Movimientos de masas de suelo (flujos de barro o tierra), derrubios (coladas de derrubios o *debrisflow*) o bloques rocosos (coladas de fragmentos rocosos) con abundante presencia de agua, donde el material esta disgregado y se comporta como un fluido, sufriendo una deformación continua, sin presentar superficies de rotura definidas (González *et al*; 2002: 32 f).

5. Flujos de detritos: (*debris flows*). Se indica que es un movimiento de masa complejo, conformado por una mezcla de materiales gruesos tales como gravas, bloques y fragmentos rocosos en una matriz de arena, limo y arcilla incluyendo agua y aire en menores proporciones. (Corominas *et al*; 1996: 17).

Por su parte, el Proyecto Multinacional Andino PMA y Geociencia para las comunidades Andinas GCA. (2007) los define como: “procesos rápidos o extremadamente rápidos de detritos saturados, (...) que transcurren principalmente confinados a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada” (PMA, 2007: 17).

De allí que, se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes e incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al

descender en el canal y finalmente se depositan en abanicos de detritos. “Los flujos de detritos poseen una carga de sedimentos por peso del 70 - 90%, una densidad aparente de 1,8 - 2,6 g/cm³, una resistencia de 200 dinas/cm², considerándose como un tipo de fluido visco – plástico” (Costa, 1984: 19).

6. Desprendimientos: Se considera como las caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independizadas por planos de discontinuidad preexistentes (tectónicos, superficies de estratificación, grietas de tracción, etc.). Son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas, en acantilados y en general, en paredes rocosas, siendo frecuentes las roturas en forma de cuna y en bloques formados por varias familias de discontinuidades. (González *et al*; 2002 g).

www.bdigital.ula.ve

7. Reptación: Algunas clasificaciones lo incluyen como un tipo de flujo con características propias y puede definirse como un movimiento superficial muy lento, casi imperceptible, que afecta a suelos y materiales alterados, provocando deformaciones continuas que se manifiestan al cabo del tiempo en la inclinación o falta de alineación de árboles, vallas, muros, entre otros, en las laderas. (González *et al*; 2002 h).

Por su parte, el Proyecto Multinacional Andino, refiere que son movimientos donde no se distingue una superficie de falla o de rotura, también puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, generando expansión y contracción alternantes del material y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo. (PMA, 2007).

Reconocimiento

8. Procesos lineales: Cárcavas y surcos: Es una zanja producto de la erosión que generalmente sigue la pendiente máxima del terreno y constituye un cauce natural en donde se concentra y corre el agua proveniente de las lluvias. El agua que corre por las cárcavas o surcos arrastra gran cantidad de partículas del suelo y éstas se originan por la concentración de los escurrimientos superficiales en determinados puntos críticos del terreno (Durán y Silva en Yépez, 2019: a 33).

9. Procesos puntuales: Dentro de esta clasificación están los siguientes:

a) Socavamiento. Es la profundización del fondo del cauce de una corriente relacionada al aumento del nivel de agua (avenidas), comprende el levantamiento y transporte de materiales del lecho del río.

Es conveniente indicar que la socavación está controlada por las características hidráulicas del cauce, propiedades de los sedimentos del fondo, forma y localización de los elementos que la inducen. (Durán y Silva, 2017 a).

b) Crecidas en quebradas: Forma parte de la dinámica más común en el planeta, las crecidas fluviales conforman un caso extraordinario de esorrentía, caracterizado por una gran cantidad de flujo que se genera y evacua con relativa rapidez. Indica que en este proceso: “cuando el flujo supera la capacidad de evacuación del cauce, el agua pasa a ocupar el cauce excepcional, construido a lo largo de los años por el propio sistema fluvial de un modo que permita absorber el impacto de las avenidas” (Ayala en Guzmán, 2005: 47).

En este contexto se define las crecidas torrenciales como: “el efecto generado por el flujo de una corriente, cuando excede las condiciones que le son normales y alcanza niveles extraordinarios, sin ser alcanzados en lugares naturales o artificiales que lo contienen, el cual se transforma en daños” (Veliz, 2001: 101).

Por tanto, las crecidas pueden provocar el arrastre de materiales sueltos a grandes distancias dependiendo de la magnitud del caudal involucrado.

Vulnerabilidad: Tomando en cuenta los aportes de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, se sugiere que la disposición interna a ser afectada por una amenaza si no existe vulnerabilidad, no se produce la destrucción, por lo que depende del grado de exposición, protección, reacción inmediata, recuperación básica y reconstrucción. (CEPAL, 2002). En ese sentido, la protección y reacción inmediata, conforman la homeostasis, recuperación básica, reconstrucción y resiliencia.

Dentro de su contexto más amplio, la vulnerabilidad se representa por la condición en que se encuentra una población y que le permite ser afectada por la ocurrencia de un determinado fenómeno y de acuerdo a diferentes factores, entre ellos: ecológicos, económicos, físico, sociales, políticos, culturales, educativos, institucionales, entre otros. Esto no quiere decir, que la vulnerabilidad esté determinada por la posible ocurrencia de un fenómeno peligroso, sino por la manera en que las regiones o países estén organizados, desarrollados y preparados para enfrentar y superar dichos fenómenos.

Vulnerabilidad física: Se entiende como: “el grado de resistencia por parte de una infraestructura frente a determinadas amenazas, así mismo, está relacionada con la calidad o tipo de material utilizado y el tipo de construcción de la infraestructura” (Montián, 2017: 30).

Asimismo, el aporte del Comité Internacional para el Desarrollo de los Pueblos, sostiene que la vulnerabilidad se refiere a la presencia de una población o una comunidad, además de una serie de elementos de construcción y materiales expuestos o presentes en el área de influencia del fenómeno peligroso, adicionalmente, condiciones de resistencia o adaptabilidad referidas a aspectos de diferente orden, los cuales pueden ser: (a) físicos: estado y calidad de las construcciones; (b) sociales: disposición de organismos o instancias de gestión dedicadas a la prevención y mitigación de riesgos; (c) institucionales: presencia de entidades con iniciativas para la reducción de la vulnerabilidad, fortalecimiento de la organización y coordinación para la gestión de riesgos; (d) políticos: disposición de normas y mecanismos para la regulación del uso del territorio y destinación de recursos para la reducción del riesgo; o, aspectos de cuya interrelación depende el grado de resistencia o adaptabilidad física y social de este sistema para asumir los efectos generados por un fenómeno peligroso sobre su entorno. (CISP, 2005).

De lo antes expuesto, se puede deducir que la vulnerabilidad física, está relacionada a la condición de exposición al peligro y capacidad de resistencia de las edificaciones para percibir los efectos causados por el fenómeno, dependiendo de la ubicación específica de las estructuras e infraestructuras, calidad de las

construcciones, capacidad de las redes de servicios que se encuentren dentro del radio de acción del fenómeno que sea peligroso.

Infraestructura: Se podría decir que son las estructuras físicas y organizativas, redes o sistemas necesarios para el buen funcionamiento de una sociedad y su economía, los diferentes componentes de la infraestructura de una sociedad pueden existir ya sea en el sector público o privado. De manera que, la infraestructura física constituye instalaciones públicas que unen partes de la ciudad y proporcionan los servicios básicos de la misma para su funcionamiento, como la red de caminos y servicios públicos. Mientras tanto, la infraestructura social y económica incluye hospitales, parques y jardines, centros comunitarios, librerías, entretenimiento e instalaciones para hacer compras y edificios educativos.

En este contexto, la estructura “es un conjunto estable de elementos resistentes de una construcción o edificación, con la finalidad de soportar cargas y transmitir las, para llevar finalmente estos pesos o cargas al suelo” (Giordani y Leone, S/f: 2). Por otra parte, la unidad espacial de acuerdo a la Ordenanza de Zonificación y Uso de Suelo del año 2002, le asigna los usos y su clasificación según los establecimientos correspondientes.

Clasificación de los establecimientos de las estructuras

La asignación de los usos para las unidades espaciales, según la Ley de Ordenanza de Zonificación de la alcaldía del municipio Libertador (2002), se hace

mediante la clasificación de establecimientos comerciales, industriales, equipamientos urbanos y residenciales que se describen a continuación: (a) **Establecimientos comerciales:** destinados al intercambio de bienes o servicios, entre ellos: panaderías, farmacias, abastos, entre otros; (b) **Establecimiento recreacional turístico:** destinados al intercambio de bienes, dedicados a la actividad turística. Entre estos se mencionan: el turismo artesanal, se refieren a los establecimientos de exposición y venta de productos considerados como atracción turística, tales como cerámicas, hierro forjado, dulces o productos naturales.

Por otro lado, se tiene parques y recreación, son aquellos establecimientos que complementan el equipamiento urbano en recreación y turismo, trascienden las necesidades básicas de la población, entre ellos: (a) **Establecimientos industriales:** destinados a la explotación y transformación de materia prima; (b) **Establecimiento para equipamiento urbano:** destinados a la prestación de servicios de uso comunal requeridos por la población, de acuerdo al nivel de servicio que preste e impacto que genere; (c) **Áreas ambientales:** destinadas a la defensa, conservación y mejoramiento del medio ambiente físico- natural renovables, con el fin de ofrecer una franja vegetal protectora en aquellos sitios caracterizados por la presencia de recursos ambientales y escénicos naturales o que por condiciones específicas de orden físico presentan restricciones para su ocupación; (d) **Áreas ambientales de uso restringido:** Se corresponde con las áreas protectoras de los bordes de taludes, a fin de evitar cualquier intervención que signifique agravar las condiciones naturales de dicha zona y a efectos del cumplimiento de la normativa ambiental más adecuada con las condiciones naturales allí presentes.

Así mismo, la ley u ordenanza de zonificación de la alcaldía del municipio Libertador (2002), clasifica las edificaciones como: (a) **Edificación aislada:** Es la que no está adosada a otra edificación por ninguno de los linderos la parcela. (b) **Edificación bifamiliar:** contienen dos unidades de vivienda en una misma parcela con accesos independientes y (c) **Edificación multifamiliar:** Son aquellas edificaciones con tres o más unidades de viviendas en una misma parcela que tienen servicios comunes, tales como: accesos, circulación, estacionamientos, acometidas de servicios, entre otros.

El riesgo (risk): De acuerdo a las Naciones Unidas “Es el grado de pérdida previsto, debido a un fenómeno natural determinado, en función tanto de la amenaza o peligro natural como de la vulnerabilidad” (Castro, 2000:13).

Por su parte, el riesgo se define según la siguiente ecuación. (Varnes, 1984):

$$R = P * V * E$$

Dónde:

R= Riesgo

P= Peligrosidad o amenaza

V= Vulnerabilidad

E= Exposición

La fórmula anterior, se refiere a las actividades económicas, bienes materiales, obras de ingeniería civil, servicios públicos, entre otros, sobre las cuales pueden impactar los procesos naturales. (Horcajada *et al*; 2000)

Gestión de riesgos socionaturales

Conociendo estas definiciones es que surge lo que actualmente se conoce como **Gestión de riesgos socionaturales**, entendida como un proceso de administración participativa mediante el cual se formulan y ejecutan planes, programas y proyectos para la prevención y mitigación de riesgos, atención de emergencias, así como, la reconstrucción de áreas afectadas.

En este sentido, el Comité Internacional para el Desarrollo de los Pueblos, interpretan la gestión de riesgo como la capacidad que tiene la sociedad y sus actores, para transformar las condiciones de riesgo existentes, operando principalmente sobre las causas que las generan, en otras palabras, se considera una injerencia destinada a modificar las condiciones generadoras de riesgo, con el propósito de reducirlo hasta donde sea posible, a través de medidas y formas de intervención que tiendan a subyugar, aminorar o prevenir los desastres. (CIDP, 2005).

También en este contexto, el Instituto Nacional de Defensa Civil, la gestión del riesgo es entendida como: “la aplicación sistemática de administración de políticas, procedimientos y prácticas de identificación de tareas, análisis, evaluación, tratamiento y monitoreo de riesgos” (INDECI, 2009: 4).

De manera que, la tarea general de la gestión del riesgo debe incluir tanto la estimación de un riesgo particular como una evaluación de cuán importante es la identificación del peligro, análisis de vulnerabilidad y evaluación/estimación del riesgo. Por su parte, la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres (EIRD), hace referencia a la gestión de riesgo como un conjunto de decisiones

administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas, estrategias y fortalecer sus capacidades a fin de reducir el impacto de amenazas naturales y tecnológicas. Esto involucra todo tipo de actividades, incluyendo medidas estructurales y no-estructurales para la prevención, mitigación y preparación ante los efectos adversos (EIRD, 2004).

Siendo la gestión de riesgo, la mejor alternativa para prevenir los eventos adversos, es necesario conocer sus acciones y componentes, por ello, para iniciar el proceso de modificación de los escenarios establecidos con el propósito de reducir los daños postdesastres.

Se considerarán dos aspectos o líneas de actividad, en principio:

1. La gestión del riesgo compensatoria o correctiva: También conocida como medidas estructurales debido a que se enmarcan en obras del tipo ingenieril que buscan mitigar los escenarios de riesgos ya construidos. Es así, como la gestión del riesgo compensatorio o correctivo, corresponde a la intervención sobre la vulnerabilidad existente y reducción de los riesgos acumulados en los procesos de desarrollo pasados. Se debe actuar sobre los elementos vulnerables mediante el reforzamiento de estructuras civiles tales como viviendas, edificaciones esenciales, instalaciones públicas. (CISP, 2005 b).

2. Gestión del riesgo prospectiva: Corresponde a la planificación del desarrollo sostenible, considerando la variable riesgo en los proyectos y planes hacia el futuro. Es actuar para evitar que en el futuro se incrementen las vulnerabilidades ya existentes o haya más elementos vulnerables, por ejemplo, mediante la construcción

de planes de vivienda u obras de infraestructura, incorporando desde el inicio el criterio de sismo resistencia.

De otra forma, las medidas prospectivas también conocidas como medidas no estructurales, buscan prevenir la construcción de nuevos escenarios de riesgos siempre y cuando se apliquen de manera idónea. Por tanto, la planificación del territorio es la forma más idónea de representación de este tipo de medidas. Conforme a ello, la planificación del territorio, es parte de la planificación del desarrollo o condicionante del mismo, que no debe dejar a un lado la gestión del riesgo socionatural como otro de los condicionantes del desarrollo.

Componentes del riesgo

www.bdigital.ula.ve

La gestión del riesgo socionatural involucra el desarrollo de un conjunto de actividades orientadas a intervenir en la amenaza o vulnerabilidad, con el propósito de reducir el riesgo. Para tal efecto es necesario conocer las diferentes líneas de actividad que están contenidas en el concepto global de la gestión del riesgo, a continuación, se describen:

1. Prevención: Medidas y acciones dispuestas con anticipación con el fin de evitar o impedir que se presente un fenómeno peligroso o para reducir su incidencia sobre la población, bienes, servicios y ambiente. En términos generales, las amenazas naturales, como: terremotos, huracanes y erupciones volcánicas, son imposibles de evitar o prevenir, teniendo en cuenta que son expresiones propias de la dinámica de la naturaleza.

Reconocimiento

Sin embargo, de acuerdo al *Comitato Internazionale Per Lo Sviluppo Dei Popoli*, los eventos naturales como: inundaciones, deslizamientos debidos al manejo inadecuado de las cuencas hidrográficas, conflictos en el uso del suelo, se pueden prevenir si se actúa sobre las actividades humanas que las causan, tales como: acciones para evitar la deforestación de los bosques, ocupación humana de suelos con vocación protectora y manejo integral de cuencas hidrográficas. En cuanto a las amenazas antrópicas, tales como: accidentes industriales, contaminación o violencia, la regla general es evitar que éstas se produzcan, actuando sobre el factor peligro o amenaza evitando que este suceda o reduciendo la magnitud o intensidad del mismo. (CISP, 2005 c).

2. Mitigación: La mitigación se considera como una serie de acciones encauzadas a reducir la vulnerabilidad de la población, entorno físico e incrementar la capacidad de resistencia de los asentamientos humanos frente a la presencia de fenómenos de origen natural o antrópico potencialmente peligrosos. Como se ha visto anteriormente, la prevención tiene como objetivo eliminar o controlar el factor físico causal del evento que puede generar un desastre, mientras que la mitigación se refiere a las actividades que buscan reducir el impacto de dicho evento, actuando sobre los elementos vulnerables al fenómeno considerando aspectos físicos y sociales. (CISP, 2005 d).

Desde esta perspectiva, la intervención en la mitigación pretende la reducción al mínimo posible de los daños materiales, mediante la modificación de la resistencia al impacto de los elementos expuestos. En tal caso, son medidas estructurales relacionadas con la intervención de la vulnerabilidad física, tales como: construcción

de obras para el control de la erosión en zonas de inestabilidad potencial, donde se encuentren ubicadas viviendas u obras de infraestructura. Existen también las medidas de mitigación no estructural, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes: normas técnicas de construcción, fortalecimiento de capacidades institucionales, fortalecimiento de la cohesión social, organización comunitaria, gestión sobre los aspectos ideológicos, culturales, socialización de riesgos, entre otros.

3. Preparación y respuesta: A pesar de que se tomen las medidas necesarias y posibles para evitar que ocurra un desastre, es decir, que existe la prevención y mitigación, siempre existirá la posibilidad de que éste se produzca; hace falta que las comunidades e instituciones se preparen para responder de la manera más adecuada y rápida posible a la emergencia. Por tanto, la preparación y respuesta concentra las acciones para asumir los impactos de un evento físico e involucra actividades de organización y planificación de la respuesta: movilización, logística, entrenamiento, comunicación, albergues, evacuación, asistencia médica, suministro de agua y alimentos, difusión de información confiable de emergencia, entre otros. (CISP, 2005 e).

4. Rehabilitación: En este punto se menciona que corresponde a la etapa que sigue a la atención de la emergencia o desastre, incluyendo todas las acciones orientadas a retornar a las condiciones de normalidad existentes antes del impacto generado por el evento; si el fenómeno causó daños en líneas vitales, vías y obras de infraestructura esenciales, es prioritario el restablecimiento de los servicios básicos. (CISP, 2005 f).

De manera que, la rehabilitación es una etapa de transición entre respuesta y reconstrucción de la zona. A propósito, la reconstrucción se convierte en un proceso de recuperación del daño físico, social y económico, a mediano y/o largo plazo, buscando llegar a un nivel de desarrollo igual o superior al existente antes del desastre, la misma, toma especial importancia en el contexto del desarrollo, por lo que puede ser aprovechada para incorporar los fundamentos prácticos de la gestión del riesgo, con miras a evitar la generación de nuevas condiciones de peligro o para intervenir en las ya existentes, intentando reducir la vulnerabilidad frente a los posibles eventos futuros. Cabe mencionar que para el desarrollo de este trabajo de investigación sólo se consideran las medidas prospectivas y correctivas o compensatorias aplicadas al sector Las Calaveras con objeto de prevención y mitigación.

www.bdigital.ula.ve

Elementos expuestos

Los elementos expuestos refieren el contexto social, material y ambiental representado por las personas, recursos, servicios y ecosistemas que pueden ser afectados por un fenómeno físico. De acuerdo al Servicio Geológico Colombiano, los elementos expuestos “son los bienes físicos y las personas, que a su vez comprenden la tipología, la exposición y la fragilidad” (SGC, 2005: 8). De este modo, otro investigador considera a la fragilidad como bienes físicos, bien expuesto y personas vulnerables, además de considera la capacidad de respuesta y posición relativa del área afectada (Montián, 2017 a).

Reconocimiento

Bajo esta premisa, el propósito de identificar los elementos expuestos en esta investigación radica en su localización, cantidad, cercanías a la amenaza y su afectación de acuerdo al impacto. Por esto, se relacionan las características del elemento expuesto y su posición con respecto al área de amenaza, contemplando los parámetros de intensidad o magnitud del evento, ante esto, se establece a continuación los lineamientos para su evaluación:

Tabla 7. Criterios de zonas o escenarios de exposición en el análisis de vulnerabilidad física.

Zona	Descripción	Daños esperados	Criterio de intensidad o magnitud
1	Elementos ubicados sobre la zona estable en la parte superior del talud, sin posibilidad de afectación por retrogresión.	No se esperan daños a causa de los movimientos de masa	
2	Elementos ubicados sobre una ladera potencialmente inestable o potencialmente afectados por efectos de retrogresión.	Colapso o daños instantáneos debido a pérdida de soporte en la zona de retrogresión. Asentamientos diferenciales, inclinaciones y agrietamientos asociados con movimientos lentos, colapso de la estructura asociado a movimientos rápidos.	Velocidad del movimiento. Actividad del deslizamiento, cantidad de desplazamiento. Desplazamientos verticales.
3	Elementos ubicados en la trayectoria del movimiento en masa o en la zona de depósito del material deslizado	Daños localizados por impacto, colapso total, obstrucción, enterramiento, entre otros.	Velocidad del movimiento, distancia de viaje. Presiones laterales. Impactos (volúmenes y energía cinética). Altura de acumulación de material.
4	Elementos fuera del alcance del movimiento en masa y su área de depósito.	No se esperan daños a causa de los movimientos de masa	

Fuente: Guía del SGC. Montién, (2017).

Escenarios de riesgo

Los escenarios de riesgo son campos delimitados que representan las condiciones de riesgo en un territorio. Según la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres-Colombia. UNGRD, “facilitan tanto la comprensión y priorización de los problemas como la formulación y ejecución de las acciones de intervención requeridas” (UNGRD, 2012: 5). Por su parte, estos pueden ser representados a través de la identificación de los factores de riesgo, en otras palabras, sus causas, relación entre las causas, actores causales, tipo y nivel de daños que se pueden presentar, constituyendo un campo de gestión para la planeación, ejecución y control de las líneas de acción. (Montián, 2017 b).

Tabla 8. Ejemplos de escenarios de riesgos.

Criterio de especificación de escenarios	Ejemplos de escenarios de riesgo
Escenarios de Riesgos por fenómenos amenazantes.	Inundaciones
	Sismos
	Movimientos de masa
Escenarios de Riesgos por tipo de daños.	Heridos
	Trauma psicológico
	Contaminación de ecosistemas
Escenarios de Riesgos por actividades económicas.	Minería
	Transporte
	Industria química
Escenarios de Riesgos por actividades sociales.	Corralejas
	Peregrinaciones multitudinarias
Escenarios de Riesgos por actividades institucionales	Instituciones educativas
	Unidades militares

Fuente: Montián, (2017).

2.3. Bases legales

La investigación se sustenta por medio de un basamento legal, “comprende un conjunto de leyes, reglamentos, decretos, resoluciones, ordenanzas, entre otros, que sustentan el marco jurídico de la investigación” (Silva, 2014: 65). La selección de los mismos se convierte en un soporte que establece la corresponsabilidad de los entes gubernamentales y comunitarios en gestionar acciones para atender, prevenir y minimizar amenazas socio-naturales que vulneren y ocasionen daños al ambiente, pérdidas físicas, materiales y humanas. Por tanto, se considera dentro del basamento legal la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela año 2000, la Ley Orgánica del Ambiente, Ley de Aguas año 2007, Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, año 2009), Ley de Meteorología e Hidrología Nacional año 2006 y la Ordenanza de Zonificación del Ministerio del desarrollo urbano del estado Mérida año 2002.

En este orden de ideas, la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, en el Capítulo III de los derechos civiles, Artículo 55 establece: “...derecho a la protección... frente a situaciones que constituyan amenaza, vulnerabilidad o riesgo..., la participación de ciudadanos y ciudadanas...” (CRBV, 2000: 11). Se infiere a partir de lo citado, que el Estado tiene el deber y la obligación de proteger y resguardar a todos los ciudadanos frente a la ocurrencia de amenazas naturales o ante situaciones de vulnerabilidad y riesgos socio-naturales en general. También, se señala, en el Capítulo IX, de los derechos ambientales, el Artículo 127, determina:

Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, genética, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica (CRBV, 2000: 23).

El artículo mencionado, otorga rango constitucional al ambiente en el territorio venezolano; así el Estado, generaciones e individuos, están en la obligación de protegerlo, resguardando y brindando las garantías para su conservación, así evitar desequilibrios ecológicos que afecten a la sociedad y sus bienes, permitiendo el sano disfrute a generaciones presentes y futuras. De igual forma, establece en el Artículo 128.

El estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento (CRBV, 2000: 23).

En correspondencia con lo citado, se puede señalar la necesidad de implementar políticas de ordenamiento territorial de acuerdo a las condiciones de las zonas naturales, que permitan un desarrollo sustentable con participación ciudadana. También se destaca la Ley Orgánica del Ambiente año 2006, Título III de la Planificación del Ambiente. Capítulo I, Artículo 23 el cual cita: “Los lineamientos para la planificación del ambiente son dos, 82: la investigación como base fundamental del proceso de planificación, orientada a determinar el conocimiento de las potencialidades y las limitaciones de los recursos naturales” (LOA, 2006: 11). Adicionalmente, el Artículo 56, refiere: “Para asegurar la sustentabilidad del ciclo

hidrológico y de los elementos que intervienen en él; se deberán conservar los suelos, áreas boscosas, formaciones geológicas y capacidad de recarga de los acuíferos” (LOA, 2006: 22). Del mismo modo el Artículo 57, establece:

Para la conservación de la calidad del agua se tomarán en consideración los siguientes aspectos: Las actividades capaces de degradar las Notas de aguas naturales, los recorridos de éstas y su represamiento. La protección integral de las cuencas hidrográficas. El seguimiento continuo de los usos de la tierra y sus impactos sobre las principales cuencas hidrográficas, que abastecen de agua a las poblaciones humanas y los sistemas de riego de las áreas agrícolas (LOA, 2006: 22).

Se destaca en la Ley Orgánica del Ambiente, dentro de los principios rectores y disposiciones para la gestión del ambiente en el marco del desarrollo sustentable, que existe un especial interés por la puesta en marcha de procesos de investigación científica con todo lo que ello implica (utilización del método científico para que el conocimiento sea verificable, viable, sistemático, objetivo, metódico, controlado, ordenado y predictivo) como basamento para definir el comportamiento favorable o restrictivo de los recursos naturales. Además, de mencionar los aspectos relacionados con la conservación y protección de los suelos, aguas y cuencas hidrográficas, brindando atención a los usos de la tierra e impactos sobre los sistemas hidrológicos

Es relevante mencionar el Artículo 71 de la ley referida en párrafos anteriores, por cuanto decreta: “El Estado garantizará a toda persona el acceso a la información ambiental, salvo que ésta haya sido clasificada como confidencial, de conformidad con la ley” (LOA; 2006: 27). De acuerdo a lo señalado en el Artículo, el estado debe ofrecer y favorecer la disponibilidad e intercambio de información ambiental,

evitando las limitaciones en cuanto al acceso del conocimiento (como un tipo de vulnerabilidad cultural).

Cobra importancia para la investigación resaltar la Ley de Aguas, Título I. Disposiciones generales, señalando en el Artículo 4: “La gestión integral de las aguas tiene como principales objetivos: Prevenir y controlar los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes” (LA, 2007: 2). Así mismo el, Artículo 6, cita:

Son bienes del dominio público de la Nación: Todas las áreas comprendidas dentro de una franja de ochenta metros (80 mts.) a ambas márgenes de los ríos no navegables o intermitentes y cien metros (100 mts.) a ambas márgenes de los ríos navegables, medidos a partir del borde del área ocupada por las crecidas, correspondientes a un periodo de retorno de dos comas treinta y tres (2,33) años. Quedan a salvo, en los términos que establece esta Ley, los derechos adquiridos por los particulares con anterioridad a la entrada en vigencia de la misma (LA, 2007: 2).

La normativa jurídica de Venezuela establece la necesidad de tomar las precauciones acerca de las consecuencias negativas de las aguas, que bien pudieran estar asociadas a la ocurrencia de crecidas y sus efectos sobre la población y bienes (lógicamente se incluyen aspectos relacionados con la calidad del agua). Justamente, y para reducir los daños generados por crecientes e inundaciones, se establecen franjas de protección de 80 y 100 metros para ríos navegables y no navegables respectivamente, todo ello de la mano con: la conservación y gestión de las cuencas hidrográficas, el manejo de las aguas de esorrentía, escurrimiento y subterráneas, y la aplicación de medidas no estructurales relacionadas con la ordenación del territorio y medidas estructurales o ingenieriles. Ahora bien, la misma Ley Título II. De la conservación y aprovechamiento sustentable de las aguas, en su Artículo 11 expresa:

“Para asegurar la protección, uso y recuperación de las aguas, los organismos competentes de su administración y usuarios y usuarias deberán ajustarse a los siguientes criterios. La conservación de las cuencas hidrográficas, manejo integral de las Notas de aguas superficiales y subterráneas” (LA: 2007: 2). Igualmente, en el Artículo 14, se expresa:

La prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes se efectuará a través de: 1. Los planes de gestión integral de las aguas, así como en los planes de ordenación del territorio y de ordenación urbanística, insertándose los elementos y análisis involucrados en la gestión integral de riesgos, como proceso social e institucional de carácter permanente, concebidos de manera consciente, concertados y planificados para reducir los riesgos socionaturales y cronológicos en la sociedad 2. La construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones necesarias (LA, 2007: 2).

Para concluir con la Ley de Aguas, el Artículo 15 establece que el: “análisis de riesgos estará orientado a la prevención y control de inundaciones, inestabilidad de laderas, movimientos de masa, flujos torrenciales, sequías, subsidencia y otros eventos físicos que pudieran ocasionarse por efecto de las aguas” (LA, 2007: 3). De allí la necesidad de aplicar acciones correctivas para evitar daños, igualmente señala la importancia de realizar estudios de riesgos incluyendo estudios de control de crecientes, así como, el análisis de los procesos de remoción en masa desencadenados por la acción de las aguas. En el mismo contexto, se señala la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos, Título II. De la Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y tecnológicos, que en el Artículo 22, declara:

(...) corresponde a los órganos contralores de la gestión integral de riesgos socionaturales (...): 1. Velar por el cumplimiento de las normas técnicas de seguridad y protección de conformidad con la ley. 2. Monitorear de manera permanente las condiciones de vulnerabilidad de las zonas de riesgo. 3. Vigilar que no se construyan obras civiles, salvo las de mitigación de riesgos, en las zonas protectoras y planicies inundables de los cuerpos de agua, ni en las zonas declaradas de alto riesgo (LGIR, 2009: 5).

Este instrumento jurídico dedicado al proceso de la gestión de los riesgos socionaturales y tecnológicos en Venezuela, establece la potestad que tiene el Estado conjuntamente con sus entidades gubernamentales, de mitigar y reducir los efectos generados por amenazas naturales y existencia de escenarios vulnerables a los que está expuesta una comunidad, zona o lugar, tomando en cuenta sus características particulares.

Del mismo modo, se garantizan las medidas relacionadas con la planificación de los usos de la tierra, preparación del gobierno y la población, así como la promoción del conocimiento e investigaciones relacionadas con la peligrosidad, vulnerabilidad y riesgos socionaturales. Tal como lo expresa el Artículo 36: “El Estado, el sector privado y las comunidades tienen la responsabilidad de promover en la educación y en la cultura, aspectos de prevención y mitigación de riesgos, así como de preparación permanente, atención, rehabilitación y reconstrucción en casos de emergencias y desastres” (LGIR, 2009: 6). De modo que, se delinean las responsabilidades de los órganos encargados de la gestión del riesgo en cuanto a la vigilancia, control y monitoreo de zonas protectoras y de alto riesgo, así como la necesidad de evitar las limitaciones existentes en relación al acceso de la información y la implementación de medidas de seguridad importantes para evitar así escenarios

de amenazas y vulnerabilidad. De igual manera, dentro de este enfoque se incluye los artículos 59 y 60, basado en el otorgamiento de permiso y construcción riesgosa.

En la misma dirección, la Ley de Meteorología e Hidrología Nacional, en su Artículo 8, menciona los fines de la ley, dirigidos a: “Promover mecanismos para la divulgación, difusión e intercambio de la observación de fenómenos meteorológicos e hidrológicos y de los que surjan como producto de su procesamiento e investigación (...)” (LMHN, 2006: 2). Entre muchos otros aspectos, la Ley de Meteorología e Hidrología Nacional del año 2006 crea el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), adscrito al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, el cual tiene dentro de sus funciones y atribuciones el suministro de la información meteorológica, climática e hidrológica, la cual se declara de interés nacional, público y de libre acceso.

Este aspecto es de destacar, pues gran parte de la información hidroclimática usada en este trabajo pertenece a la base de datos del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Adicionalmente, en esta normativa se crea el Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología (SINAMEH), el cual tendrá entre otros objetivos la modernización de la red hidrometeorológica del país.

Finalmente se presenta como basamento legal la Ordenanza de Zonificación. Ministerio del Desarrollo Urbano del estado Mérida. Alcaldía del municipio Libertador, que en su Artículo 31 señala: “Las condiciones de desarrollo se establecen en función de reglamentar la organización del espacio público y las actividades que se desarrollan en el ámbito de jurisdicción territorial” (OZMDU, 2002: 24). Igualmente, el Artículo 64, de la actividad recreacional turístico indica que esa área: “pertenece a

la zona de protección, y configura un paisaje que debe ser mantenido y preservado con fines ecológicos, conservacionistas y recreacionales” (OZMDU, 2002: 36). Para concluir, el Artículo 65, de las áreas de uso restringido especifica: “Son áreas de vocación protectora que constituyen sitios de interés ambiental, sujetos a acciones de uso, intervención y manejo cónsonos con el objetivo de defensa, mejoramiento y conservación ambiental” (OZMDU, 2002: 36).

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo representa el contexto metodológico implementado en la investigación. Por lo tanto, se toma las teorías sobre el marco metodológico que indica: “comprende todo lo relacionado con la manera en la que se va a desarrollar la investigación. Abarca el conjunto de actividades y procedimientos que se realizarán para dar repuestas a la situación problemática expuesta” (Suárez y Mujica, 2011: 34). Al respecto, el estudio tiene un enfoque cuantitativo este se puntualiza como aquella que: “cuantifica el fenómeno, mide resultados, preferentemente de manera numérica y objetiva”, la investigación está enmarcada en un paradigma con características propias, fundamentada en el positivismo. (Corral *et al*; 2012: 16).

Cabe resaltar, que en la metodología científica social se reconocen diversos tipos o métodos de investigación, los cuales se ajustan a cada problema en particular; en el caso de estudio es de tipo proyectiva, definida como aquella que: “Propone soluciones a una situación determinada a partir de un proceso de indagación. Implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio, mas no necesariamente ejecutar la propuesta” (Hurtado de Barrera, 2010: 114).

Las investigaciones proyectivas pueden ser: “Proyectos factibles, proyectos especiales o de innovación tecnológica y proyectos sociales” (Suárez y Mujica, 2011:

10). De allí, que la investigación partió sustancialmente de una modalidad empírica caracterizada por la descripción de escenarios, con estudios en sus facetas situacionales y causales con un nivel descriptivo, al ayudar en la identificación de características del área a estudiar. Explican: “Su propósito es describir cualitativamente un evento o fenómeno, tal cual ocurre en la realidad sin generalización categórica” (Corral *et al*; 2012: 29).

Igualmente, fue necesario especificar el diseño, muchos autores han expresado que éste consiste en: “un plan o estrategia concebida por el investigador para dar repuestas a los objetivos de la investigación” (Pelekais *et al*; 2012: 90). Por tanto, la investigación se sujeta a un diseño de campo, en donde se refieren “a los métodos a emplear cuando los datos de interés se recogen de forma directa de la realidad” ((Pelekais *et al*; 2012: 92). Implica esto que, el problema se enfrentó desde una realidad a partir de los esquemas conceptuales de la vulnerabilidad física para posteriormente hacen uso de técnicas y/o procedimientos tecnológicos generando como resultado las infografías cartográficas.

3.1. Población y muestra

La población está determinada por sus características definitorias. Por lo tanto, el conjunto de elementos que posea esta característica se denomina población o universo. La población de un estudio constituye: la totalidad de un fenómeno de estudio con entidades de población” (Pelakais *et al*; 2012: 180). Por otra parte, la muestra es representativa de una población, cuyas características deben reproducirse

en ellas lo más exactamente posible, entonces se debe tomar la muestra como: “subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (Arias, 2012: 83).

La presente investigación se llevó a cabo por medio de un estudio de la población por muestreo intencionado también conocido como sesgado. El investigador selecciona los elementos que a su juicio son representativos, lo que exige un conocimiento previo de la población que se investiga y se expone: “también llamado selectivo, se utiliza cuando se requiere tener casos que puedan ser representativos de la población estudiada. La selección se hace de acuerdo con el esquema de trabajo del investigador que permite la obtención de datos relevantes para el estudio” (Silva, 2014: 106). De acuerdo a lo planteado, las descripciones sobre el proceso muestral se tomaron de la comunidad Las Calaveras cuya población ocupa un área total de 1.870.000 m² (figura 14).

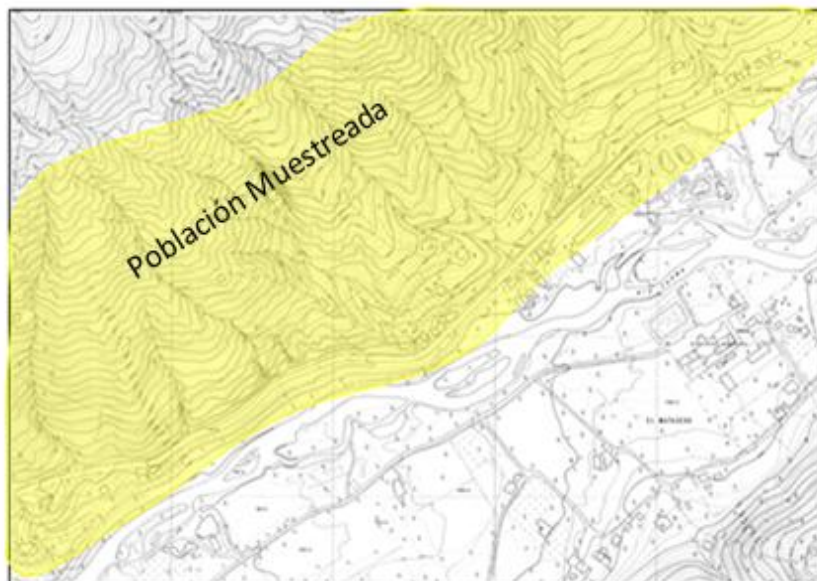


Figura 14. En la base cartográfica a escala 1:5000, se indica la población muestreada correspondiente al sector seleccionado, municipio Santos Marquina, estado Mérida. **Fuente:** Vera, M. (2023).

En consecuencia, la muestra permitirá determinar las diferentes situaciones de riesgo que se presentan en el área de estudio. Por ello, para determinar la muestra se consideró la aplicación de la ecuación. (Rosales y Velandria, 2007a), que a continuación se presenta:

$$n = [Z^2 PQN] / [e^2 (N-1) + Z^2 PQ]$$

n=Número de elementos o tamaño de la muestra que se quiere hallar

N=Población escogida en la investigación

Z=Nivel de confianza

P= Probabilidad a favor

Q=Probabilidad encontrada

E=error de estimación.

Valores=

N= 439; Z=95=1,96; P= 18,6 %/100=0,18; Q=81,3 /100=0,81; e=5/100=0,05

En cuanto a las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de la información, refiere la importancia de “señalar detalladamente todos los pasos a seguir para la recolección de la información” (Suárez y Mujica, 2011: 34).

También, se puede expresar como: “un proceso deliberado, sistemático, dirigido a obtener información en forma directa del contexto donde se tienen lugar las acciones” (Trujillo, 2009: 99). Por lo tanto, los instrumentos se convierten en una herramienta necesaria para obtener los datos que interesan analizar. Al respecto, indica que un instrumento es: “Cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (Arias, 2012: 68).

Razón por la que se utilizaron varios instrumentos, entre ellos las infografías cartográficas, que son expresiones gráficas que simplifican el contenido cartográfico, involucrando todos los criterios con vistas a una gestión en cuanto al riesgo presente, se hace uso de multi ventanas de visualización de imágenes, interactuando además con información gráfica cuantificada, estadísticas, fotografías e imágenes en 3D. Es importante mencionar que en esta investigación los productos cartográficos se basan en infografías con el propósito de observar sobre la base de múltiples ventanas distintos escenarios geomorfológicos, que se pueden apreciar de manera vectorial y raster, así como, los perfiles transversales y bases estadísticas que sustentan los análisis.

A continuación, se describen cada una de las etapas desarrolladas en el proceso investigativo, cumpliéndose así los objetivos propuestos en el capítulo I.

Etapas 1. Pre- campo

Esta investigación partió de la búsqueda y selección de información, mapas topográficos, mapas geológicos, imágenes de sensores remotos e información bibliográfica de estudios previos, diagnósticos y de temas referentes a la geología general, geomorfología, tectónica, registro histórico de eventos ocurridos, planes de gestión e informes técnicos, inspecciones elaboradas para el sector por las instituciones públicas y privadas, entre otros. A este respecto, los análisis de imágenes satelitales fueron recopilados en el Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), Universidad de Los Andes (ULA) e Instituto de Protección

Civil y Administración de Desastres (INPRADEM); interpretándose imágenes satelitales de la zona en estudio por medio del programa SAS PLANTET del año 2023. Con el propósito de delimitar la zona en estudio (figura 15 a, figura 16 b y figura 17).

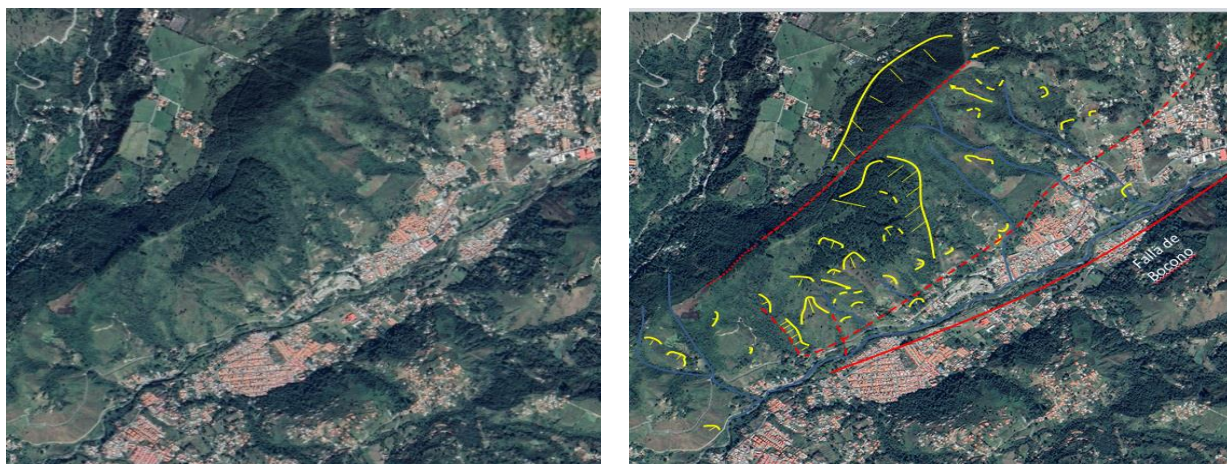


Figura 15. (a) Se muestra la imagen satelital de la poligonal Mérida-Tabay (Izq.). **Figura 16.** (b) En la imagen se visualiza los movimientos de masa interpretados (Der.). **Fuente:** Programa SAS PLANTET, (2023).

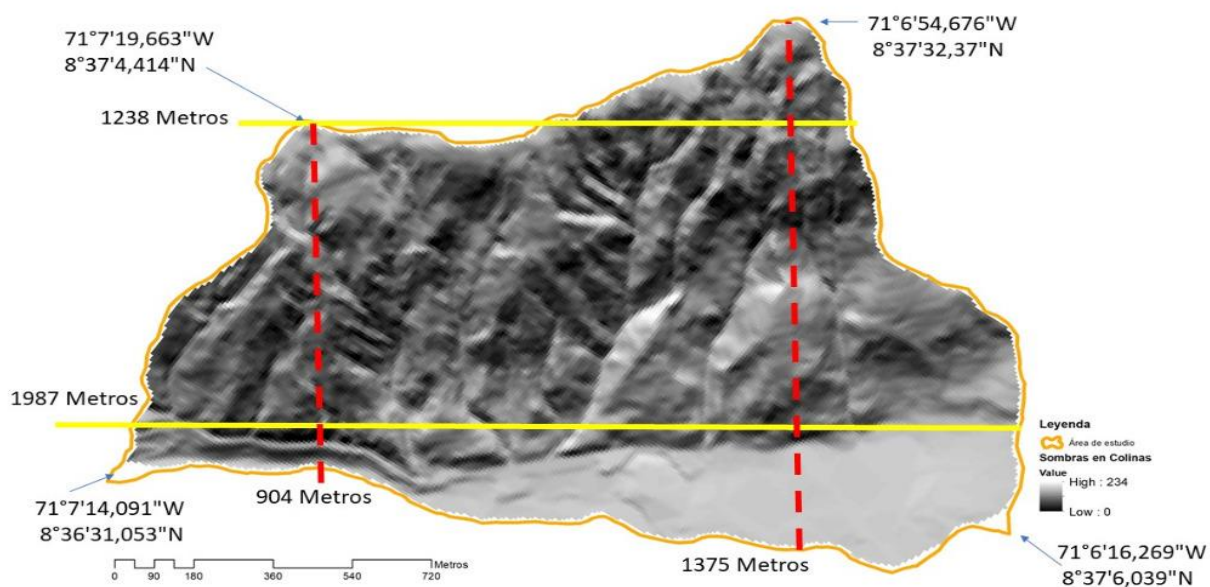


Figura 17. Delimitación de la zona en estudio con el uso de imágenes satelitales. **Fuente:** Programa SAS PLANET, (2023).

La identificación de los puntos críticos ante la cercanía a los movimientos de masa como: caídas de rocas, flujo de detritos y deslizamiento rotacional (figura 18). Esta consistió en destacar los sectores con niveles de alta y muy alta susceptibilidad, en las cuales se han registrado eventos naturales, así como, aquellas áreas con predominancia y acentuada actividad en procesos geomorfológicos, también posibles crecidas de caudal en las subcuencas, que son latentes a causar daños o efectos colaterales a las edificaciones actualmente emplazadas; se identificaron las edificaciones más cercanas en dirección de estas subcuencas.



Figura 18. Identificación de puntos críticos en color rojo y presencia de los movimientos de masa en el sector, mediante uso del programa ARC GIS versión 10.8. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Para definir la vulnerabilidad física que presentan las edificaciones en el sector Las Calaveras fue necesario una revisión exhaustiva de metodologías aplicadas por distintos autores, organismos internacionales e instituciones educativas venezolanas, en los análisis de vulnerabilidad física, en los que destacan: Centro de Prevención de Desastres de México. CENAPRED (2004); Instituto Nacional de Defensa Civil de Perú INDECI (2011); Padrón (2015); Hernández (2013); Ministerio de Minas de Colombia. MINMINAS (2015); y Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria (2012), entre otros.

Dicha revisión consistió en comparar las distintas metodologías entre sí. Se adoptó un sistema de variables e indicadores determinantes ajustados a la amenaza por movimientos de masa y en el ámbito de la vulnerabilidad física, para la edición del instrumento de evaluación de edificaciones. (Tabla 9).

Elementos o variables consideradas para la investigación

Es importante resaltar que en una investigación las variables juegan un papel fundamental para el desarrollo y alcance de los objetivos propuestos y están directamente relacionadas al problema de la investigación.

Dentro de este enfoque se tienen variables cuantitativas y variables cualitativas como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Variables cuantitativas y cualitativas. Operacionalidad de las variables.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Categorías
Vulnerabilidad física ante movimientos de masa en la comunidad Las Calaveras	Tipo de exploración.	Diagnóstico preliminar. Diagnóstico de campo. Revisión de las edificaciones y estructuras.	Encuestas (escrita-cuestionario) y entrevistas (no estructurada-libreta de campo). Plan de Ordenamiento Urbanístico Mérida-Tabay. Instrumento de evaluación de estructuras/edificaciones.	Estudios realizados: Procesos geomorfológicos. Características de las edificaciones y estructuras. Material usado en la edificación. Tipos de construcción: unifamiliar bifamiliar Aislada Servicios. Cantidad de estructuras ante la amenaza.
			Encuestas (escrita-cuestionario) y entrevistas (no estructurada-libreta de campo).	Personas adultas.
		Entrevistas. Información cartografía y documental. Tesis de grado. Observación de campo. Revisión del POU.	Encuestas (escrita-cuestionario) y entrevistas (no estructurada-libreta de campo).	Representación y análisis.

Fuente: Vera, M. (2023).

Para la ejecución de este proyecto, se aplicaron algunas herramientas necesarias para el desarrollo de la investigación, entre ellas, el instrumento de evaluación de riesgo, tomado y modificado del Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria (2012), con el uso de este sistema de variables e indicadores planteados en la tabla 10.

Tabla 10. Instrumento de evaluación. Sistema de variables e indicadores que usa el Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria.

Dimensión	Variables	Indicadores	Consideraciones
Física	Condición de sitio.	Presencia de movimientos de masa (flujo de detritos, caídas de rocas, deslizamientos traslacional y rotacional).	Contempla los parámetros propios de los llamados factores condicionantes: Geología, pendiente, Formas de terreno.
	Altura	Cantidad de pisos o niveles de las edificaciones.	Permite evaluar las cargas verticales y horizontales de los elementos sobre el terreno y el grado de vulnerabilidad física de la edificación ante un evento.
	Sistema estructural	Características constructivas (Tipo de columnas y techos de la edificación).	Distingue las características constructivas de las edificaciones y su resistencia ante los movimientos en masa.
	Estado de conservación	Años de la construcción.	Es otro elemento necesario para evaluar la fragilidad de la estructura ante las fuerzas de carga ejercida por el empuje.
	Tipología	Se considera los materiales usados en la construcción (si es de acero, concreto).	Se observan los materiales predominantes utilizados en la construcción en cada estructura, según la tracción, dureza, rigidez y resistencia.
	Sistemas públicos y servicios	Presencia de agua potable, aguas servidas, electricidad, teléfono, aseo, gas vías de acceso, otros.	Permite evaluar posibles daños en los sistemas públicos por eventos y su incidencia actual en la aceleración de los movimientos.
	Patologías estructurales	Hundimiento de la vivienda. Inclinación de la vivienda. Construcciones vecinas dañadas Pandeo, deformaciones.	Permite definir el estado actual de la edificación, las condiciones estructurales observadas a simple vista.
	Riesgos hidrológicos	Procesos geomorfológicos Procesos de erosión Dirección de las quebradas en cuanto a la vivienda.	Se precisa la aproximación al riesgo de manera directa o en dirección a las edificaciones.
	Obras aplicadas	Canales, cajón hidráulico torrenteras.	Permite una revisión de las posibles medidas correctivas aplicadas para minimizar el riesgo.

Fuente: MPPEU, (2023).

Para proceder a la siguiente etapa se georeferenciarán las edificaciones propensas a sufrir daños y edificaciones que se ubican en la dirección al flujo de la subcuenca, siendo necesario identificar en cartografía base a través de un SIG, la información visualizada a partir de la fotointerpretación de imágenes satelitales disponibles en navegadores de Google Earth, determinan 124 edificaciones en toda el área de estudio (figura 19).

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

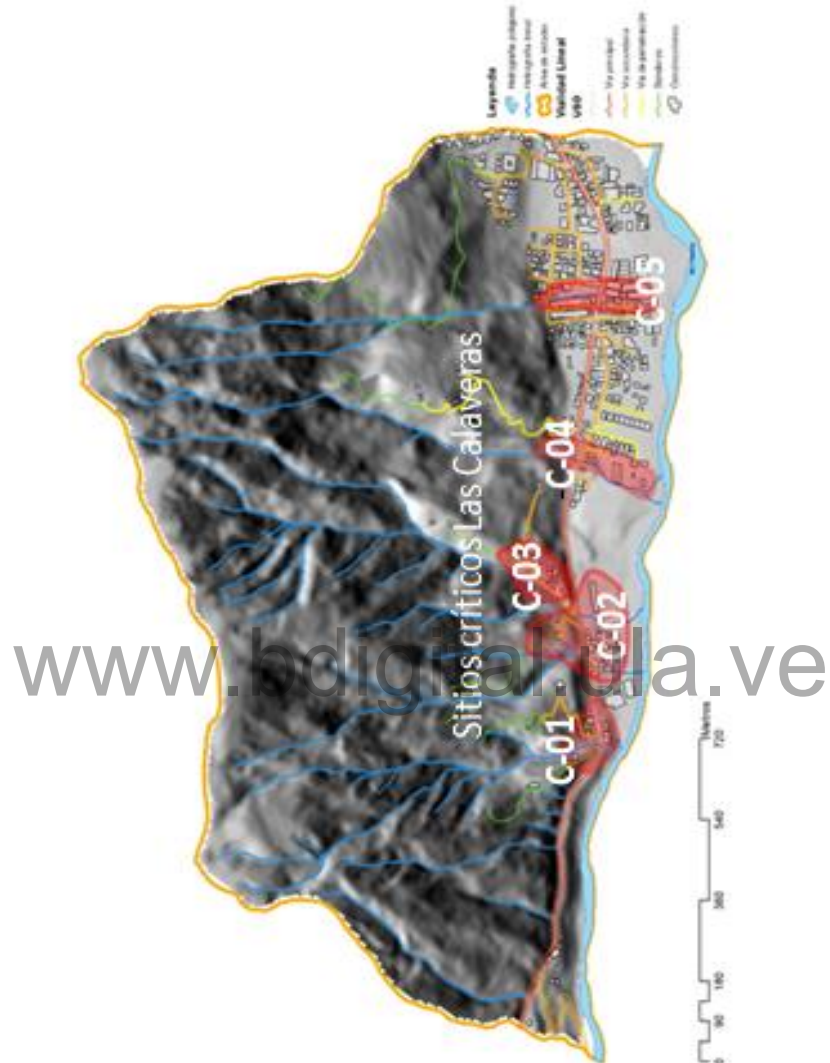


Figura 19. Muestra de la población representativa respecto a las edificaciones propensas a sufrir daños ante eventos adversos, por medio de imágenes satelitales con el uso del programa ArcGIS versión 10.8. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Etapas 2. Campo

Se realizó un reconocimiento de campo, mediante visitas al sector, para obtener la confirmación de la información obtenida previamente, toma de fotografías y puntos de geo-referenciación. Se verificó el área de estudio con aproximadamente 1.870.000 m², que forma parte del municipio Santos Marquina, en efecto, se encuentran dentro de un Plan de Ordenamiento Urbanístico (POU), que abarca las cinco (05) subcuencas que pueden afectar a la comunidad y previamente fueron delimitadas en la infografía cartográfica de diagnóstico.

Se identificaron y localizaron 23 sitios críticos, que se destacan por presentar movimientos de masa activos e inactivos, además de elementos expuestos dentro de los sitios críticos (vialidad, viviendas, tendido eléctrico, centros educativos, centro de salud, sistemas de agua potable, y sistemas de aguas negras). Destacándose los sectores con niveles de alta y muy alta susceptibilidad, en las cuales, se han registrado eventos naturales, también aquellas áreas con predominancia y acentuada actividad en procesos geomorfológicos que aún no ha registrado eventualidad alguna, pero presenta condiciones muy inestables que son latentes a causar daños o efectos colaterales a las edificaciones y/o infraestructuras actualmente emplazadas.

Para efecto de esta investigación, en presencia de los profesionales la Ing. geól. Msc. Ninfa Montilla, adjunta al Instituto Nacional de Geología y Minería y el Msc. Geógrafo Nerio Ramírez, representante del Instituto de Protección Civil, con experiencia en evaluación de estructuras, se aplicó un instrumento de evaluación para

las 124 edificaciones ubicadas anteriormente con el uso del SIG, en las subcuencas C-01, C-02, C-03- C-04 y C-05, donde se utilizó como instrumento de recolección de datos las planillas denominadas: Instrumento de evaluación para la vulnerabilidad física en las edificaciones. (Tabla 11). Aquí se resumió dicha información que sirvió posteriormente para la elaboración del análisis, exponiendo los casos más relevantes del área de estudio.

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

Tabla 11. Instrumento de evaluación “Vulnerabilidad física en las edificaciones” modificado del Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria.

INFORMACIÓN GENERAL									
Código	Fecha:	TIPO	A		B		C		D
UBICACIÓN GEOGRÁFICA									
Estado:	Municipio:	Parroquia:							
Sector :	Coordenadas geográficas:					Altitud:			
Punto de referencia 1:					Punto de referencia 2:				
Formas del terreno:	a. Plano:	b. Ondulado:	c. Montañoso:				d. Otro:		
1. DATOS DE LA COMUNIDAD:									
Nombre del Vocero:					Número de teléfono del Vocero:				
Concejo Comunal:		Número de personas que habitan la vivienda: uso turístico							
Tipo de Amenaza: movimiento de masa									
2. CARACTERÍSTICAS DE LA VÍA:									
Nombre de la Vía:		Año de Construcción:							
Tipo de material:	Granzonado:	Pavimento:	Cemento:	Otro:					
3. CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES:									
N° de la Vivienda:	Cantidad de pisos:					Altura de la Vivienda:			
Unifamiliar:	Bifamiliar:		Multifamiliar						
1)Bifamiliar, cerca de bloques, techo de teja					2) bifamiliar , sin cerca de bloques, techo acerolic				
3)Multifamiliar con cerca de bloques, techo de acerolic o teja					4) unifamiliar sin cerca de bloque, techo de teja				
5) Unifamiliar sin cerca de bloques , techo acerolic									
5. RIESGOS ESTRUCTURALES. Deterioros y daños en las edificaciones									
1)No se observan evidencias ni daños en la estructura, mampostería y acabados									
2) Daños superficiales solamente en los acabados, con fisuras. Deformaciones leves. Se aprecian fisuras no mayores a 1mm									
3) Moderadas. (pandeo de los elementos estructurales) .									
4) Deformaciones graves en la estructura por inclinaciones fuera de su plano vertical.									
5) Deformaciones muy graves en la estructura y mampostería con fallas por aplastamiento.									
6. FACTORES DEL ENTORNO Y FACTORES ANTRÓPICOS									
1)No se observan daños en el entorno o de elementos que puedan comprometer a la estructura.									
2) Se observan procesos naturales y antrópicos que dan indicios de movimientos en el terreno sin afectaciones a la estructura.									
3) Se observan evidencias físicas que pueden comprometer la estabilidad de la estructura.									
4) Se observan evidencias físicas que pueden comprometer de los elementos expuestos en las adyacencias.									
5) Factores y procesos que comprometen la estabilidad de la estructura y de las estructuras adyacentes.									
7. RIESGOS HIDROLÓGICOS									
1)Arboles altos con raíces expuestas y grandes ramas que puedan desgarrarse.									
2)Aplicacion de obras civiles correctivas .									
3) Procesos de erosión.									
4) Afectaciones por flujo de detritos y/o movimiento de masa.									
5)Flujo de detritos y/o movimiento de masa.								6) Quebradas en la misma dirección de flujo de la vivienda.	
8. CARACTERÍSTICAS DE OBRAS APLICADAS:									
Cajón Hidráulico:	Canales:	Torrenteras:	Dimensiones: Ancho (m):		Largo (m):		Profundidad (m):		
Vulnerables a :									

Fuente: Vera, M. (2023).

El instrumento presentado en la tabla 11, se conforma por ocho (08) ítems, cada uno desglosó otras características físicas observables en las edificaciones y/o estructuras que se encuentran en el sector, así como, algunas variables, tales como: a) tipo de estructura, b) altura de la vivienda, c) patologías estructurales, d) unifamiliar, bifamiliar o multifamiliar, e) características de la vía, f) obras aplicadas, entre otras variables cualitativas que se enuncian a continuación: en base al criterio de la investigadora y fundamentado a juicio de expertos en conformidad a las normas venezolanas.

Etapas 3. Oficina

En esta etapa se sistematizó e interpretó la información obtenida en campo a través de las encuestas y cartografía previa, se ubicaron los elementos expuestos, se analizó la vulnerabilidad física de las edificaciones en el sector, utilizando la representación infográfica, con la información y el análisis de los datos derivados de las etapas anteriores.

En primer lugar, se zonificaron los niveles de susceptibilidad (condiciones locales del entorno) y amenaza en el sector Las Calaveras, obtenidos en trabajos anteriores y en base a los resultados se identificaron las áreas sujetas a niveles de alta y muy alta susceptibilidad donde se reconocieron los puntos críticos del área de estudio que han sido afectados por lamentables eventos originados por movimientos de masa y aquellos posibles puntos a ser afectados por eventos aun no registrados.

De igual forma, el inventario de sitios críticos muestra el análisis de cobertura de sitios críticos, el mismo se diseñó mediante el uso del Excel, los datos suministrados por la base cartográfica de google earth, programa SAS PLANET y aquellos obtenidos en campo, ubicación de elementos expuestos a través de la elaboración de la infografía cartográfica, además la ubicación por relación de campo los puntos y zonas críticas en el tramo comprendido entre Los Llanitos de Tabay hasta el Parque Misirén (figura 20). En general, la muestra representativa consistió en ubicar las estructuras propensas a sufrir daños o estructurales frágiles que se encuentran en el sector Las Calaveras y que están en dirección al flujo de los procesos de escorrentía con efectos de la pendiente que presentan estas vertientes.

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

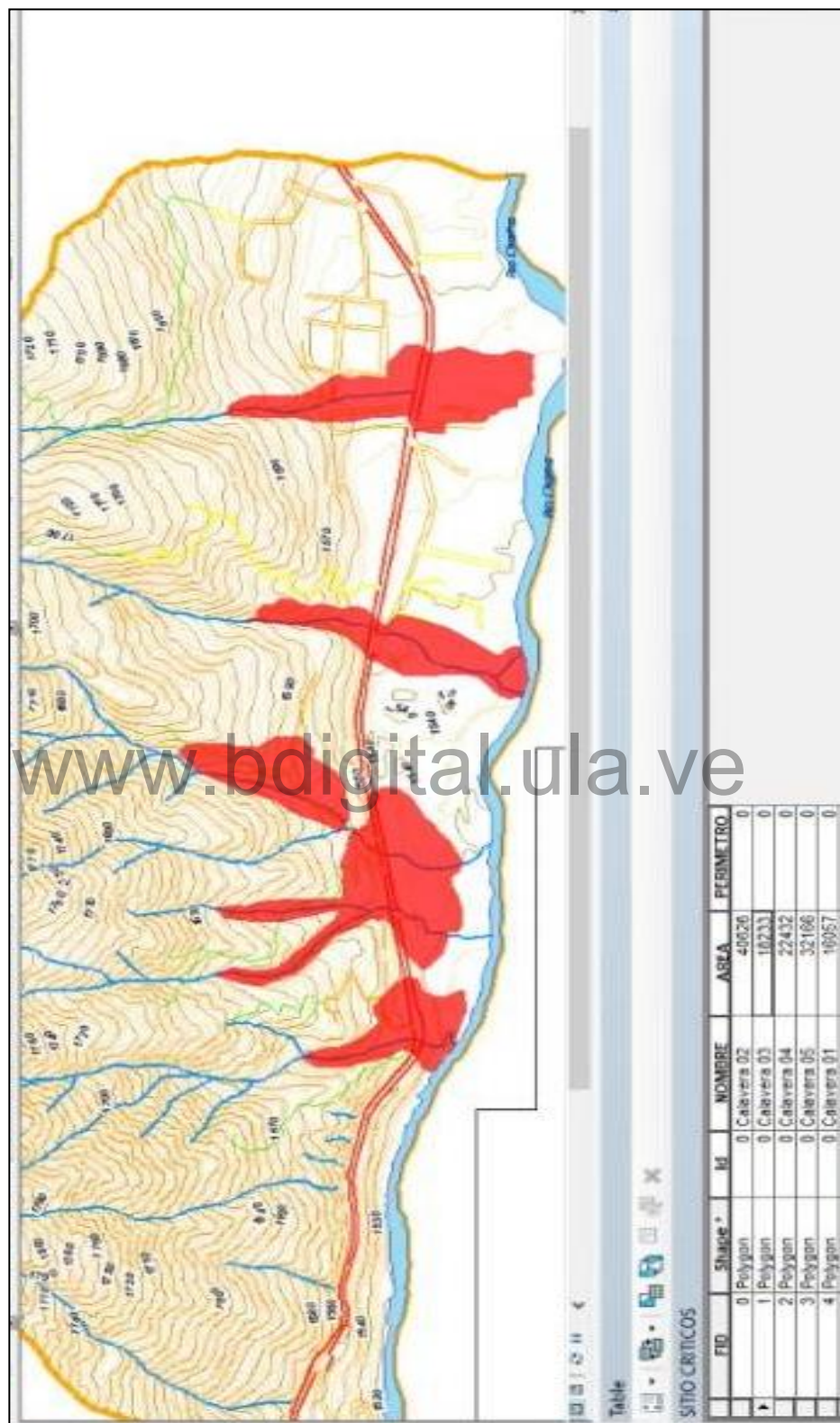


Figura 20. Delimitación de sitios y/o zonas críticas (tonalidades rojizas). **Fuente:** Uso de programa SAS PLANET y ArcGIS. Versión 10.8. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Seguidamente, se procedió a la representación del área de estudio, elaborándose infografías cartográficas de diagnóstico, elementos expuestos, zonas o áreas donde se asientan las edificaciones que presentan vulnerabilidad física y establecimientos de los escenarios de afectación ante movimientos de masa.

3.2. Sistematización de la información obtenida en las encuestas realizadas

Luego de la revisión, ordenamiento y procesamiento en tablas de Excel de la información obtenida con la aplicación del cuestionario prediseñado y modificada del Ministerio del Poder Popular para la Educación, permitieron la estimación de los niveles de vulnerabilidad física de las edificaciones mediante el uso de parámetros propuestos por diferentes autores modificados con rangos de valores de números enteros, apropiados en la escala del 1 al 5, pues a mayor escala, la edificación presentó mayor vulnerabilidad física. En esta sección, se incluyeron ciertos factores de fragilidad para la evaluación de las edificaciones identificadas como: tipología de estructuras, número de niveles, daños y deterioro de las estructuras y susceptibilidad del entorno.

Los sistemas constructivos clasificados en esta investigación resultaron del desarrollo de viviendas de interés social presentes, según sus niveles, unifamiliar, bifamiliar y multifamiliar, tal como se observa en la tabla 12, esto de acuerdo a las normativas y técnicas vigentes en cuanto a las tecnologías constructivas de la Comisión Venezolana de Normas Industriales. (COVENIN, 1988-2002).

Tabla 12. Tipología de la edificación. Normativas y técnicas vigentes en cuanto a las tecnologías constructivas. Tomado de la Comisión Venezolana de Normas Industriales.

Tipo de Edificación	Sin cerca de bloques, techo acerolic	Sin cerca de bloque, techo de teja	Con cerca de bloques, techo de acerolic o teja
Unifamiliar	5	4	3
Bifamiliar	2	1	3
Multifamiliar	1	2	3

Fuente: COVENIN, (1988-2002).

En referencia al cuadro anterior, algunos autores describen cómo se comporta una edificación de acuerdo a la cantidad de niveles y en la mayoría de los casos reportan que la relación depende del tipo de movimiento de masa y la ubicación del elemento respecto a la amenaza. En este caso de estudio, se analizó que un movimiento tipo flujo probablemente ocasione impacto en los niveles más bajos si se trata de una edificación de varios niveles, tal como se observa en la tabla 13.

Tabla 13. Cantidad de pisos.

Número de pisos	Valor
4	5
3	3
1	1

Fuente: Vera, M. (2023).

En este mismo contexto, en la tabla 14, se ilustran las variables para riesgos estructurales, deterioros y daños en las edificaciones. Estados de conservación. Igualmente, para factores del entorno y factores antrópicos (tabla 15).

Tabla 14. Variables para riesgos estructurales, deterioros y daños en las edificaciones. Estados de conservación.

Descripción	Factor
Deformaciones muy graves en la estructura y mampostería con fallas por aplastamiento.	5
Deformaciones graves en la estructura por inclinaciones fuera de su plano vertical.	4
Deformaciones moderadas. (pandeo de los elementos estructurales).	3
Daños superficiales solamente en los acabados, con fisuras. Deformaciones leves. Se aprecian fisuras no mayores a 1mm.	2
No se observan evidencias ni daños en la estructura, mampostería y acabados.	1

Fuente: Modificado de Du y Nadim, (2013).

Tabla 15. Variables para factores del entorno y factores antrópicos.

Descripción	Factor
Se observan daños en el entorno o de elementos que puedan comprometer a la estructura.	5
Se observan evidencias físicas que pueden comprometer de los elementos expuestos en las adyacencias.	4
Se observan evidencias físicas que pueden comprometer la estabilidad de la estructura	3
Se observan procesos naturales y antrópicos que dan indicios de movimientos en el terreno sin afectaciones a la estructura.	2
No se observan daños en el entorno o de elementos que puedan comprometer a la estructura.	1

Fuente: Padrón, (2015).

Para ello se realizaron los cálculos de grado de fragilidad para cada edificación basándose en los parámetros mencionados anteriormente mediante la utilización de programas básicos para cálculos estadístico (Excel). Es por ello, que se siguió la propuesta realizada por Li *et al*; (2009), modificada por Du y Nadim en el año (2013), donde se consideran los cuatro parámetros antes mencionados para la evaluación de fragilidad de las edificaciones y mediante la utilización de programas básicos para cálculos estadístico, tablas de Excel, permitiendo calcular el grado de fragilidad con la siguiente Ecuación:

$$Gf = 1 - (FTip - 1) * (1 - FNn) * (1 - FEc) * (1 - Suscp)$$

Dónde: Gf es Grado de fragilidad o capacidad de respuesta.

FTip Factor de fragilidad por tipo de estructura

FNn Factor de fragilidad por número de niveles

FEc Factor de fragilidad por estado de conservación

Suscp Factor de fragilidad por susceptibilidad del entorno y factores antrópicos.

Como complemento, se logró describir y cuantificar el grado de resistencia que poseen las edificaciones con respecto a sus características y a la cercanía a la amenaza presente por medio de variables en el caso de riesgos hidrológicos (tabla 16).

Tabla 16. Variables para riesgos hidrológicos.

Descripción	Factor
Flujo de detritos y/o movimiento en masa suscitados en quebradas que tienen la misma dirección de flujo de la vivienda.	5
Afectaciones por flujo de detritos y/o movimiento de masa.	4
Procesos de erosión.	3
Aplicación de obras civiles correctivas.	2
Arboles altos con raíces expuestas y grandes ramas que puedan desgarrarse.	1

Fuente: Vera, M. (2023).

La definición de variables e indicadores permitió la caracterización y descripción de los factores que originan este tipo de vulnerabilidad física en las edificaciones, expresados en aspectos cualitativos, es decir, la magnitud de los daños puede ser expresada usando categorías y cualidades descritas que representan diferentes niveles, como: baja, moderada alta, muy alta. De esta manera, se precisó una ponderación a criterio propio considerando los análisis de los autores antes mencionados, principalmente que plantea que a mayor puntaje mayor es su vulnerabilidad. Es decir, valores entre 1 y 5. (MINMINAS, 2015). Siendo el 5 la mayor probabilidad de daños. (Tabla 17).

Tabla 17. Descripción de la vulnerabilidad física para las edificaciones usados en el Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria, adaptado y modificado por Vera, 2023.

Vulnerabilidad física	Descripción /características	Valor/ponderación
BAJA	Edificación con adecuada técnica constructiva. Bifamiliares, con cerca de bloques, techo de teja o bien, bifamiliar, sin cerca de bloques con techo acerolic. No se observan evidencias ni daños en la estructura, mampostería y acabados. Condiciones geológicas y geotécnicas favorables. En algunos casos pueden presentar algunos daños superficiales solamente en los acabados, con fisuras. Deformaciones leves. Se aprecian fisuras no mayor a 1mm. No se observan daños en el entorno o de elementos que puedan comprometer a la estructura, o bien, los procesos naturales y antrópicos dan indicios de movimientos en el terreno sin afectaciones a la estructura. Árboles altos con raíces expuestas y grandes ramas que puedan desgarrarse o aplicación de medidas de control correctivas. No hay riesgos eléctricos.	1 -2
MODERADA	Edificación dura sin adecuada técnica constructiva, multifamiliar con cerca de bloques, techo de acerolic o teja. Los riesgos estructurales o deterioros y daños en las edificaciones son moderadas. (Pandeo de los elementos estructurales) condiciones geológicas y geotécnicas regulares. Se observan evidencias físicas que pueden comprometer la estabilidad de la estructura. Existen procesos de erosión. Riesgos eléctricos moderados.	3
ALTA	Edificación dura sin adecuada técnica constructiva. Unifamiliares sin cerca de bloque con techo de teja. Deformaciones graves en la estructura por inclinaciones fuera de su plano vertical. Se observan evidencias físicas que pueden comprometer los elementos expuestos en las adyacencias. Se observan árboles y postes inclinados, botes de aguas blancas servidas y filtraciones. Presencia de afectaciones por Flujo de detritos y/o Movimiento de masa. Riesgos eléctricos moderados.	4
MUY ALTA	Edificación dura o blanda en estado precario. Unifamiliares sin cerca de bloques, techo acerolic. Los asentamientos de la fundación, presentan grietas en paredes, columnas y pisos muy visibles con filtraciones. Deformaciones muy graves en la estructura y mampostería con fallas por aplastamiento. Factores y procesos que comprometen la estabilidad de la estructura y de las estructuras adyacentes que son afectadas, riesgos hidrológicos entre ellos, flujo de detritos y/o Movimiento en quebradas en la misma dirección de flujo de la vivienda. Riesgos ambientales y eléctricos muy altos.	5

Fuente: Vera, M. (2023).

Tomando en cuenta los aportes de Montién para el año 2017, se representaron los escenarios de exposición bajo los criterios y de acuerdo a la guía del SGC, en el análisis de vulnerabilidad física, tal como se observa en la tabla 18, esto de acuerdo a la cercanía de los procesos geomorfológicos presentes y posibles impactos a las edificaciones.

Tabla 18. Escenarios de exposición.

Zona	Descripción	Daños esperados	Criterio de intensidad o magnitud
1	Elementos ubicados sobre la zona estable en la parte superior del talud, sin posibilidad de afectación por retrogresión.	No se esperan daños a causa de los movimientos de masa.	
2	Elementos ubicados sobre una ladera potencialmente inestable o potencialmente afectados por efectos de retrogresión.	Colapso o daños instantáneos debido a pérdida de soporte en la zona de retrogresión. Asentamientos diferenciales, inclinaciones y agrietamientos asociados con movimientos lentos, colapso de la estructura asociado a movimientos rápidos.	Velocidad del movimiento. Actividad del deslizamiento, cantidad de desplazamiento. Desplazamientos verticales.
3	Elementos ubicados en la trayectoria del movimiento de masa o en la zona de depósito del material deslizado.	Daños localizados por impacto, colapso total, obstrucción, enterramiento, entre otros.	Velocidad del movimiento, distancia de viaje. Presiones laterales. Impactos (volúmenes y energía cinética). Altura de acumulación de material.
4	Elementos fuera del alcance del movimiento de masa y su área de depósito.	No se esperan daños a causa de los movimientos de masa.	

Fuente: Montién, (2017).

Para generar las infografías cartográficas se siguió un procedimiento, que se describe de la siguiente manera: A partir de la cartografía y datos obtenidos en las etapas anteriores, se elaboraron e integraron los mapas temáticos que representan las variables condicionantes: mapa topográfico, mapa de rangos de pendientes, mapa de unidades geomorfológicas e hidrografía y mapa de usos urbanos. Utilizándose los

SIG, para la elaboración de las infografías cartográficas correspondientes a la información del diagnóstico del área de estudio, elementos expuestos, vulnerabilidad física y elementos probabilísticos de escenarios de afectación ante movimientos de masa.

En relación al mapa base, inicialmente se elaboró el mapa topográfico con respecto al mapa de MINDUR a escala 1:15000, que sirvió de base para la realización de los posteriores mapas, entre ellos: mapa de procesos geomorfológicos, mapa de elementos expuestos a las subcuencas, sitios críticos y mapas del plan de ordenamiento urbanístico del sector. Dentro de estas bases cartográficas resaltan las capas facilitadas por el Instituto de Protección Civil y Administración de Desastres del estado Mérida a escala 1:5.000 con equidistancias de curvas de nivel de 5 m y la cartografía generada por Peña en el año 2012 a escala 1:10.000.

De igual forma, la cartografía básica de Mindur a escala 1:15000 (figura 21), Así como también, la cartografía de los estudios de susceptibilidad realizada por INGEOMIN, a escala 1:2500, que comprendió una parte del área de interés (figura. 22) y el mapa de áreas afectadas del sector Las Calaveras, durante el evento suscitado en el año 2006 generado por INPRADEM para las subcuencas principales C-01 y C-02 a escala 1:2500 (figura 23).

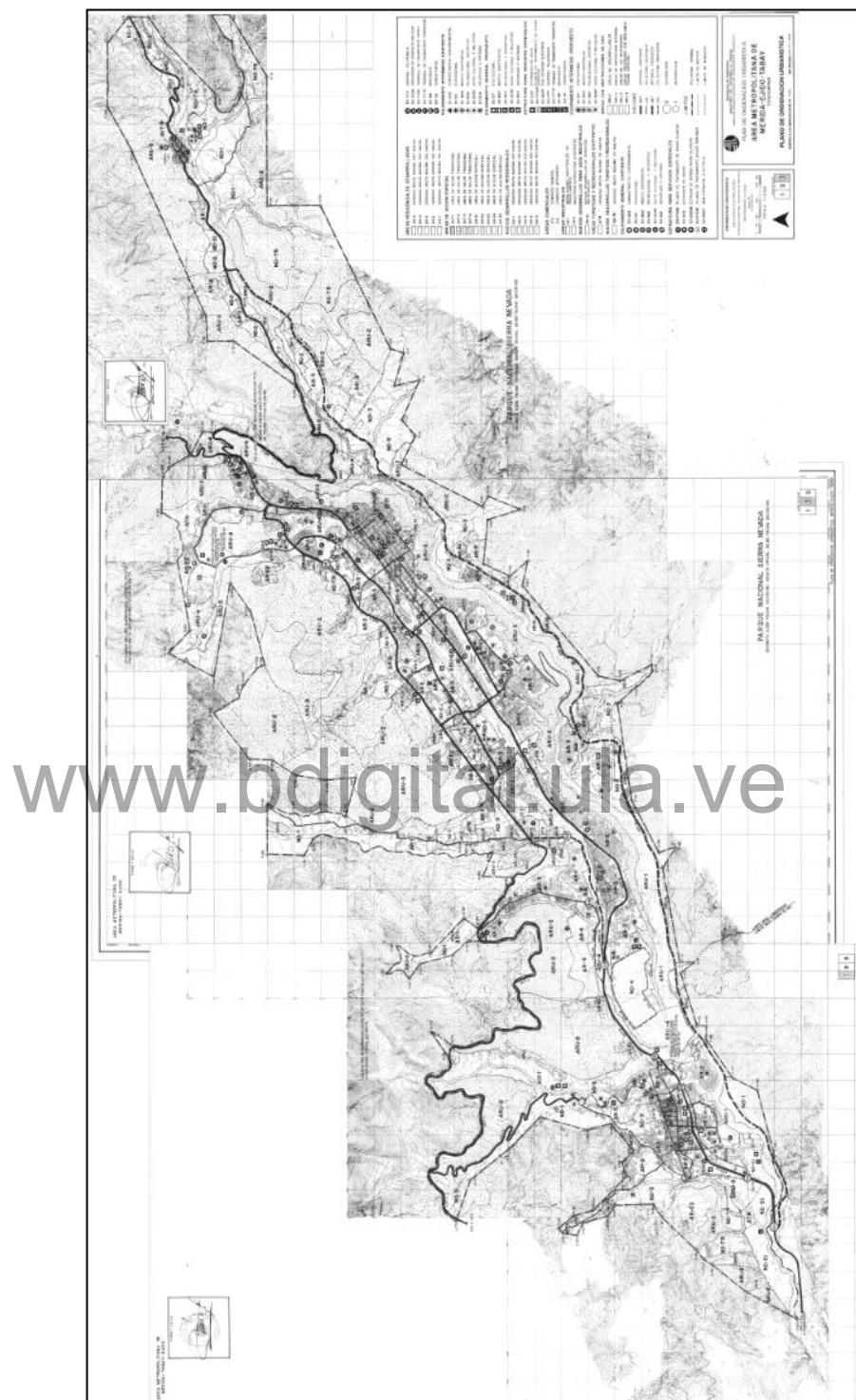


Figura 21. Mapa del Plan de Ordenación Urbanística Mérida-Tabay. **Fuente:** MINDUR, (1999).

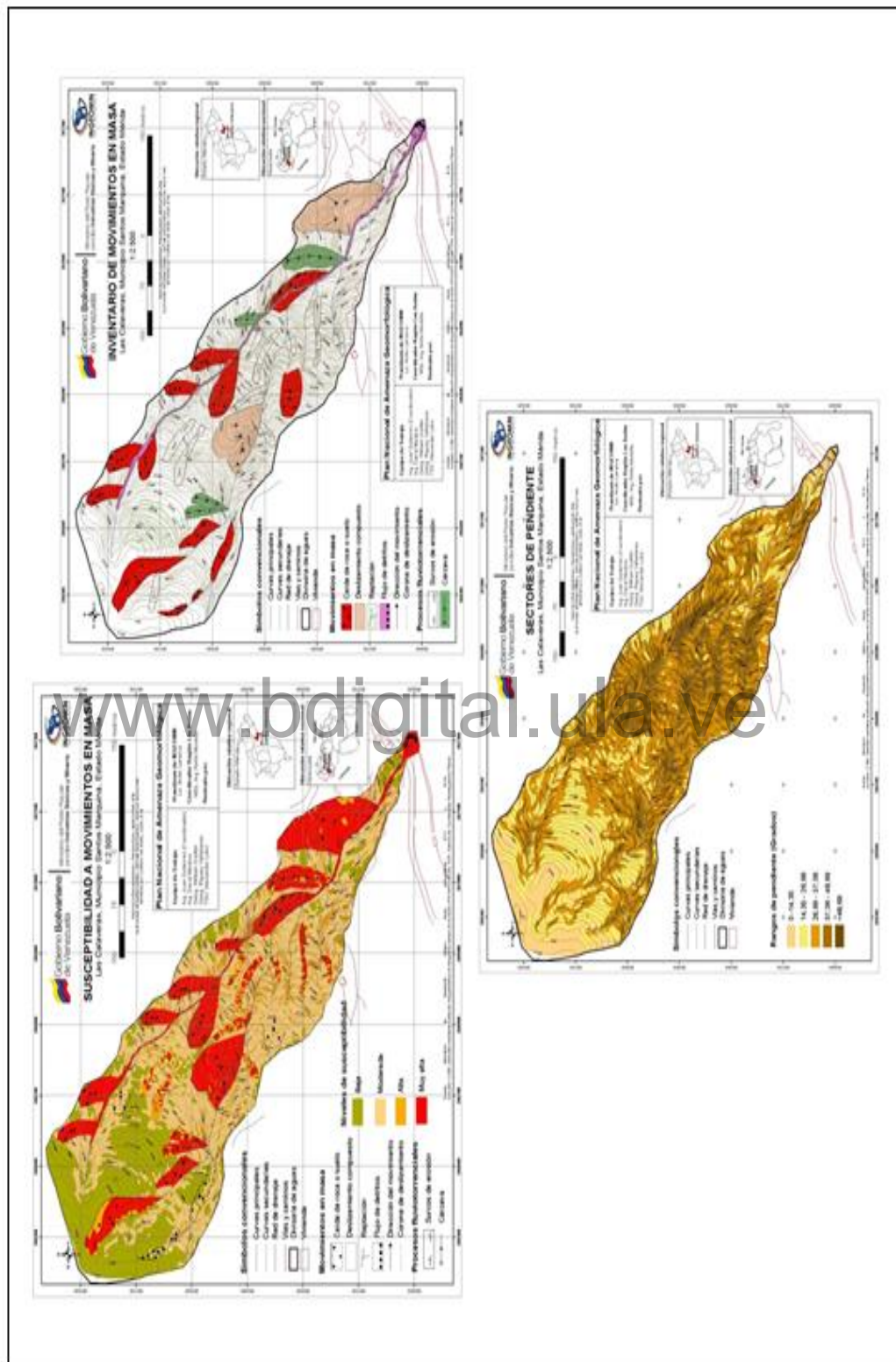


Figura 22. Susceptibilidad ante movimientos de masa y sectores de pendiente. Cartografía base del Instituto de Geología y Minería. **Fuente:** INGEOMIN, (2007).

Con esto se complementó el resto de las curvas de nivel, con equidistancia de 2,5 m con pendientes e hidrografía a escala 1:600, para la ampliación del área de estudio realizada por Peña en el año 2017 a escala 1:25000 (figura 24), delimitándose así las cinco subcuencas del sector Las Calaveras. Igualmente, se integró el área de estudio a 1.870.000 m², comprendiendo las cinco subcuencas: C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05 (figura 25). En la vectorización se usan poli-líneas, aquí las curvas de nivel se colocan con un intervalo de 2,5 metros de distancia, lográndose de esta forma visualizar con mayor precisión la topografía predominante como base inicial de contenido analítico.

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

Figura 24. Mapa del sector Las Calaveras, municipio Santos Marquina, estado Mérida. **Fuente:** Peña, (2017).

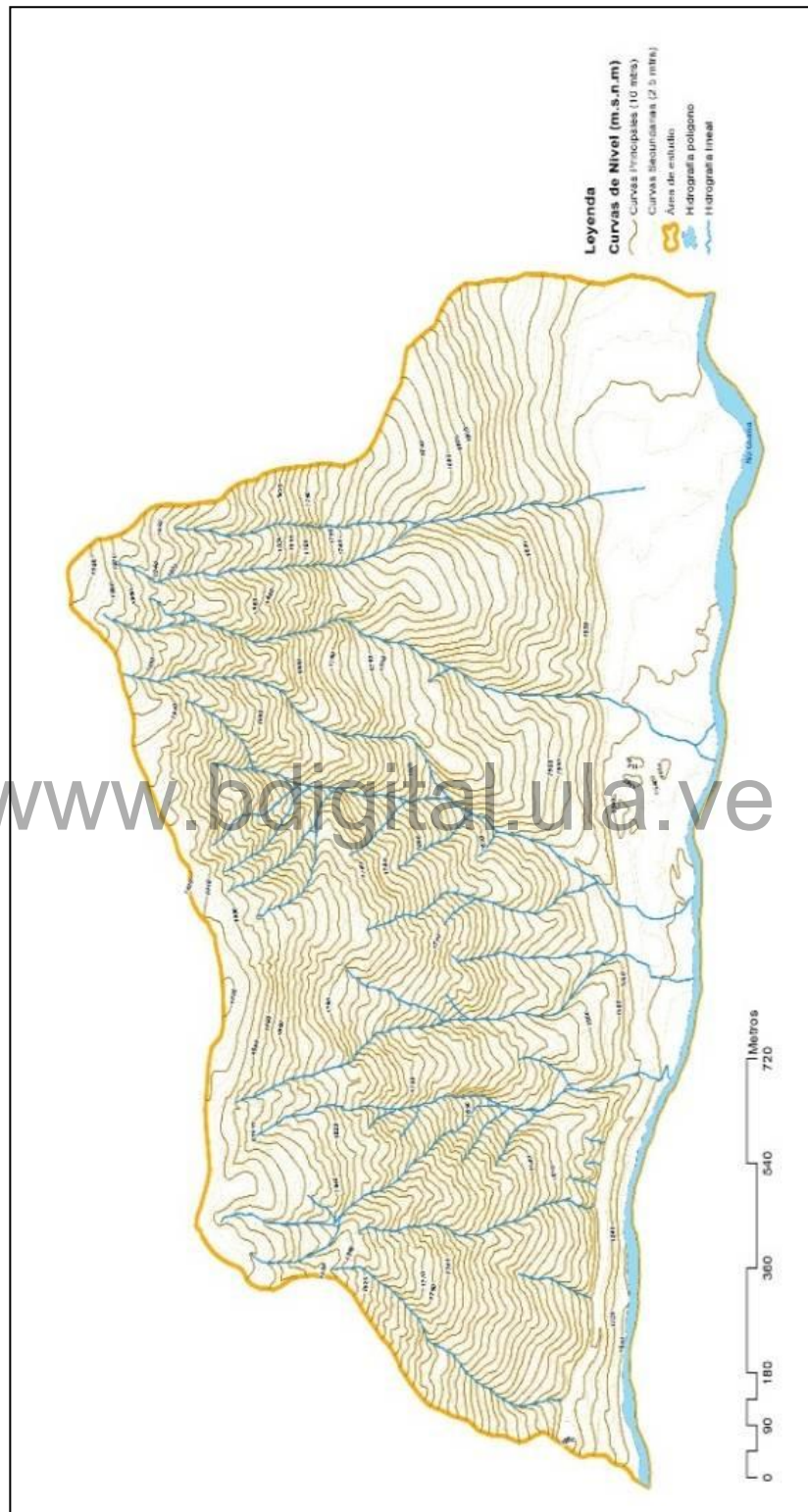
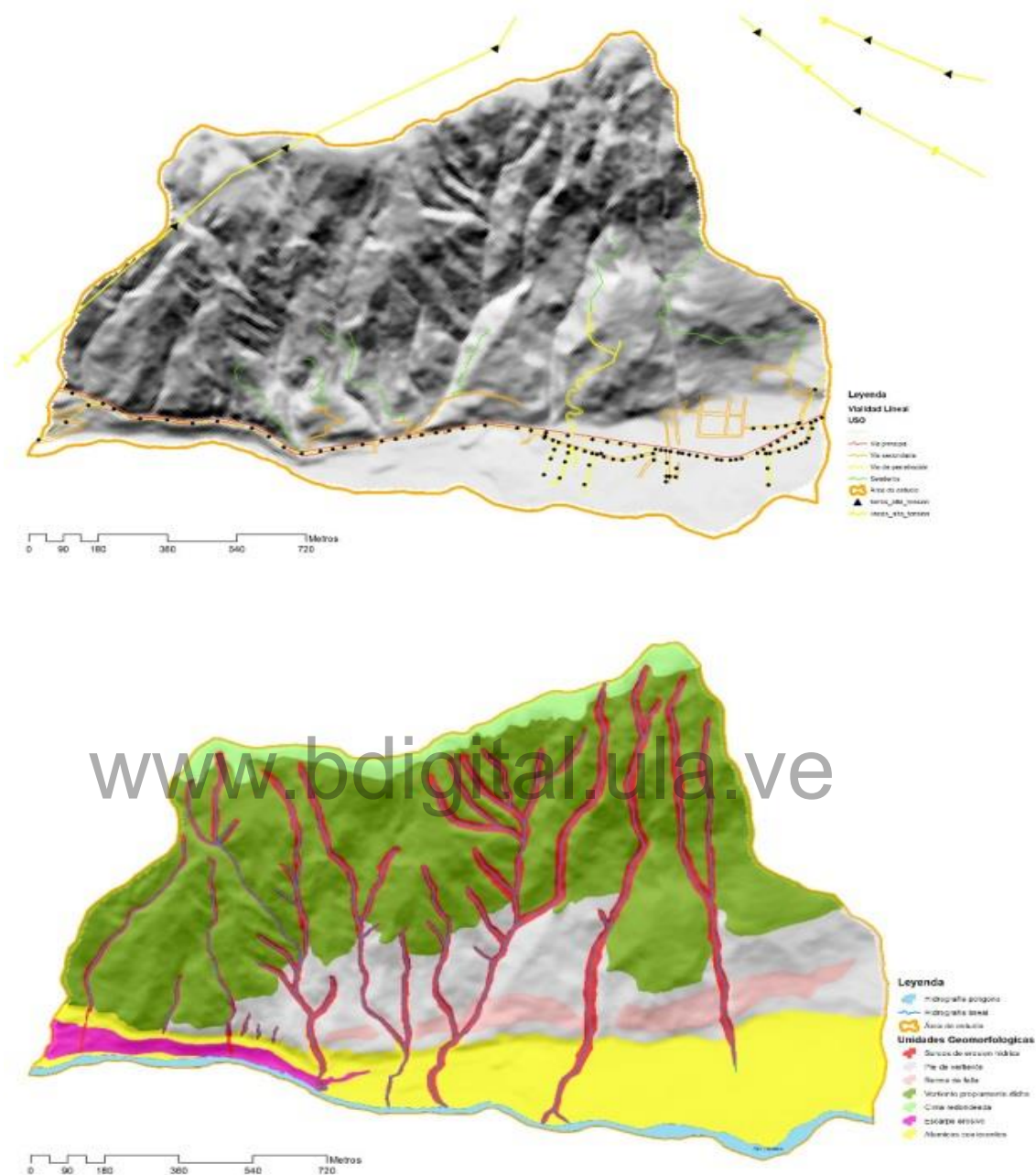


Figura 25. Mapa topográfico con hidrografía de la zona de estudio. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Como se observa en las figuras 27 y 28, se logró identificar algunos rasgos geológicos, procesos geomorfológicos, hidrografía, elementos expuestos en cuanto a edificaciones, vialidad, vías de acceso, y presencia de algunas líneas de suministro eléctrico (tendidos eléctricos).

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento



Figuras 27 y 28. (a) Unidades geomorfológicas en el sector Las Calaveras y ubicación de líneas de tensión, a través de imágenes satelitales con el uso del programa ArcGIS versión 10.8. (b) Procesos Geomorfológicos. **Fuente:** Vera, M. (2023).

La topografía fue un factor útil para la interpretación de los rangos de pendiente, representación hidrográfica y geomorfológica, así como, el diseño de un

modelo de elevación digital del terreno fundamental para la sectorización de los sitios críticos y el análisis de la información. De igual forma, las polilíneas cargadas de una cota de altimetría expresadas en metros sobre el nivel del mar (ms.n.m), permitió dar un modelo de análisis de altimetría analítica basado en un TIN de elevación donde dichos elementos generan una visual donde se expresa gráficamente el intervalo altimétrico predominante, expresado en formato raster, tal como se observa en la figura 29.

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

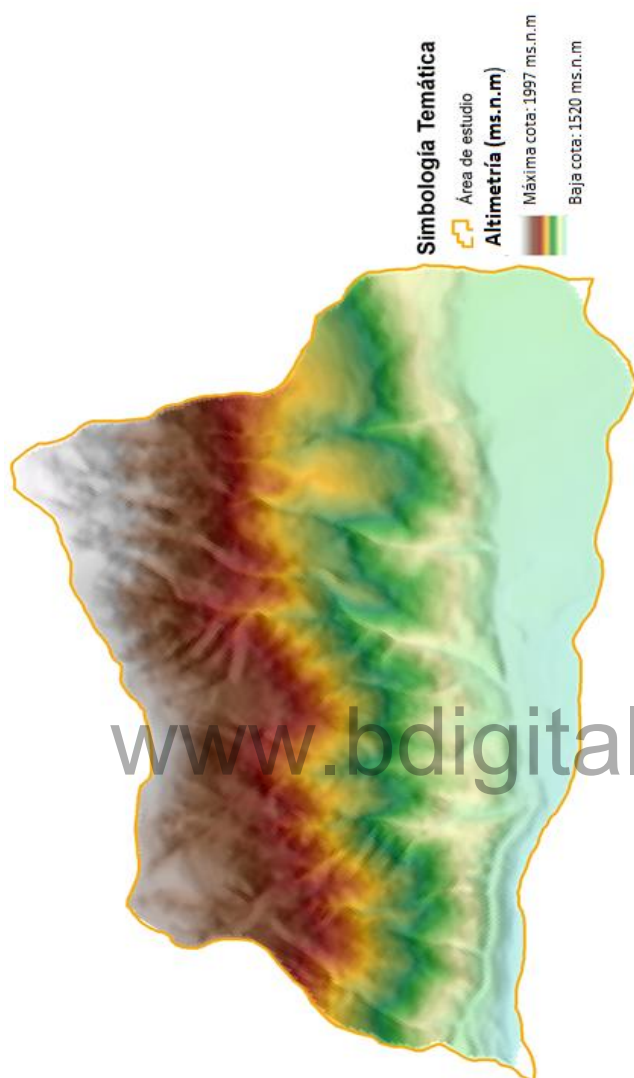


Figura 29. Altimetría del terreno del área en estudio, a través de imágenes satelitales con el uso del programa ArcGIS versión 10.8. **Fuente:** Vera, M. (2023).

A través de las imágenes satelitales provenientes del programa SAS PLANET y los datos obtenidos en campo se vectorizan con el uso de la geometría de puntos, polígonos y líneas y se cargan el metadato de características geomorfológicas identificadas, de esta manera se cuantifican las áreas afectadas (Km, hectáreas) que son susceptibles a generar afectaciones estructurales y el interactuar con la realidad social (figura 30).

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

Para los elementos expuestos se integró los datos urbanos (estructuras, líneas vitales, vialidad, usos de suelo), ubicación de las subcuencas, delimitación de las áreas de movimientos de masa y flujos de detritos. Este dato permitió visualizar áreas que comprometen su nivel de afectación directa e indirectamente previa toma de información referencial de cartografías a escala 1:25.000 del MINDUR, INGEOMIN y ULA y otros estudios sobre las principales amenazas en el sector Las Calaveras (figura 31).



Figura 31. Mapa base con ubicación de subcuencas, procesos y unidades geomorfológicas, interpretadas a través de imágenes satelitales con el uso del programa ArcGIS versión 10.8. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Se realizó un inventario de los eventos históricos y los periodos de recurrencia más conocidos por tipología de edificaciones para esta comunidad, el cual se encuentra plasmado en el marco teórico. Con base a los estudios realizados, se identificaron los sectores críticos o áreas frágiles propensas a sufrir daños. Con lo antes descrito, se originó una infografía cartográfica generalizada (figura 32). La

infografía cartográfica de diagnóstico de toda el área de estudio el cual representa el 100 % de la población ubicada en el sector Las Calaveras. Ampliado en área, que comprende la caracterización físico natural de Las Calaveras, empleándose como referencia el Plan de Ordenamiento Urbanístico (POU). Luego se identificaron 439 unidades en total (equivale el 100 % de la población), respecto a los elementos estructurales existentes.

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

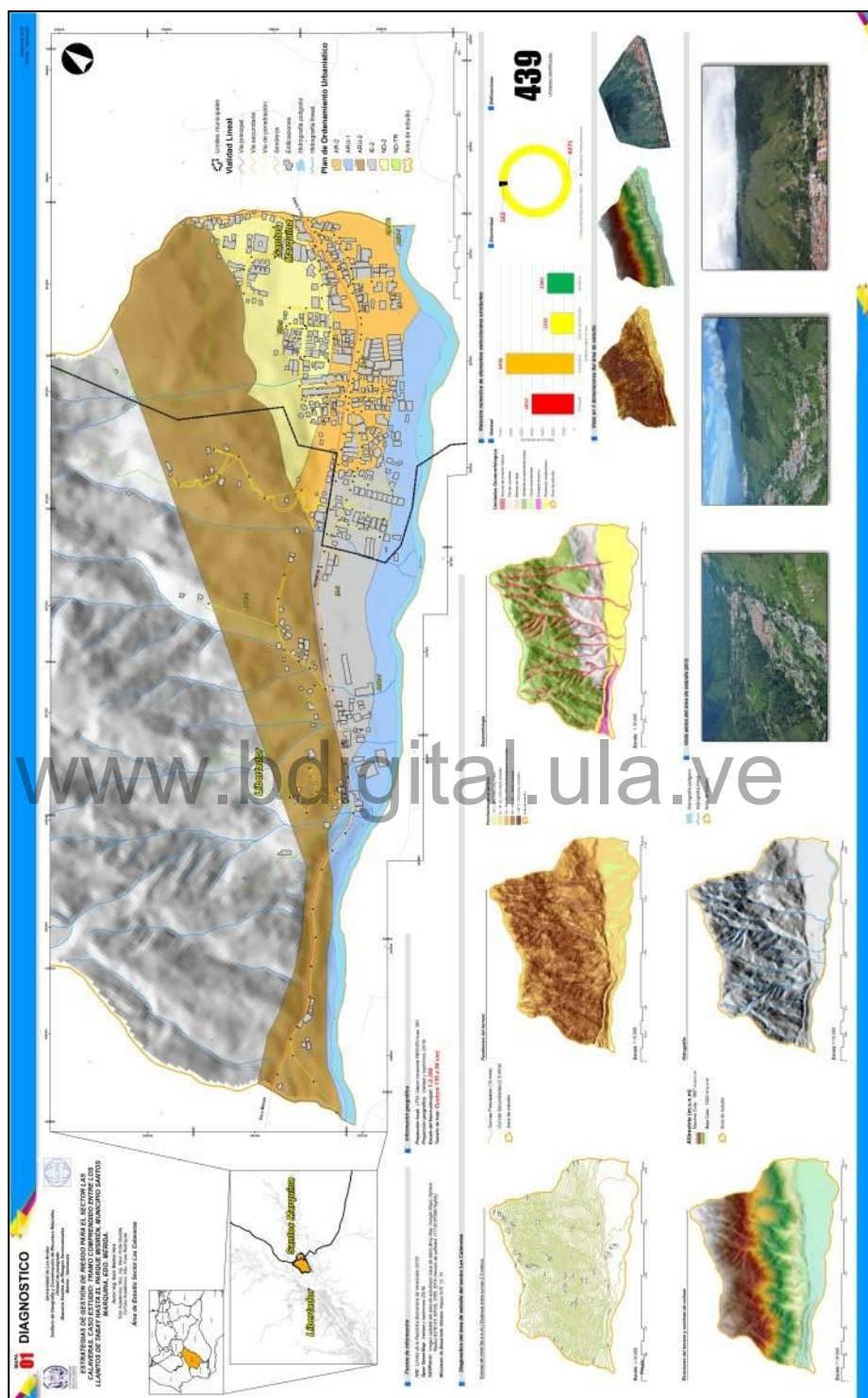


Figura 32. Infografía cartográfica de diagnóstico de toda el área de estudio el cual representa el 100 % de la población ubicada en el sector Las Calaveras. Reducción del original. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Los establecimientos del área de estudio se realizaron bajo el uso de la herramienta ArcGIS, consiste en vectorizar arealmente las variables que interactúan socio dinámicamente, dando lugar al establecimiento del Plan de Ordenamiento Urbanístico (POU) vigente y delimitación de dichas áreas, conforme a los colores reglamentarios para la identificación del contenido urbanístico, así como, las líneas vitales (agua, luz, vialidad, tuberías de aguas negras y aguas blancas). De manera que, la sectorización de la exposición para cada subcuenca, implicó el cruce de las condiciones de elementos expuestos, zonas críticas, ubicación de poblaciones e infraestructuras. Por ello, las poblaciones en peligro incluyen todos los aspectos de vivienda e infraestructuras donde se ubican, las cuales al igual que la vida humana, son susceptibles de ser afectadas. Al final, lo que se pretende es la delimitación de los sectores donde hay población e infraestructura en peligro por la ocurrencia de movimientos de masa.

Es importante acotar, que los establecimientos de escenarios cuantifican la cantidad de elementos expuestos por categorías de afectación sobre la base de su interacción con las amenazas, definiendo por rangos de colores que elementos están expuestos indicando los porcentajes de afectación. Por tanto, el establecimiento de infografías cartográficas establecidas a través de múltiples ventanas permite interactuar con todos los elementos analíticos de forma simultánea, lo que permite compararlos según la necesidad de visión para indicar las medidas correctivas, prospectivas y reactivas del área en estudio.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo contempla los resultados obtenidos una vez aplicados los instrumentos pertinentes. Al respecto, se puede expresar que “el diagnóstico es la etapa en la cual se identificará el problema, se recogerán y procesarán todas las informaciones referentes al desarrollo de la investigación” (Hurtado, 2010: 507).

Por otro lado, se sustenta que la primera tarea una vez finalizado es el proceso de recolección de información, quien consiste en describir los datos y posteriormente realizar los análisis. (Hernández *et al*; 2010). Así, se procedió a analizar los resultados obtenidos que se describen e interpretan los procesos, llegando a concluir que existe la necesidad de proponer estrategias de gestión de riesgo socionaturales para prevenir, corregir y disminuir las afectaciones de los movimientos de masa en este sector. En correspondencia a lo expuesto, se presenta a continuación el análisis de la situación encontrada.

4.1. Diagnóstico de los elementos expuestos a daños ante la ocurrencia de movimientos de masa

Se identificó todo elemento expuesto propenso a sufrir daño, detrimento o deterioro en futuros eventos extremos, además de edificaciones cercanas a los movimientos de masa y en dirección al flujo de los cauces, que pueden ser afectados por la activación de los mismos (figura 33 y figura 34).

El sector Las Calaveras presenta condiciones homogéneas en cuanto a la unidad litológica, emplazándose sobre la Granodiorita de El Carmen que por la incidencia de procesos geológicos externos (meteorización), están muy alterados y diaclasados condicionando la fragilidad del lugar. Esta unidad está representada por granodioritas que se encuentran alterados, generándose fácilmente los movimientos de masa; es ésta la condición geológica donde el proceso de meteorización ha dado lugar a la formación de mantos de arenas sueltas y friables de varios metros de espesor que emigran constantemente a la parte inferior de la vertiente en forma de caídas de suelos, caídas de rocas o flujos de detritos principalmente. Por lo tanto, los asentamientos poblacionales que se encuentran hacia las zonas con menor pendiente presentan elementos expuestos a daños eminentes relativos a la magnitud con que se presente, afectando las personas.

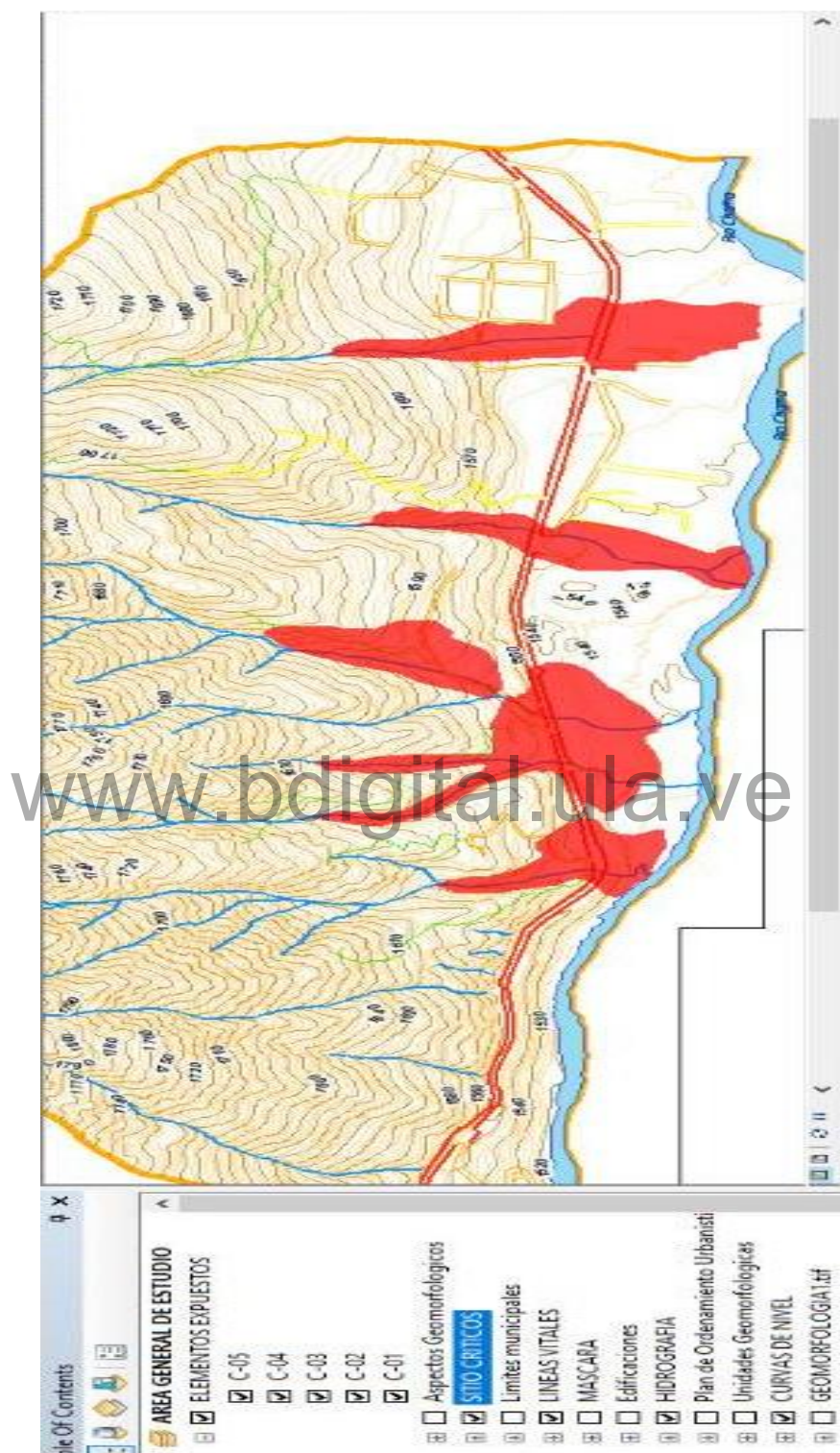


Figura 33. Se muestra en tonalidad rojiza las zonas críticas, donde existe mayor afectación de los elementos expuestos. **Fuente:** Vera, M. (2023).



Figura 34. Se ilustra las zonas críticas con los movimientos de masa que se encuentran en la zona de estudio. **Fuente:** Vera, M. (2023).

En tal sentido, se consideró importante identificar los elementos expuestos y bienes físicos con la siguiente tipificación:

Para elementos estructurales:

1. Las construcciones consideradas como: tipo 1: (Tapia pisada o adobe), tipo 2: (Bloque, Ladrillo, piedra, concreto), tipo 3 (Guadua, zinc o bahareque).
2. En las vías se tomó la afectación física por el fenómeno obstrucción de la vía, daños a la calzada, ruptura parcial o total, y socavación lateral.
3. Las redes catalogadas como postes de alta, media y baja tensión.
4. Construcciones: (a) Daños ligeros no estructurales, como roturas de puertas y ventanas, daños de muebles y enseres por presencia de lodo, o por avulsión o desborde de canal; (b) Daños de carácter importante por fisura o rotura de elementos, como muros e incluso vigas. Se compromete la estabilidad de la edificación y se recomienda su evacuación; y (c) Derrumbe parcial o total de la estructura; sedimentación de material con alturas superiores a un metro, que obliga al abandono de la edificación.
5. Vías: (a) Depositación de material sobre la calzada de altura baja a moderada (30-70cm), que genera obstrucción y plantea la necesidad de intervención de maquinaria para su rehabilitación; (b) Depositación de material sobre la calzada, de altura media a alta (>70cm) que genera obstrucción y requiere ardua labor de limpieza y (c) Ruptura de calzada por afectación de su estructura base, debido a erosión basal o socavación lateral.

6. Líneas: Caída de la estructura de soporte (poste) que genera ruptura de la línea y corte de servicio.

7. Conducciones: Ruptura de elementos (tubería), que genera interrupción del servicio.

La delimitación de los elementos expuestos corresponde a la situación de los bienes físicos y personas, cuya identificación y localización se hace teniendo en cuenta aspectos como orden, avalúo catastral, avalúo comercial, uso del suelo, número de edificaciones, área construida, tipología, entre otros; los cuales se representan gráfica y espacialmente con SIG.

Para bienes físicos y población:

Se toma en cuenta, el número de personas expuestas; aquí se determinan los índices de ocupación en relación con la densidad de ocupación máxima de la edificación y del terreno, es decir, el número máximo de personas que pueden habitar una construcción, de tal forma, que según las minutas que realizó INPRADEM para el listado de personas afectadas en el año 2006, al momento estaban habitadas por aproximadamente una cantidad de cuatro (4) a siete (7) personas aproximadamente, obteniendo un promedio general de cinco (5) personas por vivienda, de acuerdo a la tasa residencial neta.

Seguidamente, se sondeó la población en estudio por medio de las visitas a campo y uso de los sistemas de información geográfica para delimitar 439 unidades de elementos expuestos en su totalidad o equivalente al 100 % de la población, como se observa de manera estadística en el figura 35, relacionados a las edificaciones y/o

infraestructuras identificadas, medios de subsistencia, presencia de personas, entre otros, que están sometidos bajo la manifestación de los movimientos de masa, previo conocimiento del diagnóstico, considerando los sitios críticos antes mencionados.

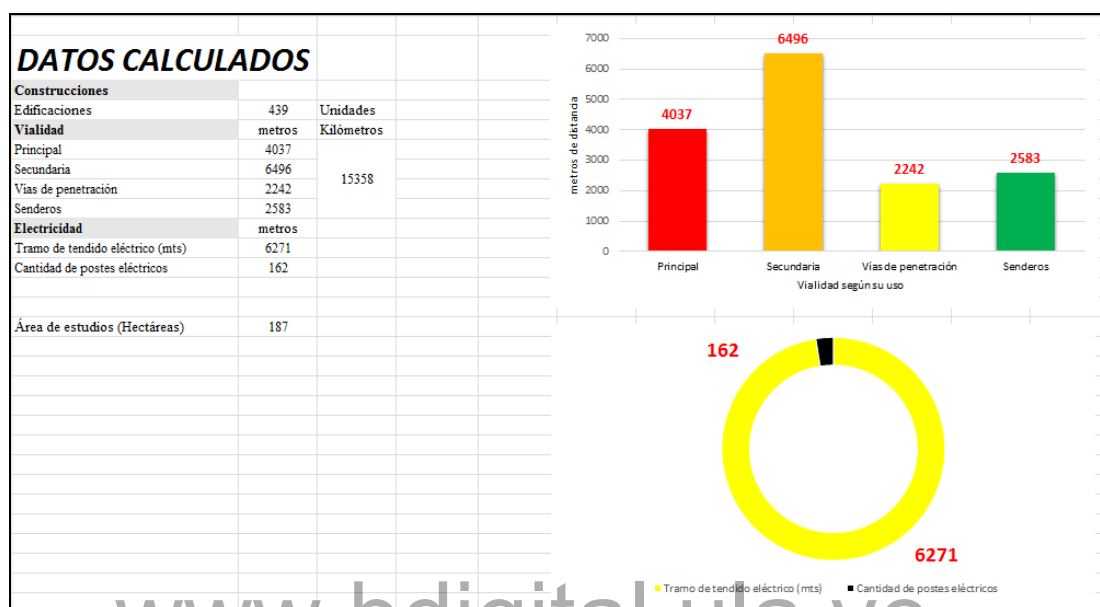


Figura 35. Cálculos de los elementos expuestos en relación al área total de estudio.
Fuente: Vera, M. (2023).

La delimitación de los elementos expuestos en el área de influencia, se realizó para cada sector o comunidad, que implica cada uno de los cauces involucrados por separados, para obtener un mejor detalle de la información donde se obtuvo la siguiente relación numérica que se muestra a continuación en la figura 36.

1. Calaveras C-01: Se obtuvo 11 edificaciones expuestas ante la amenaza, por tanto, para una cantidad aproximada de cinco (5) habitantes por edificación, se infiere de cincuenta y cinco (55) personas expuestas aproximadamente en la subcuenca C-01.

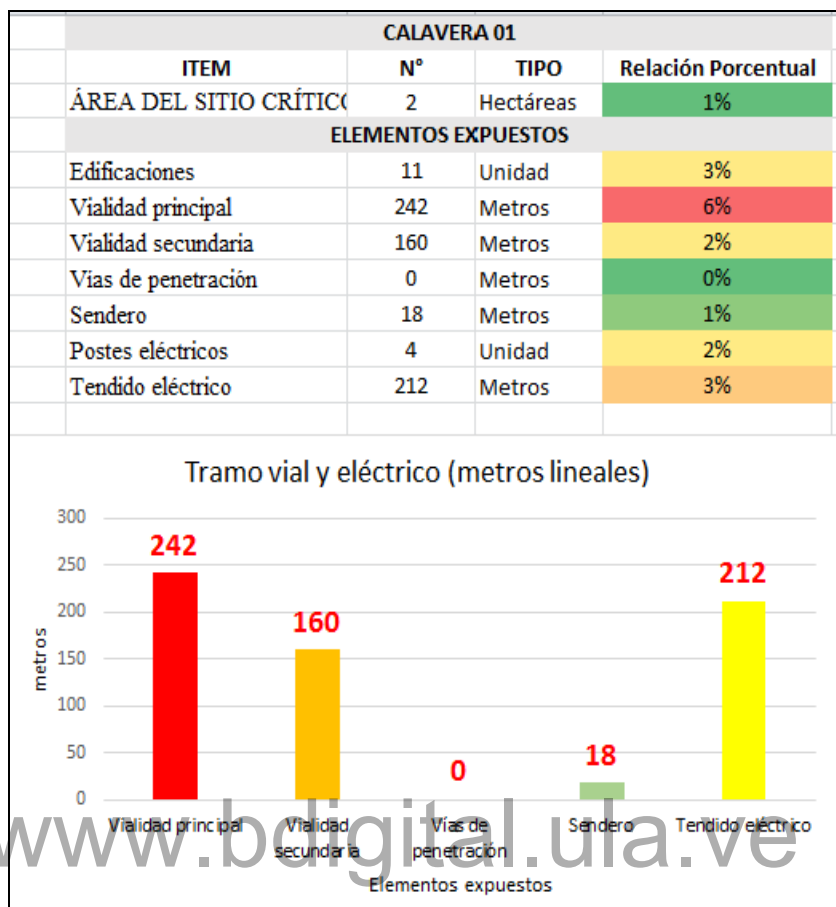


Figura 36. Relación numérica y gráfica de los sitios críticos para la subcuenca Calaveras 01 (C-01). **Fuente:** Vera, M. (2023).

De acuerdo a lo observado (figura 36), los elementos que mayormente están expuestos son las líneas vitales, entre ella la carretera Trasandina (troncal 007) con 242 metros de longitud en el tramo de estudio, que comunica el estado Mérida con el estado Barinas u otras poblaciones aledañas. El tendido eléctrico como servicio básico fundamental con 212 metros, las vías secundarias con 160 metros de longitud, algunos senderos con 18 metros de longitud, y once (11) edificaciones expuestas a la amenaza latente, concernientes a los movimientos de masa que se originan en las vertientes y cuatro (4) postes eléctricos en el sector para las once (11) edificaciones

identificadas en la parte baja de la ladera con pendientes moderadamente inclinadas. Estos elementos dentro de un área de 16057m² dentro de los sitios críticos para la C-01. En la figura 37, se observa los elementos expuestos en el sector Las Calaveras (C-01).

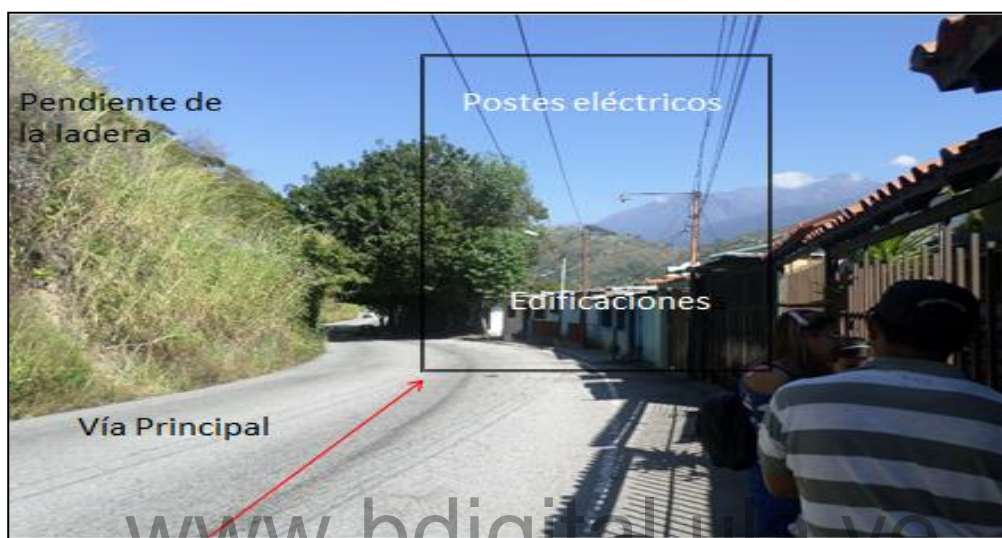


Figura 37. Se detallan los elementos expuestos (edificaciones unifamiliares, postes eléctricos, y vía principal) en la subcuenca Las Calaveras (C-01). **Fuente:** Vera, M. (2023).

En relación a las edificaciones y tendido eléctrico, once (11) viviendas se verían afectadas ante un evento adverso, pues sólo cuatro (04) postes suministran la energía eléctrica a la comunidad, tal como se observa en la figura 38.

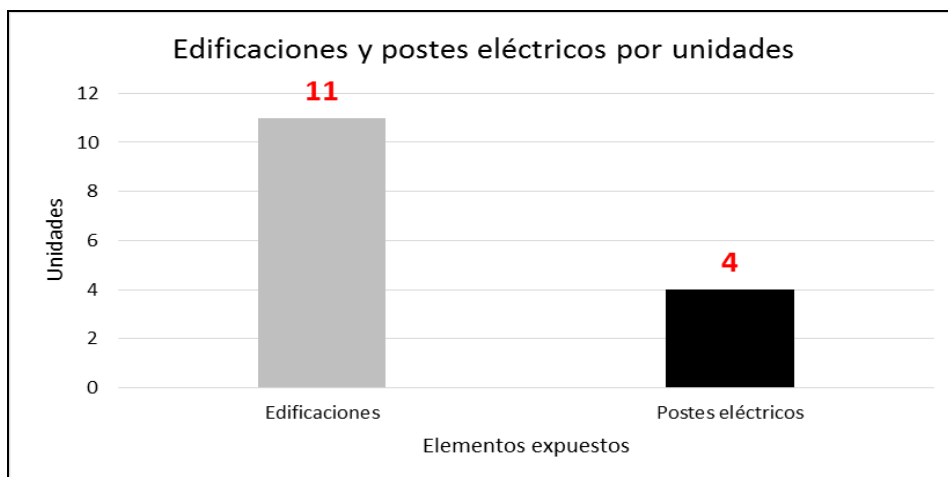


Figura 38. Edificaciones y postes eléctricos por unidad. **Fuente:** Vera, M. (2023).

De acuerdo a valores estadísticos, la figura 39 proporciona una noción de los elementos expuestos en base al área total de estudio, siendo los principales elementos: peligro en la vialidad principal 6% y las edificaciones 3% para la subcuenca Las Calaveras C-01.

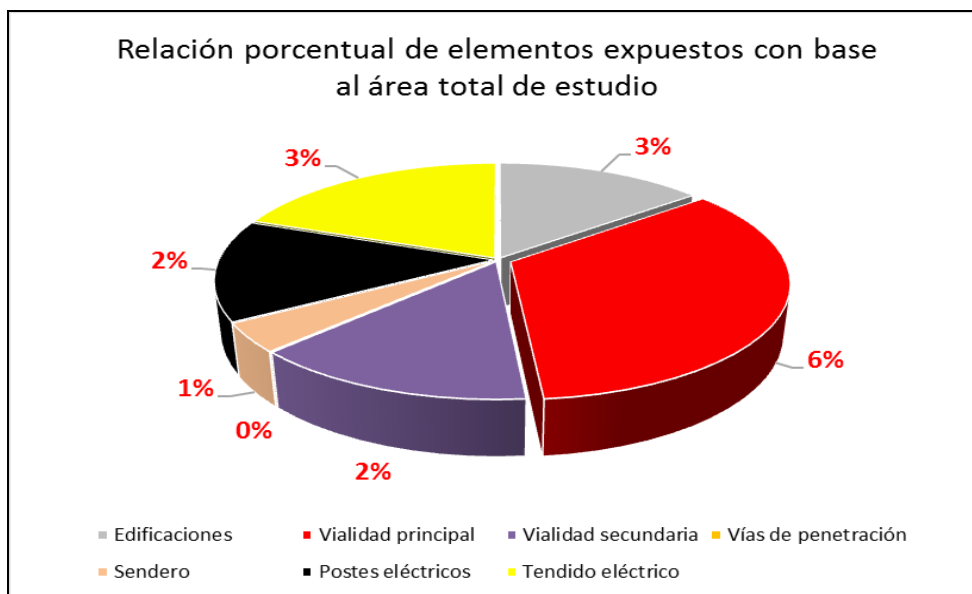


Figura 39. Relación porcentual de los elementos expuestos en Las Calaveras (C-01) en relación al área total. **Fuente:** Vera, M. (2023).

2. Las Calaveras 02 (C-02): Para el sector Las Calaveras 02, se contaron veintisiete (27) edificaciones expuestas, con un promedio de cinco (05) miembros por edificación, ciento treinta y cinco (135) personas expuestas aproximadamente y demás elementos existentes como se muestra en la figura 40.

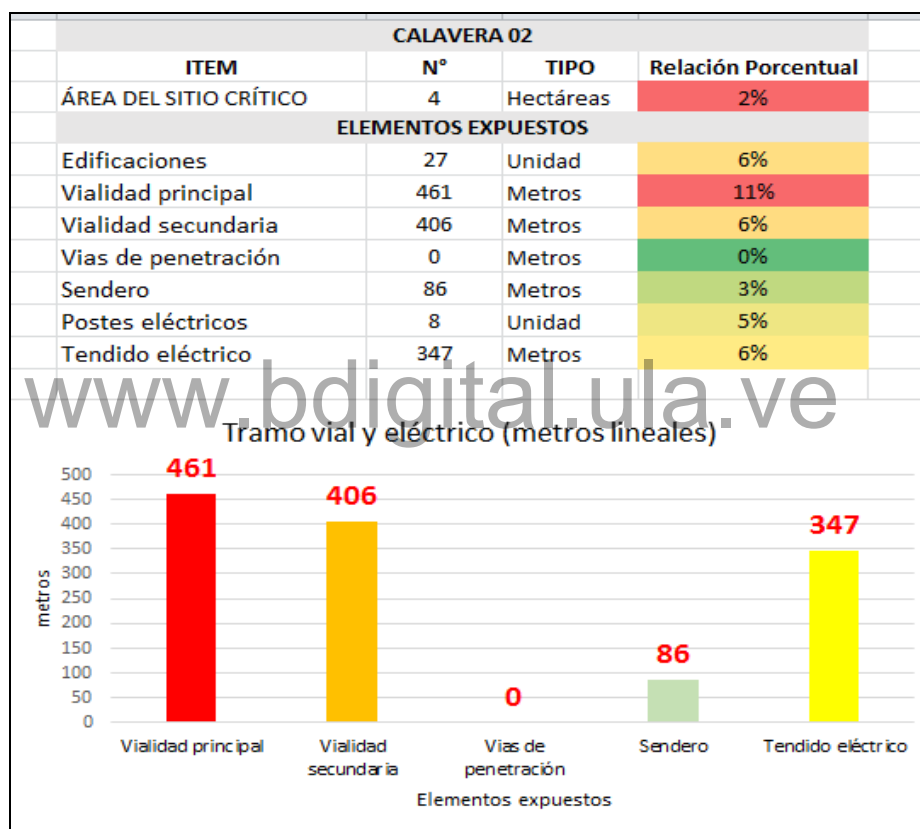


Figura 40. Relación numérica para Las Calaveras 02 (C-02). **Fuente:** Vera, M. (2023).

Para el sector Las Calaveras 02, aumenta el asentamiento poblacional con la presencia de veintisiete (27) edificaciones en un área de 40626 m², dentro del sitio crítico, abarcando la vialidad principal 461 metros de longitud y mayor prolongación

de vías secundarias a 406 metros de longitud y 86 metros de sendero que se encuentran hacia la parte baja de la ladera o pendientes poco inclinada. Adicionalmente, se cuenta con ocho (8) postes eléctricos que distribuyen la energía eléctrica para las veintisiete (27) edificaciones presentes como fue indicado en la figura 40.

En la figura 41 y figura 42, se observan los elementos expuestos de Las Calaveras C-02.



Figura 41. Se exponen los elementos expuestos (vías, brocales, tendido eléctrico y edificaciones) en el sector Las Calaveras 02. (C-02). **Fuente:** Vera, M. (2023).



Figura 42. Se muestran los elementos a sufrir daños (vías principales, escuelas, tendido eléctrico y edificaciones) en el sector Las Calaveras 02. (C-02). **Fuente:** Vera, M. (2023).

Seguidamente, se obtuvo una relación de veintisiete (27) edificaciones y ocho (8) postes eléctricos como lo indica la figura 43.

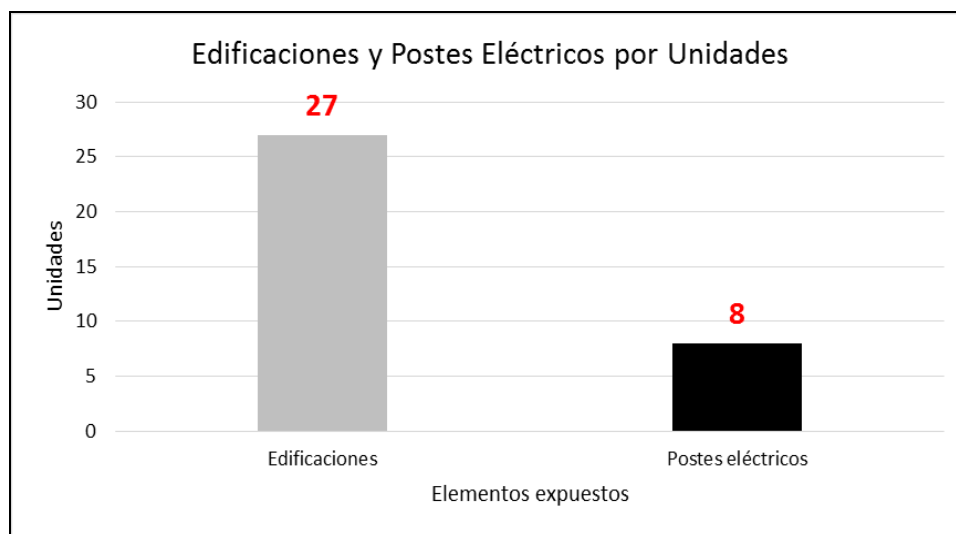


Figura 43. Relación de edificaciones y suministro eléctrico en Las Calaveras (C-02) **Fuente:** Vera, M. (2023).

En relación al área total de estudio se mantiene la relación porcentual (figura 44), en cuanto a los elementos expuestos al igual que las C-01, con mayor cantidad de edificaciones en el sector y mayor prolongación de vialidad.

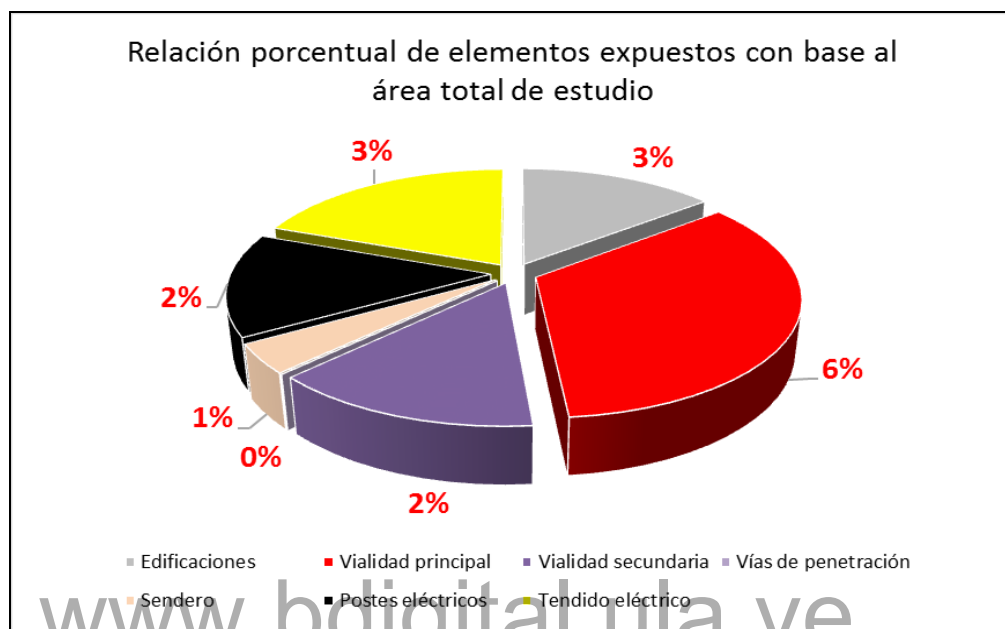


Figura 44. Relación porcentual de los elementos expuestos en Las Calaveras (C-02) con base al área total de estudio. **Fuente:** Vera, M. (2023).

3. Las Calaveras 03 (C-03): Comprende un área de 18233 m², básicamente en el área crítica, se puede deducir que la accesibilidad está representada por las vías secundarias y los senderos resaltan en este espacio geográfico, lo que indica que los asentamientos poblacionales se extienden hacia las partes altas de las laderas o donde la pendiente es moderadamente inclinada, aumentando el riesgo en la comunidad, por la inestabilidad geológica que presenta las vertientes, con dieciséis (16) edificaciones identificadas y una cantidad de ochenta (80) personas aproximadamente expuestas para cinco (05) miembros por edificación, para tres (3) postes eléctricos (figura 45). Los elementos expuestos en Las Calaveras C-03, se pueden apreciar en la figura 46 y

la relación entre el número de unidades y dichos elementos expuestos (figura 47). De forma estadística se observa su relación porcentual (figura 48).

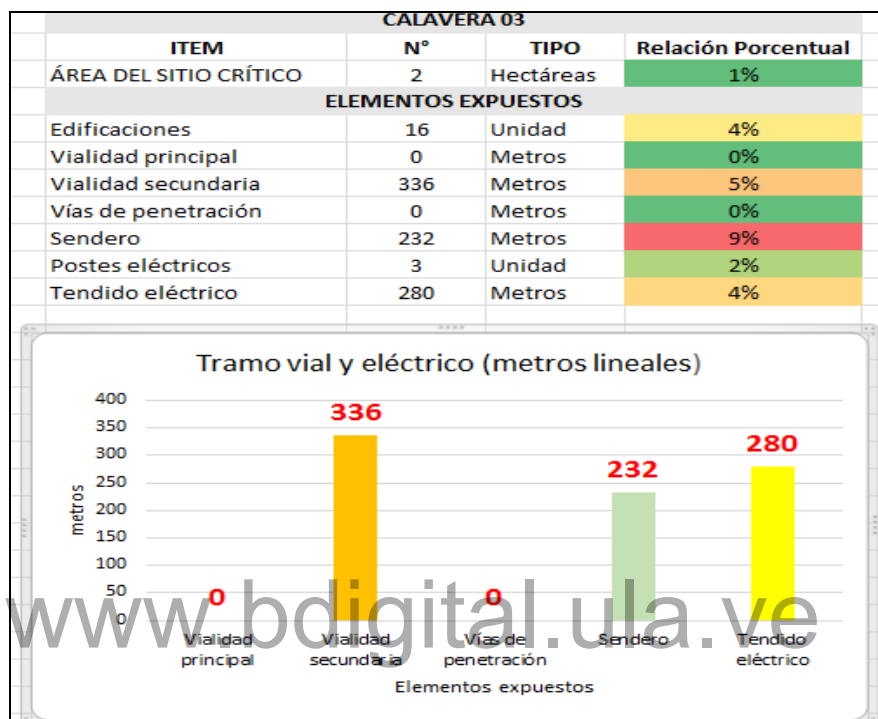


Figura 45. Relación numérica y gráfica de Las Calaveras 03 (C-03). **Fuente:** Vera, M. (2023).



Figura 46. Se destaca la fragilidad de las viviendas, tendido eléctricos y postes en la subcuenca Calaveras (C-03). **Fuente:** Vera, M. (2023).

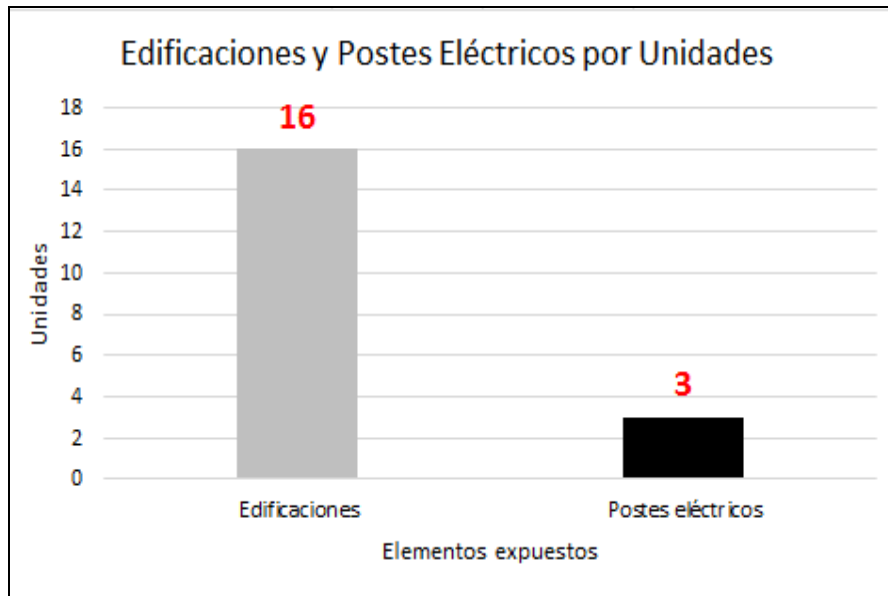


Figura 47. Representación de edificaciones y suministro de energía eléctrica en la subcuenca Calaveras (C-03). **Fuente:** Vera, M. (2023).

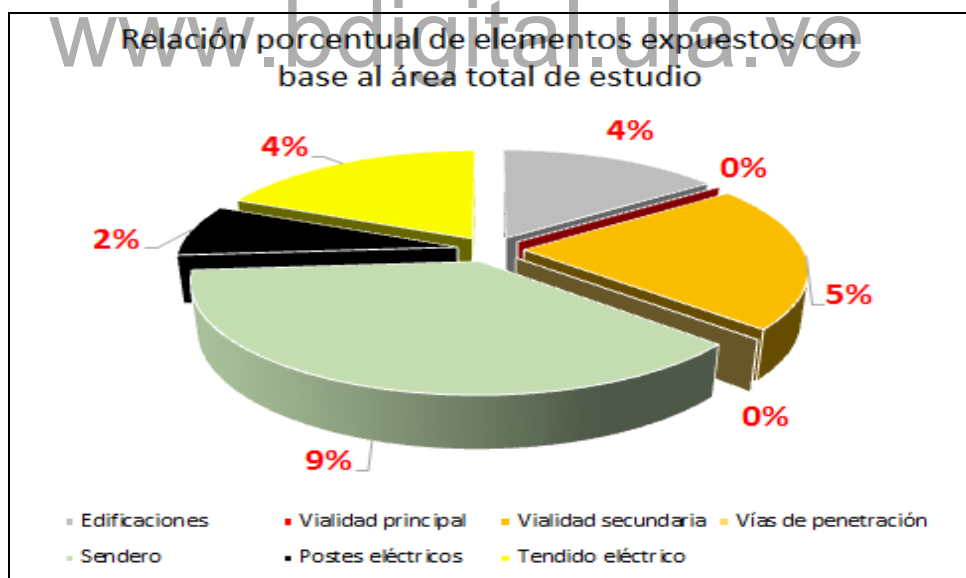


Figura 48. Relación porcentual de los elementos expuestos en la subcuenca Calaveras (C-03). **Fuente:** Vera, M. (2023).

4. Las Calaveras 04 (C-04): En este sitio, con 22423 m², se destaca las vías secundarias con 177 metros, seguido de la vía principal con 105 metros, así como las

vías de penetración (figura 49). También se observa la presencia de un tendido eléctrico con 133 metros para abastecer a cinco (05) postes que equipan de energía eléctrica a catorce (14) edificaciones con una cantidad de setenta (70) personas expuestas para cinco (05) miembros por cada edificación (figura 50).

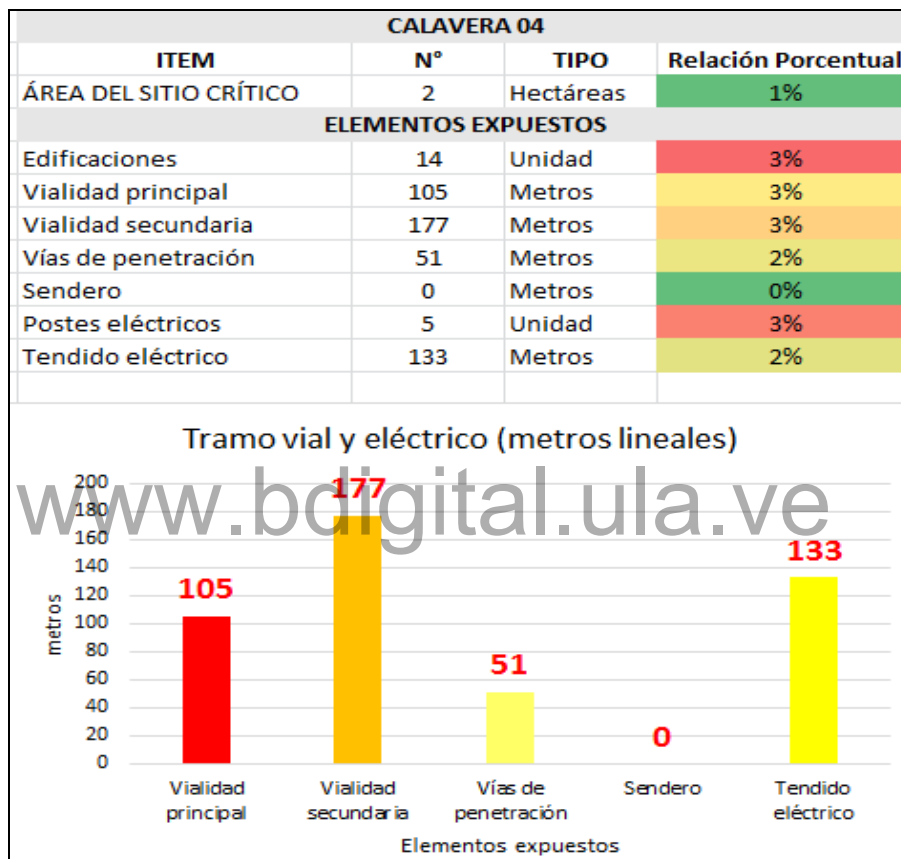


Figura 49. Relación numérica de elementos expuestos. Las Calaveras (C-04).
Fuente: Vera, M. (2023).

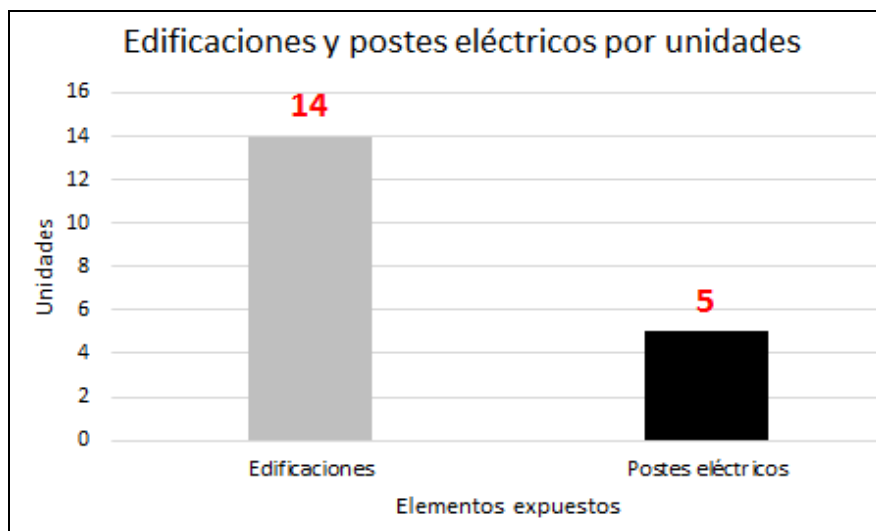


Figura 50. Representación de edificaciones y suministro de energía eléctrica. Las Calaveras (C-04). **Fuente:** Vera, M. (2023).

La figura 51, muestra la relación proporcional entre los elementos expuestos en Las Calaveras (C-04), con mayor porcentaje la vialidad principal, vialidad secundaria, edificaciones y postes eléctricos.

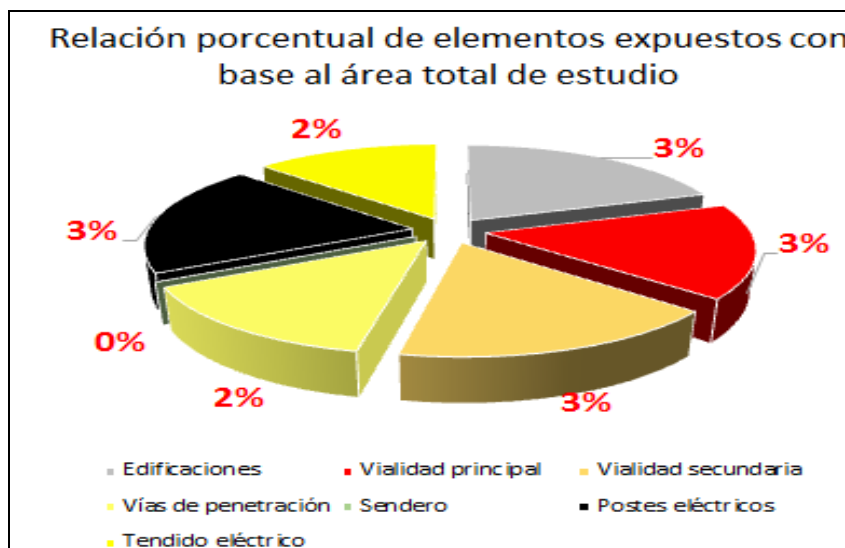


Figura 51. Relación proporcional entre edificaciones, vialidad, tendido eléctrico, postes en el sector Las Calaveras. (C-04). **Fuente:** Vera, M. (2023).

En resumen, los elementos expuestos en el sector C-04, se encuentran hacia las zonas de baja pendiente, en el que se pueden observar edificaciones bifamiliares pareadas u otras edificaciones vecinas y establecimientos comerciales, así como, otras vías alternas o secundarias (figura 52).



Figura 52. Se señalan elementos expuestos frágiles en la Subcuenca Las Calaveras (C-04). **Fuente:** Vera, M. (2023).

5. Las Calaveras 05 (C-05): Para finalizar, el sector C-05 cuenta con cincuenta y seis (56) edificaciones; doscientos ochenta (280) personas aproximadamente expuestas ante la amenaza. En una mayor relación porcentual en cuanto a postes eléctricos, con un tendido eléctrico de 362 metros. La vialidad secundaria predomina en el lugar en comparación con la vía principal, las vías de penetración y senderos son nulos, tal como se observa en la figura 53.

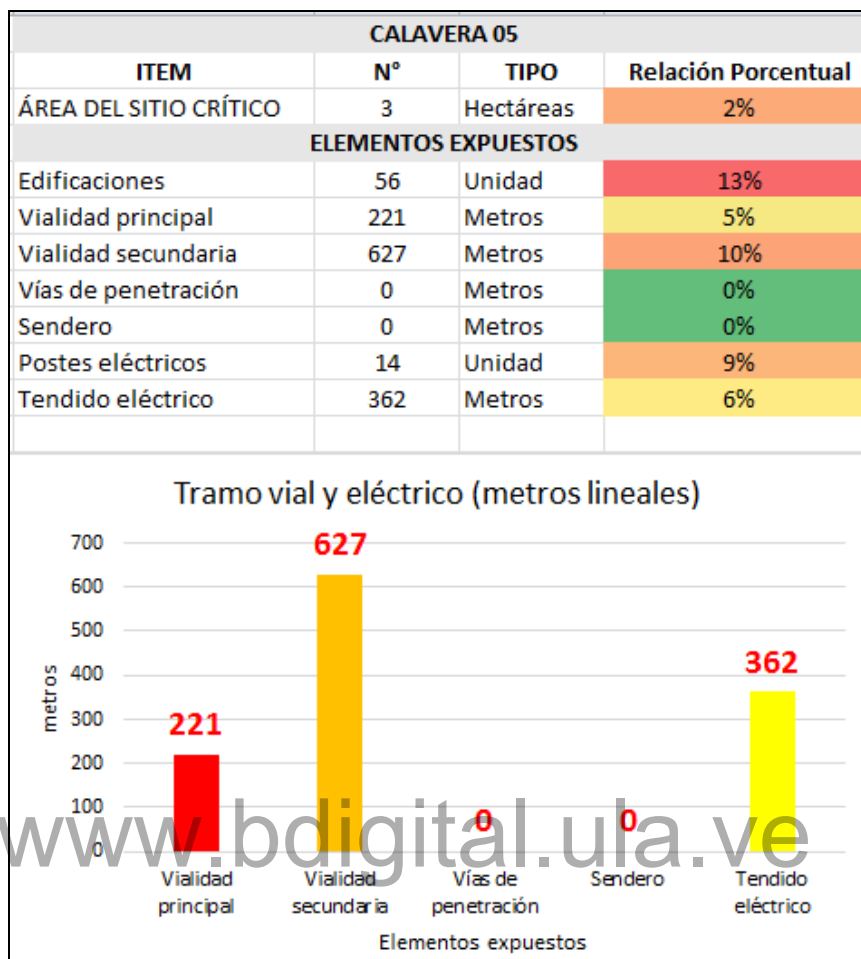


Figura 53. Relación numérica de los elementos expuestos para el sector (C-05).

Fuente: Vera, M. (2023).

Este sector es de suma importancia, pues la mayoría de la población se encuentra emplazada allí, con un uso de suelo marcado en edificaciones, comercios y algunas zonas cubiertas por vegetación hacia la parte alta, pero con la presencia de vialidad principal, secundaria y suministro de energía eléctrica con un valor considerable de catorce (14) postes para cincuenta y seis (56) edificaciones (figura 54).



Figura 54. Se nombran los elementos expuestos que pueden sufrir daños por crecida de la subcuenca Las Calaveras (C-05). **Fuente:** Vera, M. (2023).

Este sector abarca un área de 32166 m², aquí los elementos expuestos se intensifican por lo tanto aumenta la vulnerabilidad física por la concentración de la población y aumento de las líneas vitales. Se evidencia la existencia de cincuenta y seis (56) edificaciones propensas a sufrir daños y catorce (14) postes eléctricos que Proveen de energía eléctrica en el sector Las Calaveras C-05, como lo muestra la figura 55.

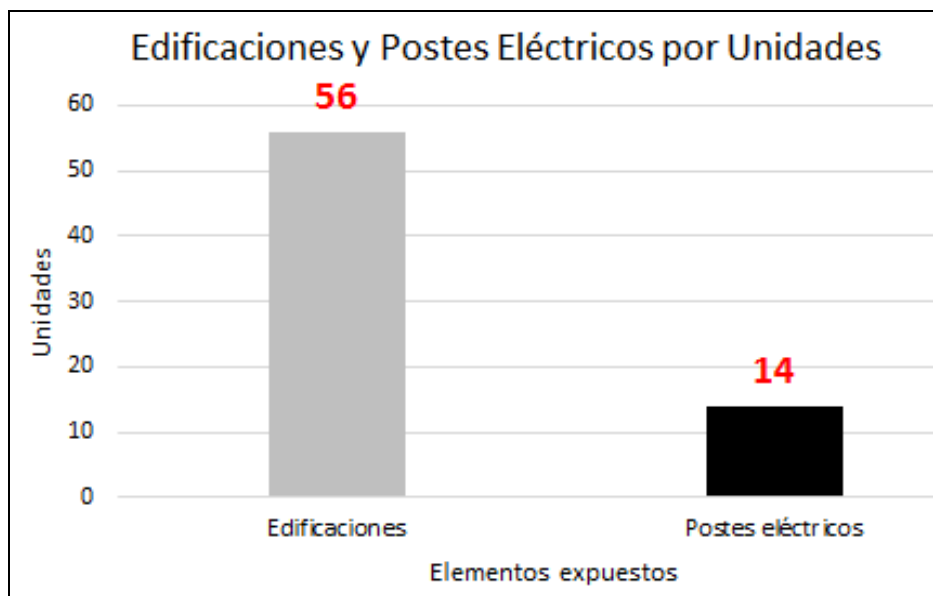


Figura 55. Edificaciones y suministro de energía eléctrica. Las Calaveras (C-05).
Fuente: Vera, M. (2023).

De acuerdo a los razonamientos que se han venido exponiendo, se tiene la relación porcentual de los elementos expuestos para el sector Las Calaveras C-05, (figura 56), considerando que este sector presenta una mayor proporción de vialidad principal y secundaria, como vías de acceso en caso de presentarse acontecimientos ante un movimiento de masa determinado. Además, existe una mayor exposición de las edificaciones ante estos sucesos, en relación a otros elementos presentes.

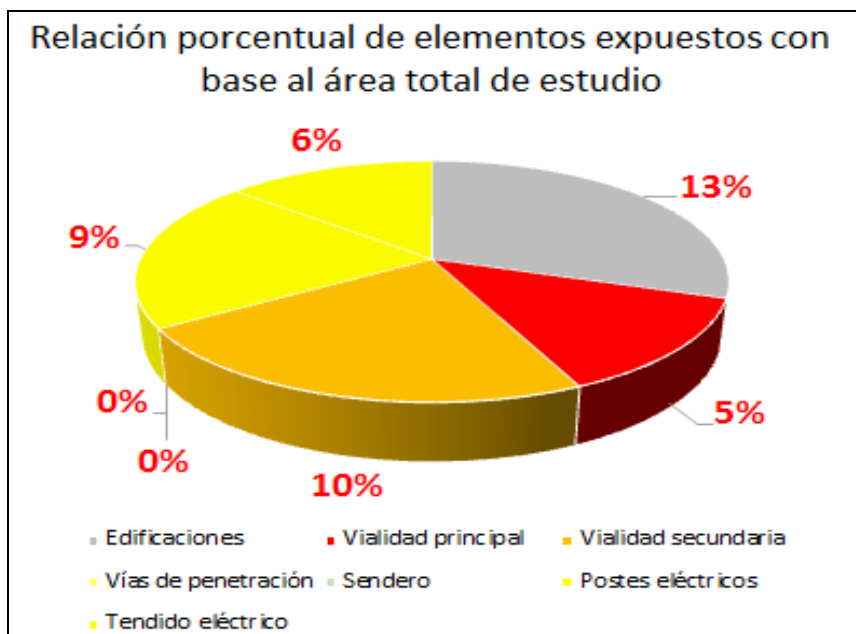


Figura 56. Relación porcentual de los elementos expuestos en (C-05). **Fuente:** Vera, M. (2023).

El análisis anteriormente descrito, permite concluir que dentro del sector Las Calaveras, los elementos que se encuentran más expuestos y propensos a ser afectados ante la ocurrencia de un movimiento de masa, son los sectores C-02 y C-05, debido a que en sus áreas críticas existe la mayor cantidad de emplazamiento de la población, por ende, mayor cantidad de edificaciones y líneas vitales.

Existe una relación estrecha entre los elementos expuestos y los sitios críticos, por lo cual se identifica y representa detalladamente las características, altitud, elementos, bienes físicos, población, localización y descripción de los puntos críticos del sector, tomando en cuenta los factores condicionantes y desencadenantes que vulneran a dicha comunidad, tal como se observa el sitio crítico C-02 (figura 57).



Figura 57. Se muestra la exposición física de la infraestructura (tramo parque Misirén- Llanitos de Tabay). **Fuente:** INPRADEM, (2006).

En jornadas de campo se levantaron 24 puntos y/o zonas críticas, considerando las edificaciones en el cauce, sus alrededores o su trayectoria, así mismo, se ubicaron los sectores donde existen estructuras o condiciones naturales que pueden ser afectados por los movimientos de masa y acción de estos cursos de agua, debidamente georreferenciados. En tal sentido, a continuación, se describe el inventario de los puntos críticos en el área de estudio.

Punto crítico 1. Coordenadas: Este: 268174 m; Norte: 953543 m; **Altitud:** 1561m

Lugar: Llanitos de Tabay. Subcuenca Las Calaveras C-05.

Descripción: se observa en el margen izquierdo (Las Calaveras 05), movimientos de masa (reptación, y deslizamientos rotacionales colonizados por vegetación). Dentro de los elementos expuestos cinco (05) viviendas, afectadas por el deslizamiento rotacional, por ser retrogresivo. Igualmente, se identificación elementos expuestos relacionados a construcciones tipo II, presentando daños de carácter importante por

fisura o rotura de elementos, como muros e incluso vigas, comprometiéndose la estabilidad de la edificación, por ello, se recomienda su evacuación. También, se evidencia en vías tipo II, depósitos de material sobre la calzada de altura baja a moderada (30-70cm), que genera obstrucción, generando la necesidad de intervención de maquinaria para su rehabilitación. Así mismo, la ruptura de la calzada por afectación de su estructura base, debido a erosión basal o socavación lateral, daños a los cajones hidráulicos; y en las líneas de electricidad se ve la caída de la estructura de soporte (poste) que genera ruptura de la misma y corte del servicio. En relación a las conducciones, existe una ruptura de elementos (tubería), que genera interrupción del servicio. Otras características físicas del sector observadas en campo se pueden apreciar en la figura 58.



Figura 58. Punto crítico 1. Se muestra la activación de las coronas de deslizamiento y el recorrido drenajes subcuenca Las Calaveras 05. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 2. Coordenadas: Este: 268174 m; Norte: 953543m; **Altitud:** 1561m.

Subcuenca: Las Calaveras C-04.

Descripción: En este tramo se pudo observar procesos conocidos como caídas de rocas; este movimiento afecto a un chalet ubicado al pie de la ladera además de algunas viviendas ubicadas en el fondo del valle bajo la condición de vulnerables. Presencia de una subcuenca cuyas medidas son: Largo: 60m/ Ancho: 1m/ Prof.: 2m. También hay una obra de mitigación, es decir, el embaulamiento de la quebrada. En cuanto a la construcción tipo II, se aprecian daños de carácter importante por fisura o rotura de elementos, como muros e incluso vigas. Se compromete la estabilidad de la edificación y se recomienda su evacuación. En las vías tipo II, se ven depósitos de material sobre la calzada de altura baja a moderada (30-70cm), que genera obstrucción y plantea la necesidad de intervención de maquinaria para su rehabilitación. De igual forma, se percibe la ruptura de la calzada por afectación de su estructura base, debido a erosión basal o socavación lateral, daños a los cajones hidráulicos y en las líneas se observa la caída de la estructura de soporte (poste) que genera ruptura de la línea y corte de servicio. En cuanto a las conducciones, existe la ruptura de elementos (tubería), que genera interrupción del servicio (figura 59).



Figura 59. Punto crítico 2. Edificación bifamiliar dentro del cauce fluvial. Coordenadas: Este: 268174 m; Norte: 953543m; Altitud: 1561m. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 3. Coordenadas: Este: 2688004m; Norte: 953462m; Altitud: 1558m.

Subcuenca: Las Calaveras C-04.

Descripción: Obra de mitigación: Al pie de la ladera, se observa claramente caídas de rocas que afectan las edificaciones y vía principal Mérida -Tabay. El tamaño de rocas es apreciable, sus dimensiones se caracterizan entre bloques y cantos que en épocas de lluvia fluyen con facilidad, causadas por la influencia en el grado de pendiente que presentan los taludes y los mismos, presentan desequilibrios por aperturas de vías y asentamientos civiles. Esta zona crítica es considerada como AR-2, designada en el artículo 99 de la reforma de la ordenanza del lineamiento de uso de suelo referido a la poligonal urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida del año 2002.

Las edificaciones se denotan de tipo 2 (bloque, ladrillo, piedra, concreto), comprendidas entre unifamiliares y bifamiliares, con notable incidencia del movimiento de masas en la vía principal que obstaculizan en algunas ocasiones el paso vehicular y peatonal. Las construcciones presentan daños importantes por fisuras o rotura de elementos, daños superficiales solamente en los acabados, con fisuras y deformaciones leves, de igual forma, involucra daños a las líneas vitales referentes a los servicios públicos, entre ellos los postes y las conducciones de servicios de agua. (Figura 60). Se observan obras correctivas (figura 61).



Figura 60. Punto crítico 3. Se observa el embaulamiento del canal activo. Coordenadas: Este: 2688004 m; Norte: 953462m; Altitud: 1558m. Las Calaveras 04. **Fuente:** Vera, M. (2023).



Figura 61. Se muestran las dimensiones de la obra correctiva. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 4. Coordenadas: Este: 268183 m; Norte: 953562m; Altitud: 1562m.

Lugar 1: Calle Don Eriberto.

Descripción: Se caracteriza particularmente por las condiciones físicas propias del lugar, expuestos al riesgo ante un movimiento de masa que puede ser o ya han sido detonados por eventos hidrológicos. Estas situaciones conjuntamente con las características litológicas condicionan el sector. De acuerdo a la reforma de la Ordenanza del Lineamiento de Uso de Suelo referido a la poligonal urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida del año 2002, esta zona crítica es considerada como nuevos desarrollos residenciales 2 (ND-2), que corresponde a las áreas previstas para la expansión urbana. El artículo 71, manifiesta que, en las áreas de nuevos desarrollos residenciales, no se permite construcciones, lotificaciones,

subdivisiones, parcelamientos ni integración de parcelas, hasta tanto no se cuente con los respectivos proyectos de urbanismos, donde la densidad bruta máxima sea de 150 hab./has, dispuesto en la planificación urbana. Así mismo, la misma gaceta en su Artículo 74 indica “Las edificaciones son de tipo 2 (Bloque, Ladrillo, piedra, concreto), comprendidas entre unifamiliares y bifamiliares” (Ordenanza de Lineamientos de Usos de Suelo, 2002: p. 38).

En este sentido, se observó que las construcciones presentan daños importantes por fisuras o rotura de elementos, daños superficiales solamente en los acabados, con fisuras y deformaciones leves. De igual forma, involucra daños a las líneas vitales referentes a los servicios públicos, entre ellos: postes y conducciones de servicios de agua. Por tanto, hay afectaciones a elementos expuestos, como en viviendas en la vía principal y líneas vitales (figura 62).



Figura 62. Punto crítico 4. Embaulamiento del cauce con dimensiones no adecuadas. Coordenadas: Este: 268183 m; Norte: 953562m; Altitud: 1562m. Calle Don Eriberto. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 5. Coordenadas: Este: 268183 m; Norte: 953562m; Altitud: 1562m.

Lugar 2: calle Doña Bárbara.

Descripción: Se logró observar la existencia de deslizamiento compuesto y construcciones afectadas. La construcción tipo II registran daños de carácter importante por fisura o rotura de elementos, como muros e incluso vigas. Se compromete la estabilidad de la edificación y se recomienda su evacuación. Así mismo, las vías tipo II, contienen depósitos de material sobre la calzada de altura baja a moderada (30-70cm), que genera obstrucción, planteando la necesidad de intervención de maquinaria para su rehabilitación. De igual manera, se evidencia la ruptura de la calzada por afectación de su estructura base, debido a erosión basal o socavación lateral, daños a los cajones hidráulicos; y en relación a las líneas se observa la caída de la estructura de soporte (poste) que genera la ruptura y corte del servicio. Las conducciones reflejan la ruptura de elementos (tubería), que generan



Figuras 63a y 64b. Se observa daños y vulnerabilidad física en la calle Doña Bárbara. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 6. Coordenadas: Este: 267957 m; Norte: 953455m; **Altitud:** 1557m.

Subcuenca: Las Calaveras C-05.

Descripción: Se observan obras de mitigación y control para estabilizar las laderas. No están activas. De acuerdo a la Reforma de la Ordenanza del Lineamiento de Uso de Suelo referido a la poligonal urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida del año 2002, esta zona crítica es considerada como nuevos desarrollos residenciales 2 (ND-2) que corresponde a las áreas previstas para la expansión urbana. El artículo 71, manifiesta que, en las áreas de nuevos desarrollos residenciales, no se permiten construcciones, lotificaciones, subdivisiones, parcelamientos ni integración de parcelas, hasta tanto no se cuente con los respectivos proyectos de urbanismos, aprobados por la dirección densidad bruta máxima 150 Hab/ha n de planificación urbana. Así mismo, la misma gaceta en su Artículo 74 indica: “Las edificaciones construidas son de tipo 2 (Bloque, Ladrillo, piedra, concreto), comprendidas entre unifamiliares y bifamiliares”. (Ordenanza de Lineamientos de Usos de Suelo. 2002: p. 38).

No obstante, de acuerdo a lo observado las construcciones presentan deterioros y daños moderados en las edificaciones; pandeo de los elementos estructurales, y otras evidencias físicas que pueden comprometer los elementos expuestos en las adyacencias, de igual forma involucra daños a las líneas vitales referentes a los servicios públicos, entre ellos, los postes y conducciones de servicios de agua. Se pudo detectar la existencia de medidas de contención para estabilizar laderas no activas (figuras 65 y 66).



Figuras 65 y 66. (a) Se muestran medidas correctivas: la obra de control de escorrentía (izq.). **(b)** Muro de gaviones. (Dar). **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 7. Coordenadas: Este: 267880 m; Norte: 953414m; **Altitud:** 1554m.

Lugar: Empresa procesadora de suministros agrícolas.

Descripción: Se observa la existencia de una obra de control de torrentes caducada. Posible control estructural que afecta la medida de mitigación (figura 67).

Las construcciones presentan daños de carácter importante por fisura o rotura de elementos constructivos, como muros e incluso vigas. Se compromete la estabilidad de la edificación y se recomienda su evacuación. La vía presenta ruptura de la calzada por afectación de su estructura base, debido a erosión basal o socavación lateral.

En este sector se evidencian obras de mitigación para torrentes, que actualmente no prestan el funcionamiento hídrico correspondiente por falta de mantenimiento correctivo ante drenajes de eventuales lluvias extremas. El punto crítico en este sector

es clave dentro del escenario de riesgo, puesto que en sus adyacencias se encuentra una planta de suministros de productos agrícolas. Según el ordenamiento territorial de la zona, se encuentra dentro de la categoría AR-2 referido a áreas residenciales desarrolladas, con una densidad bruta máxima 150 Hab/ha.

En el mismo orden de ideas, las edificaciones de tipo residencial, presentan daños superficiales solamente en los acabados, con fisuras y deformaciones leves. Se aprecian fisuras no mayores a 1mm. No se observan daños en el entorno o de elementos que puedan comprometer la estructura. También, los daños a las líneas vitales referentes a los servicios públicos son moderados, entre ellos los postes y conducciones de servicios de agua.



Figura 67. Se muestra obra de control de torrentes que debe ser corregida. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 8. Coordenadas: Este: 267741 m; Norte: 9533224m; **Altitud:** 1558m.

Lugar: Las Calaveras 04. Vía principal.

Descripción: Se evidencia la falta de mantenimiento de la maleza (figura 68) y la existencia de una obra de control de torrentes caducada (figura 69). Posible control estructural que afecta la medida de mitigación. Las construcciones en esta área presentan daños de carácter importante por fisura o rotura de elementos, como muros e incluso vigas. Se compromete la estabilidad de la edificación y se recomienda su evacuación. La vía presenta ruptura de la calzada por afectación de su estructura base, debido a erosión basal o socavación lateral. Aunado a lo anterior, se observó el proceso erosivo activo que repercute en las edificaciones que se encuentran al pie de la ladera.

Se destaca que el uso de suelo para este sector se ubica dentro de la planificación urbana como ARU-2; lo que indica que se prohíbe la ocupación de esta área, localización de infraestructuras, viviendas, equipamiento y cualquier otro tipo de estructuras o edificaciones no compatibles con la figura de conservación ambiental.

Es así como las construcciones presentan deterioros y daños moderados en las edificaciones, pandeo de los elementos estructurales, observándose evidencias físicas que pueden comprometer los elementos expuestos en las adyacencias, de igual forma involucra daños a las líneas vitales referentes a los servicios públicos, entre ellos postes y conducciones de servicios de agua y drenajes embaulados.



Figura 68. (a) Se muestra obra de control de torrentes cubierto de vegetación (Izq.).
Figura 69. (b) Drenaje embaulado debajo de la carretera. (Derecha). **Fuente:** (Vera, M. 2023).

Punto crítico 9. Coordenadas: Este: 267631 m; Norte: 953224m; **Altitud:** 1561m.

Lugar: Margen izquierdo. Las Calaveras 02.

Descripción: El recorrido por esta área permitió evidenciar la existencia de material litológico muy meteorizado (figura 70), caídas de rocas, afectación a caminos y viviendas. Por otra parte, las construcciones adyacentes presentan daños tipo III, derrumbe parcial o total de la estructura; depósitos de material con alturas superiores a un metro, que obliga al abandono de la edificación; caída de la estructura de soporte (poste) que genera ruptura de la línea y corte de servicio. En cuanto a las conducciones, se observa la ruptura de elementos (tubería), que genera interrupción del servicio. Es importante mencionar que las obras públicas, es decir, las obras de control, tienen como finalidad aliviar los fluidos y materiales sueltos que son generados por procesos erosivos, así como, la canalización de las aguas provenientes

de las escorrentías. Sin embargo, se evidencia que no están en funcionamiento por caducidad.

Aunado a esto, se encuentra algunas construcciones de viviendas aledañas a estos cuerpos de agua sobre terrenos altamente inestables. Estos a su vez producen deslizamientos de tierra que termina dentro del cauce de la quebrada cuando llueve por medio de los arrastres sedimentarios, los cuales son canalizados por medio de este correctivo hídrico. La ejecución del embaulamiento del canal subsuperficial se llevó a cabo para evitar el daño a los terrenos cercanos a la subcuenca C-05, asignada dentro del uso de suelo como AR-2. De esta manera, minimizar el colapso de los terrenos y afectación a las edificaciones que la rodean. Se pudo notar que la falta de mantenimiento disminuye el propósito de la obra, por la obstrucción de diversos materiales.



Figura 70. Se exhibe el granitoide meteorizado. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 10. Coordenadas: Este: 267621 m; **Norte:** 953237m; **Altitud:** 1561m.

Lugar: Pasos más allá de la arenera.

Descripción: Tal como se observa en la figura 71, la vivienda con plantas libres se ubica sobre zonas de material coluvial proveniente de procesos erosivos que afectan la Granodiorita. La mayoría de las edificaciones de este sector son construidas de tipo II, presentan daños de carácter importante por fisura o rotura de elementos, como muros e incluso vigas. Se compromete la estabilidad de la edificación y se recomienda su evacuación. Igual se detecta el depósito de material sobre la calzada de altura baja a moderada (30-70cm) y caída de la estructura de soporte (poste) que genera ruptura de la línea y corte de servicio; las conducciones muestran elementos averiados (tubería), ocasionando interrupción del servicio.

También se percibe, un relieve escarpado de fuertes pendientes, cauces permanentes e intermitentes, lo que le concede a la vivienda algunas características inestables con presencia de vulnerabilidad física. Por otro lado, los taludes presentan desequilibrios por aperturas de vías y asentamientos civiles. Esta zona crítica es considerada como: AR-2, designado en el Artículo 99 de la reforma de la Ordenanza del Lineamiento de Uso de Suelo referido a la poligonal urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida.



Figura 71. Se observa edificación asentada en masa deslizada. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 11. Coordenadas: Este: 267637 m; Norte: 953279m; **Altitud:** 1571m.
Lugar: Loma de los Quinteros

Descripción: Esta área se caracteriza por caídas de rocas y, pendientes mayores a 35°. Las construcciones adyacentes están expuestas a derrumbes parciales o totales de la estructura; depósito de material con alturas superiores a un metro, que obliga al abandono de la edificación. Las vías de acceso en algunos casos se ven afectadas por la acumulación de material sobre la calzada de altura baja a moderada (30-70cm), que genera obstrucción, necesitando la intervención de maquinaria para su rehabilitación. Se generan ruptura de la línea y corte de servicio, así como, las rupturas de elementos de conducción (tuberías), generando interrupción del servicio (figura 72).



Figura 72. Se muestra construcción en terrenos que manifiestan movimientos de masa tipo caídas de rocas. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 12. Coordenadas: Este: 267630m; Norte: 953319m; **Altitud:** 1581m.

Lugar: Loma de Altagracia.

Descripción: Se logró evidenciar vivienda afectada por estar adyacente al cauce; esta edificación se tipifica una construcción de tipo II, con daños de carácter importante por fisura o rotura de elementos, como muros e incluso vigas. Se compromete la estabilidad de la edificación y se recomienda su evacuación. Igualmente puede sufrir derrumbe parcial o total de la estructura (figura 73). De igual forma se detectó gran cantidad de material acumulado con alturas superiores a un metro, que obliga al abandono o de la edificación. Las vías de comunicación se presentan sin asfalto. Las líneas pueden sufrir la caída de la estructura de soporte (poste), generando ruptura de

la línea y corte de servicio, así como, la ruptura de elementos (tubería), que genera interrupción del servicio.

Por otro lado, se detecta la intervención del hombre como actor principal en el desequilibrio natural en aquellas áreas donde existen edificaciones no planificadas, instalación de tuberías, sistemas eléctricos o canalización de aguas de consumo humanos que inestabilizan el área, acelerando los procesos geomorfológicos.



Figura 73. Vivienda afectada por construirse en las adyacencias del cauce. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 13. Coordenadas: Este: 267551m; **Norte:** 953143m; **Altitud:** 1549m.

Lugar: Las Ávila. Calle Los Frailejones.

Descripción: En esta área se observa deformación de la obra de control, caracterizada por ser una zona de material coluvial que afecta viviendas y líneas vitales (tendido eléctrico, vialidad, sistema de agua potable). En algunas circunstancias, se presentan

evidencias físicas (fracturas y desplazamientos), que pueden comprometer la estabilidad de la estructura tanto unifamiliares como bifamiliares. En el sector también se evidencia las afectaciones a viviendas y líneas vitales (tendido eléctrico, vialidad, sistema de agua potable). Se observó la deformación de la obra de control de torrente (figura 74).



Figura 74. Afectación de la obra de control. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 14. Coordenadas: Este: 267642m; Norte: 953101m; **Altitud:** 1568m.

Lugar: Loma. (Calaveras 03).

Descripción: En esa área se observó la afectación de viviendas construidas sobre la ladera inestable (Granodiorita), viviendas con plantas libres, construcción tipo II,

daños de carácter importante por fisura o rotura de elementos, como muros e incluso vigas. Se compromete la estabilidad de la edificación y se recomienda su evacuación.

Las vías de acceso están restauradas en cemento. En referencia a las líneas, se observa caída de la estructura de soporte (poste) que genera ruptura de la línea y corte de servicio; así como, en conducciones: ruptura de elementos (tubería), que genera interrupción del servicio

Se comprobó durante la salida de campo, la presencia de edificaciones unifamiliares y bifamiliares con bases expuestas asentadas sobre un material disgregado de poca compactación y fácil meteorización. Estas viviendas se distinguen de tipo 2 (Bloque, Ladrillo, piedra, concreto), presentando cierto pandeo en sus elementos estructurales, de manera moderada a muy observable con ciertas evidencias físicas que pueden comprometer la estructura. De igual manera, escurrimientos superficiales, exposición de tuberías de aguas blancas y aguas servidas (figura 75).



Figura 75. Viviendas construidas sobre un material disgregado de poca compactación, y de fácil meteorización. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 15. Coordenadas: Este: 267461m; Norte: 953035m; **Altitud:** 1540m.

Lugar: Loma de Altagracia.

Descripción: En esta área se evidencia nivel freático alta. En esta zona las fuertes precipitaciones ocurridas en diferentes períodos a lo largo de los últimos quince (15) años han producido daños humanos y pérdidas materiales. En este tramo los registros de la estación Santa Rosa, comprueban que las precipitaciones extremas han ocurrido específicamente en los meses octubre- noviembre, detectándose umbrales de precipitación entre 245mm y 427mm. Estos valores están relacionados con procesos hidrometereológicos extremos, en donde el aumento de caudal en las subcuencas C-01, C-02, C-03, C-04, C-05, han dañado a las edificaciones. Además de la ocurrencia de lluvias sucesivas en el área que ocupa las subcuencas C-02, C-03, la sobresaturación del canal fluvial ocasionó daños humanos y materiales, razón por la cual esta zona es considerada crítica.

Es relevante acotar que para el momento de la visita de campo se observó el cauce seco. Así mismo, los taludes presentan desequilibrios por aperturas de vías y asentamientos civiles. Esta zona crítica es considerada como: AR-2, designada en el artículo 99 de la reforma de la Ordenanza del Lineamiento de Uso de Suelo referido a la poligonal urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida del año 2002. (Figura 76)



Figura 76. Nótese la presencia de vegetación y la falta de mantenimiento del cauce fluvial. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 16. Coordenadas: Este: 267420m; Norte: 953019m; **Altitud:** 1544m.

Lugar: Zona de evento 2010.

Descripción: Se observa en la ladera con presencia de caída de rocas. Las construcciones que allí se han realizado son de tipo III, en las que por su ubicación pueden enfrentarse a derrumbes parciales o totales de la estructura; se puede registrar depósitos de material con alturas superiores a un metro, que obliga al abandono de la edificación. Además, en la vía también se registra acumulación de material sobre la calzada, de altura media a alta ($>70\text{cm}$) que genera obstrucción, requiriendo ardua labor de limpieza. En cuanto a las líneas, se expone la caída de la estructura de soporte (poste) que genera ruptura de la línea y corte de servicio, también las

conducciones al producirse la ruptura de elementos (tubería), que genera interrupción del servicio.

Adicionalmente, se observó que la dirección de los cauces que se desbordaron en el evento de 2010, iba con dirección de flujo hacia zonas de menor pendiente transportando una gran cantidad de sedimentos altamente meteorizados y que causaron daños a la infraestructura. En dicha zona se calificaron las edificaciones como tipo 2 (bloque, ladrillo, piedra, concreto), unifamiliares y bifamiliares. Este punto de la vía principal se considera crítico, el mismo presenta daños a la calzada de carácter parcial, las construcciones presentan daños importantes por fisuras o rotura de elementos, daños superficiales solamente en los acabados, con fisuras, deformaciones leves, de igual forma, involucra daños a las líneas vitales referentes a los servicios públicos, entre ellos: postes eléctricos y conducciones de servicio de agua.

En el mismo orden de ideas, se indica que, en este punto crítico del área en estudio, es observable la existencia de daños limitados en parte de la estructura que requieren algún trabajo para restablecer su funcionalidad. En correspondencia a lo descrito, la Ordenanza del Lineamiento de Uso de Suelo referido a la poligonal urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida (2002), está restringido el uso de suelo, siendo establecida como ARU-1, es decir, áreas no desarrollables. (Figura 77).



Figura 77. Se muestra la zona donde existió afectación a la vialidad y daños a las edificaciones bifamiliares en eventos torrenciales. Actualmente reconstruida. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 17. Coordenadas: Este: 267423m; Norte: 953002m; **Altitud:** 1544m.

Lugar: Las Calaveras 01.

Descripción: Considerado como punto crítico 17, ubicado en Las Calaveras 01, se evidencian daños en este punto de la vía principal, notándose una deformación de la obra por empuje hidráulico, en la vía que va hacia Tabay, causado por el agua de escorrentía, es decir, el caudal en épocas de lluvia junto con el material y sedimentos que se desprenden de las laderas está originando la deformación de la obra civil. De igual forma, la falta de mantenimiento, limpieza de maleza y otros materiales, también influyen en el deterioro de la obra (figura 78).

En este sector la mayoría de las edificaciones fueron construidas hacia las partes altas, viviendas de tipo 2 (bloque, ladrillo, piedra, concreto), en su mayoría de

categoría unifamiliar. Ahora bien, la vía principal Mérida-Tabay puede verse obstruida por la caída de material, provocando daños a la calzada, ruptura parcial o total y socavación lateral, ruptura y corte del servicio eléctrico, en las líneas de postes de alta, media y baja tensión; ruptura de elementos (tubería), ocasionando interrupción del servicio de agua. De igual modo, se observa deformación de obra por empuje hidráulico, daños ligeros no estructurales como roturas de puertas y ventanas, daños de muebles y enseres por presencia de lodo o por avulsión o desborde de canal. En la vía se detecta ruptura de la calzada por afectación de su estructura base, debido a erosión basal o socavación lateral.

A pesar que la ordenanza del lineamiento de uso de suelo referido a la poligonal urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida (2002), establece el sector como ARU-1 (áreas no desarrollables), con restricción de uso de suelo, muchas edificaciones unifamiliares y bifamiliares muestran permisos constructivos.



Figura 78. Se muestra el fracturamiento del muro de contención. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 18. Coordenadas: Este: 267408m; **Norte:** 953014m; **Altitud:** 1546m.
Lugar: Las Calaveras 01.

Descripción: Como se aprecia en la figura 79, en la zona del evento de afectación del 2010, aún existen procesos erosivos que afectan la vía principal, además de visualizar que la canalización del cauce posee dimensiones inadecuadas. Esta área cuenta con pendientes mayores a 30°. Generalmente las edificaciones son de tipo II, (bloque, ladrillo, piedra, concreto); daños ligeros no estructurales, como roturas de puertas y ventanas, daños de muebles y enseres por presencia de lodo o avulsión o desborde de canal.

Respecto al daño a la vía, se presenta ruptura de la calzada por daños en su estructura base, debido a la socavación lateral del cauce fluvial. En este sector que forma parte de Las Calaveras 01, existe una canalización del cauce con dimensiones muy restringidas en referencia al caudal, el cual puede trasladar sedimentos de grandes dimensiones que se generan en la parte alta de las laderas, y se puede obturar los cajones hidráulicos presentes.

Generalmente las edificaciones son unifamiliares de tipo 2 (bloque, ladrillo, piedra, concreto). Según la Ordenanza del Lineamiento de Uso de Suelo referido a la Poligonal Urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida (2002), la zona es establecida como ARU-1, con restricción de uso de suelo (áreas no desarrollables); Sin embargo, muchas edificaciones poseen permisología para la construcción.



Figura 79. Se observan procesos de erosión que afectan la vialidad. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 19. Coordenadas: Este: 267388m; Norte: 953025m; Altitud: 1557m.

Lugar: Loma de Altagracia.

Descripción: Se ubica una construcción tipo II, cuyas edificaciones unifamiliares son afectadas por caídas de rocas, daños por derrumbe parcial o total de la estructura; depósito de material con alturas superiores a un metro, que obliga al abandono de la edificación. Igualmente, las vías pueden verse afectadas por la acumulación de material sobre la calzada, con una altura media a alta (>70cm) que genera obstrucción y requiere ardua labor de limpieza.

En este punto se evidenciaron procesos geomorfológicos activos y algunos bienes físicos como edificaciones que han sido afectadas por caídas de rocas, que unido a las elevadas pendientes condicionan el sector. Las viviendas evaluadas son de tipo 2 (bloque, ladrillo, piedra, concreto). Los daños se caracterizan por derrumbe

parcial o total de la estructura; depósito de material con alturas superiores a un metro, que obliga al abandono de la edificación. Según la Ordenanza del Lineamiento de Uso del Suelo referido a la Poligonal Urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida (2002), en esta área se restringe el uso de suelo, siendo establecida como ARU-1: Áreas no desarrollables.

Punto crítico 20. Coordenadas: Este: 267529m; **Norte:** 952980m; **Altitud:** 1553m.

Lugar: Las Calaveras 1.

Descripción: De acuerdo a lo observado la vía está afectada por deslizamiento rotacional activo y presencia de caídas de rocas. Las construcciones presentes son tipo II, presentando daños por desplome parcial o total de la estructura; además de depósito de material con alturas superiores a un metro, que obliga al abandono de la edificación. En las vías tipo II, se observa la acumulación de material sobre la calzada de altura baja a moderada (30-70cm), que genera obstrucción y plantea la necesidad de intervención de maquinaria para su rehabilitación. Así mismo, se detecta la ruptura de la calzada por afectación de su estructura base, debido a socavación lateral que trae como consecuencia daños a los cajones hidráulicos.

En cuanto a las líneas eléctricas: La caída de la estructura de soporte (poste) genera ruptura de la línea, lo que conlleva al corte de servicio. Por otra parte, en las conducciones la ruptura de elementos (tubería), también interrumpe el servicio.

Este sector que forma parte de Las Calaveras 1, está caracterizada por el detrimento de la vía, los procesos geomorfológicos están representados por deslizamiento rotacional inactivo, caídas de roca, acumulación y depósito de material

sobre la calzada con altura baja a moderada (30-70cm), que en algunas situaciones genera obstrucción y plantea la necesidad de intervención de maquinaria para su rehabilitación (figura. 80). Esta zona también es considerada como ARU-1, según la Ordenanza del Lineamiento de Uso de Suelo referido a la poligonal urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida (2002), aquí se indica restringido el uso de suelo.



Figura 80. Afectación de las líneas vitales por movimientos de masa tipo deslizamiento rotacional, y caídas de rocas. Además, se observa la acumulación de material sobre la calzada. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto 21. Coordenadas: Este: 267529m; Norte: 952980m; **Altitud:** 1553m.

Lugar: Las Calaveras 01.

Descripción: En este punto, se observó que las edificaciones están soportadas en sedimentación aluvial, donde la normativa no contempla los permisos de construcción. (Figura 81). En correspondencia, la Ordenanza del Lineamiento de Uso de Suelo referido a la poligonal urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida (2002), restringe en esta zona el uso de suelo, siendo establecida como ARU-1x consideradas como áreas no desarrollables. Se aprecia el asentamiento poblacional y construcciones improvisadas de manera ilegal decretada en la ordenanza antes citada (*ob. cit.*), en el que se delimita el uso de suelo e indica que es una zona no desarrollable para urbanismos, lo que condiciona el lugar.



Figura 81. Se delimitan las construcciones en sedimentación aluvial de uso restringido de acuerdo a la norma. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 21. Coordenadas: Este: 266880m; Norte: 952808m; **Altitud:** 1560m.

Lugar: Vía Principal Intercepción Don Perucho- San Jacinto.

Descripción: Las observaciones realizadas en esta área de estudio revelan la existencia de daños a la vía, tendido eléctrico y la presencia de deslizamiento rotacional cubierto de vegetación. Las construcciones allí desarrolladas son tipo II, presentando daños de carácter importante por fisura o rotura de elementos, como muros e incluso vigas. Se compromete la estabilidad de la edificación y se recomienda su evacuación.

En las vías tipo II, se observa depósitos de material sobre la calzada de altura baja a moderada (30-70cm), que genera obstrucción, creando la necesidad de intervención de maquinaria para su rehabilitación. Igualmente, ruptura de la calzada por afectación de su estructura base, debido a erosión basal o socavación lateral, daños a los cajones hidráulicos, líneas y conducciones, de allí, la caída de la estructura de soporte (poste) que genera ruptura de la línea y corte de servicio y ruptura de elementos (tubería), que genera interrupción del servicio (figura 82).

El daño a la vía principal se determina por la acumulación de material sobre la calzada de altura baja a moderada (30-70cm), que genera obstrucción, siendo necesaria la intervención de maquinaria para su rehabilitación. Esta zona esta normada como ARU-1, según la Ordenanza del Lineamiento de Uso de Suelo referido a la poligonal urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida (2002), por lo tanto, el uso del suelo debe ser restringido para su construcción.



Figura 82. Se detalla la fractura miento de la vía principal. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 22. Coordenadas: Este: 266885m; **Norte:** 952812m; **Altitud:** 1560m.

Lugar: Vía Principal Calavera 01.

Descripción: Este punto crítico se caracteriza por presentar nivel freático alto, posiblemente la presencia de un tanque para recepción de agua drene de manera continúa, provocando saturación del suelo, además en periodos lluviosos reactiva los movimientos de masa (figura 83). Esta zona crítica es considerada como áreas residenciales unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares (AR-3). Según la reforma de la Ordenanza del Lineamiento de Uso de Suelo referido a la poligonal urbana del municipio Santos Marquina del estado Mérida (2002).



Figura 83. Se muestra el tanque para recepción de agua cuya falta mantenimiento y goteo continuo está saturando los suelos. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Punto crítico 23. Coordenadas: Este: 266885m; Norte: 952812m; **Altitud:** 1560m.

Lugar: Parque Misirén.

Descripción: Para finalizar con la observación a los diferentes puntos de interés en la investigación del sector, se evidenció en el parque Misirén la presencia de muro de gaviones para la consolidación de taludes. Este sector se caracteriza por ser un lugar recreativo- turístico, tipificado en la Ordenanza municipal de Santos Marquina. Estado Mérida (2002), como un área de uso restringido para la recreación y turismo (ART), (figura 84). En tal sentido, el Artículo 103, declara que son áreas de alto valor ecológico y escénico. En algunas ocasiones, se permite la ocupación de estas áreas previos estudios técnicos como uso recreacional y turístico.



Figura 84. Se muestra coronas de deslizamiento activo (deslizamiento rotacional). Fecha: 12/01/2023. **Fuente:** Vera, M. (2023).

La cobertura de sitios críticos, está diseñado mediante el uso del programa Excel, los datos suministrados por la base cartográfica de Google Earth y aquellos obtenidos en campo. Se realizó una representación de los sitios críticos de acuerdo a la cobertura o espacio que ocupan dentro del área de estudio (en Ha), notándose que presentan una mayor área, Las Calaveras C-02 y Calaveras C-05, lo que equivale a los puntos más críticos dentro de la comunidad. Las Calaveras, de acuerdo a rangos de pendiente y unidades geomorfológicas presentes. (Tabla 19).

Análisis de cobertura en sitios críticos		
C-01	2	1%
C-02	4	2%
C-03	2	1%
C-04	2	1%
C-05	3	2%

Tabla 19. Análisis de cobertura en sitios críticos. **Fuente:** Vera, M. (2023).

De igual forma, se detalla la relación en cuanto al espacio ocupado en cada sector (figura 85), observando la variación de hectáreas y zonas con mayor probabilidad a ser afectadas. De acuerdo a la figura 85, las subcuencas C-02 y C-05, son los sitios más críticos donde probablemente se registren más afectaciones ante eventos extremos, mientras que las C-01, C-03 y C-04 pueden tener menores áreas de afectación.

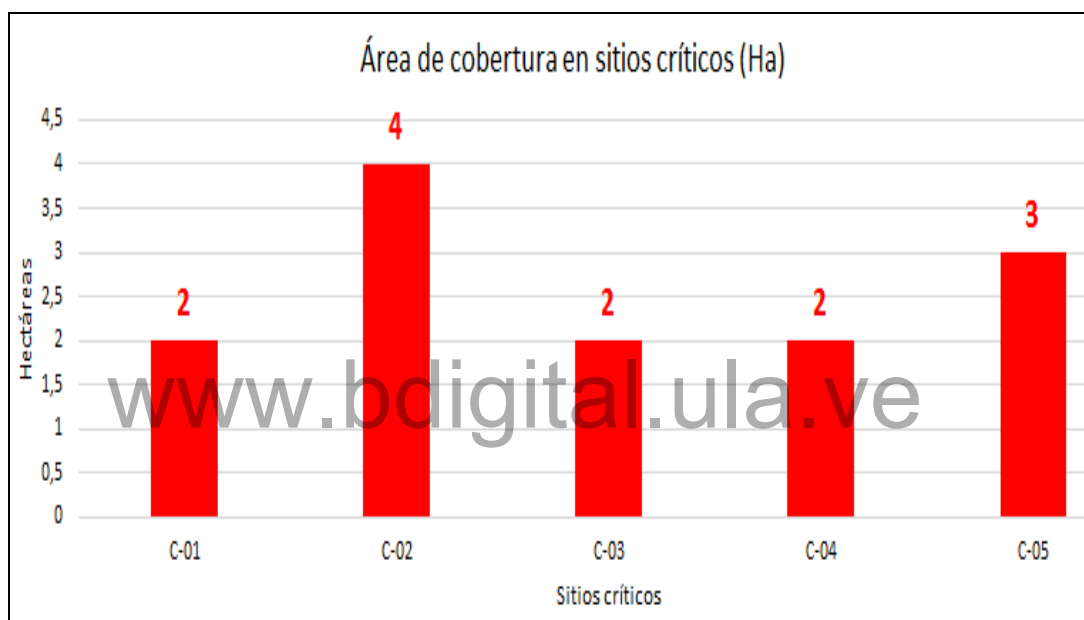


Figura 85. Áreas de coberturas en sitios críticos. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Según la relación porcentual para cada muestra de estudio C-02 y C-05 son los mayores sitios críticos. (Figura 86).

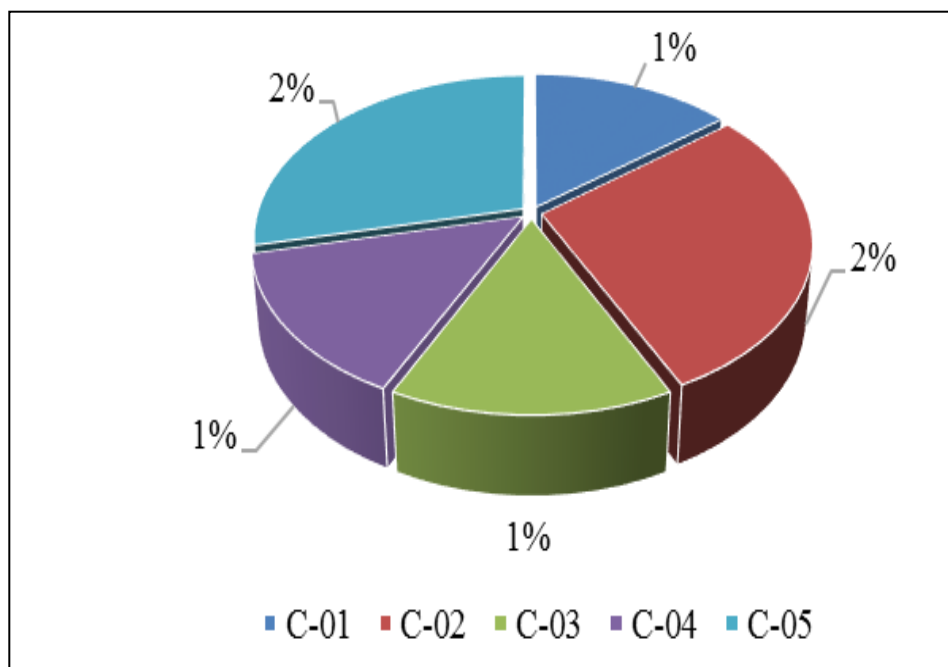


Figura 86. Relación porcentual de coberturas en sitios críticos. **Fuente:** Vera, M. (2023).

www.bdigital.ula.ve

Tal como se observa en la figura 87, se presenta la sectorización y cierre de los polígonos en los sectores de interés, obteniendo los valores correspondientes a las áreas de cada sector. Donde efectivamente, Las Calaveras C-02 o C-05, según los cálculos del programa ArcGIS presenta un área de 40626 m² (40,626 ha) y Las Calaveras 05 un área de 32166 m² (32,166 has).

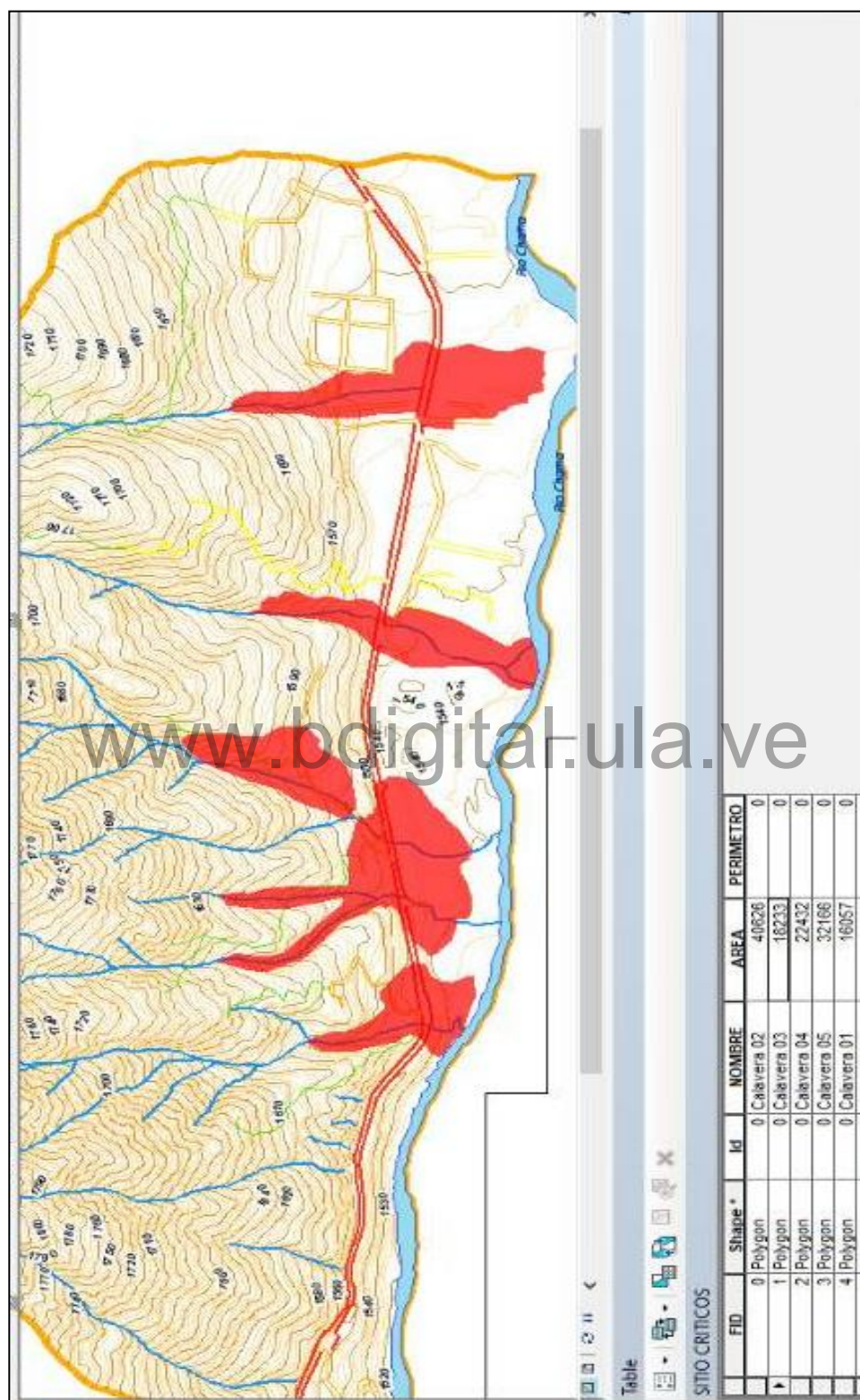


Figura 87. Delimitación de las áreas de interés. Datos registrados mediante el SIG.
Fuente: Vera, M. (2023).

En general, con los puntos y/o zonas críticos levantados en campo y con la aplicación de los sistemas de información geográfica, se diseña el mapa de puntos críticos (figura 88). observando la presencia de los movimientos de masa que posiblemente pueden afectar a la comunidad, así como los sectores más propensos a estos procesos geomorfológicos, que puedan activarse bajo algún desencadenante relacionados a las actividades antrópicas, lluvias extremas y movimientos sísmicos de gran magnitud, debido al control estructural relacionados con la falla de Boconó, ya que el sector se encuentra dentro de la zona de falla de Boconó.

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

De acuerdo a lo antes manifestado, en el trayecto Parque Misirén – Los Llanitos de Tabay, predominan zonas de alta pendientes y cauces que juegan un papel importante en el transporte de sedimentos en caso de lluvias excepcionales (Figura 88), a cada sector de la comunidad Las Calaveras se les aplicó un corte de secciones transversales A-A y Longitudinal A-B, para observar cómo están constituidos en esos bordes de vertientes y puntualizar el comportamiento de la pendiente de laderas y orientación de los movimientos de masa respecto a los elementos expuestos, por lo que, los asentamientos poblacionales generalmente se encuentran al pie de taludes y laderas, estas zonas donde se asientan las infraestructuras poseen pendientes menores a los 20° dentro del rango sugerido, moderadamente inclinado a inclinado (figura 89).

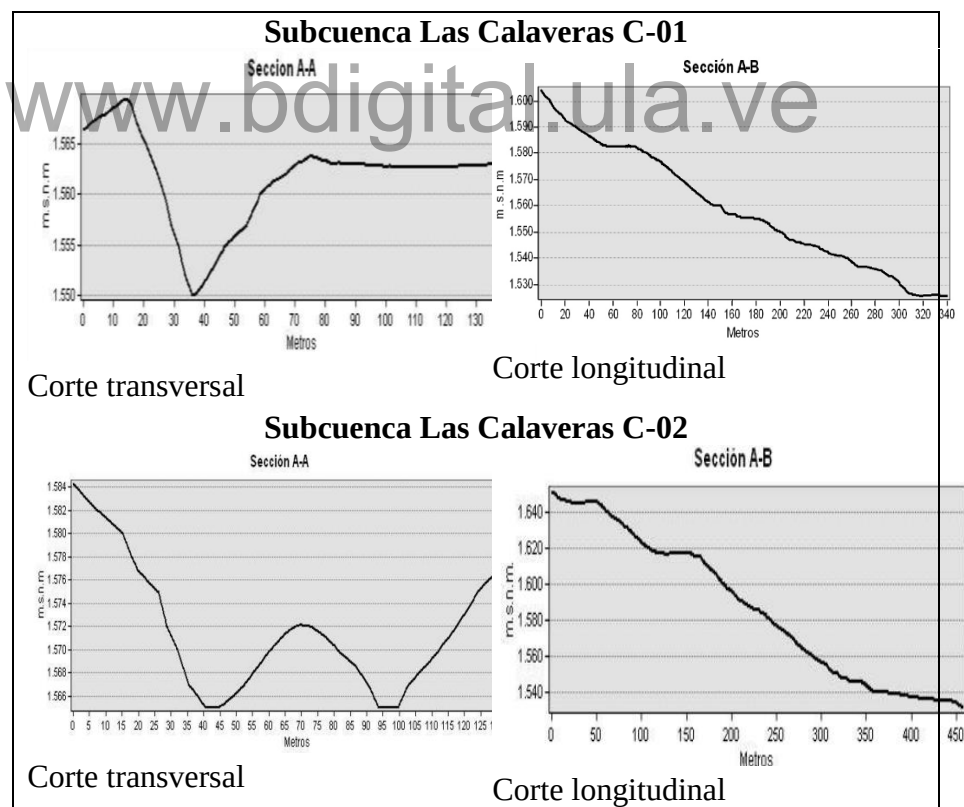


Figura 89. Secciones transversales aplicado a cada sector de la comunidad “Las Calaveras”, para observar variabilidad de las pendientes y canal del cauce. **Fuente:** Vera, M. (2023).

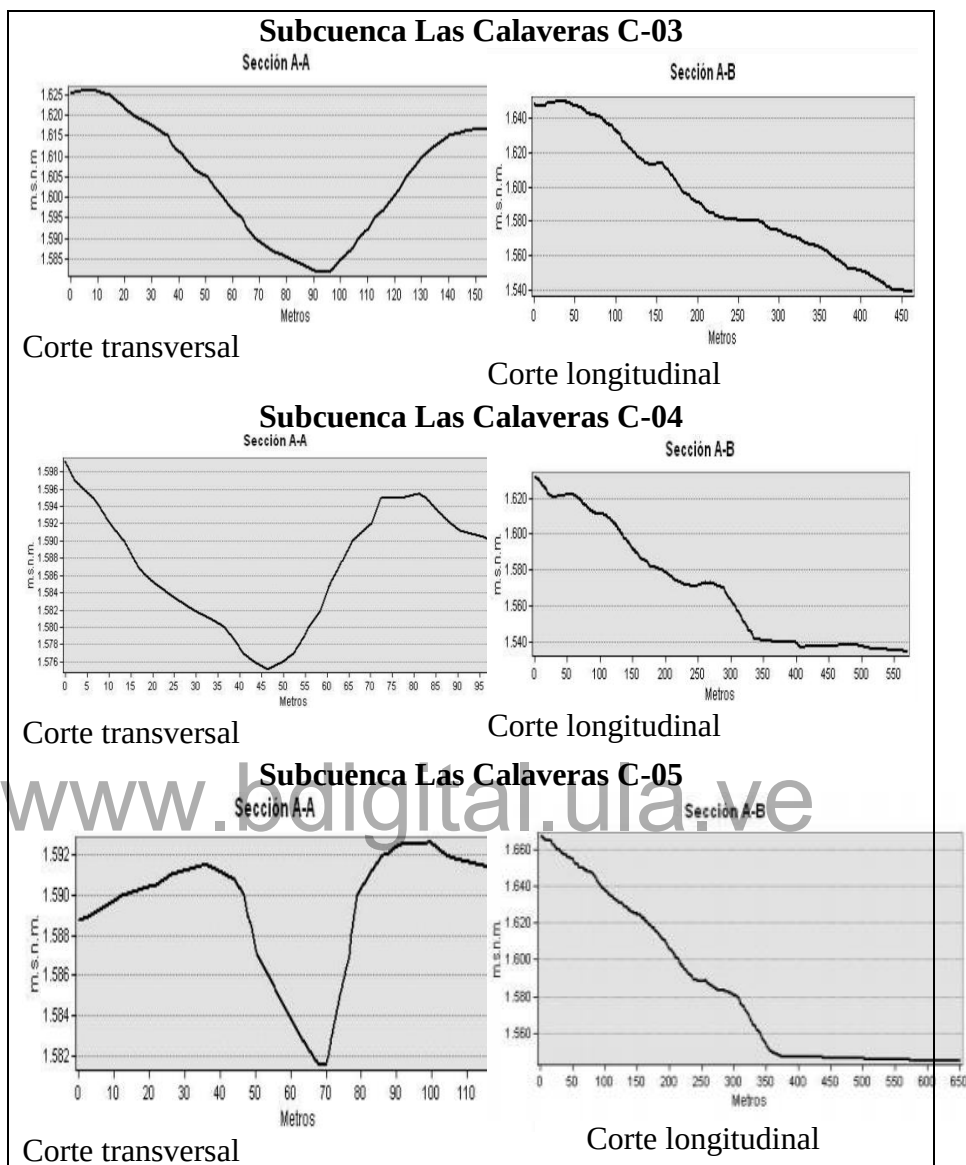
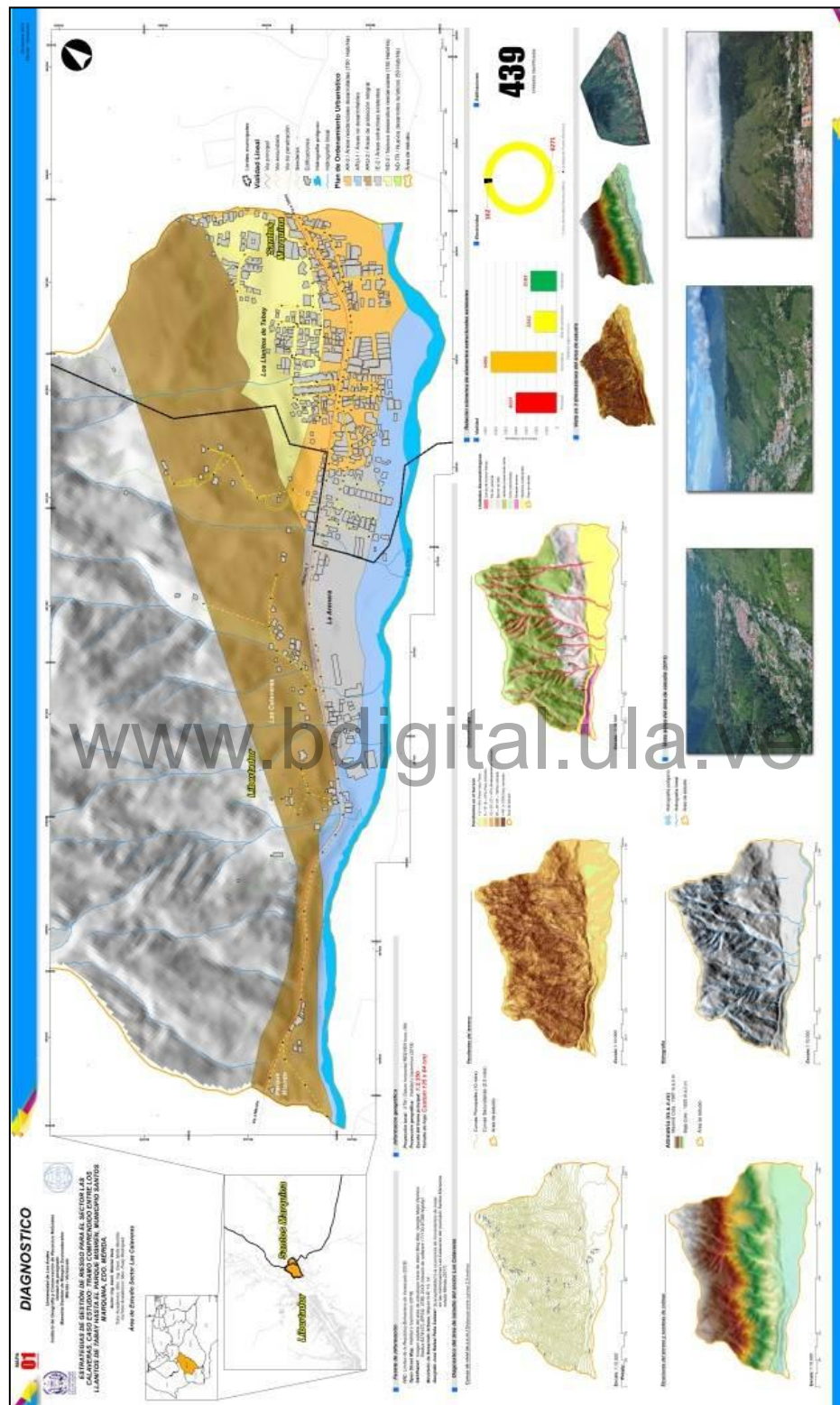


Figura 90. Secciones transversales aplicado a cada sector de la comunidad “Las Calaveras”, para observar variabilidad de las pendientes y canal del cauce. (Continuación). **Fuente:** Vera, M. (2023).

Los perfiles reflejan que las pendientes más abruptas están en las subcuencas C-02 y C-05, presentando una mayor altitud y pendientes que superan los 30° y una canalización del cauce muy marcada. Por esta razón, se deduce que los bienes físicos

y las personas que se encuentran hacia las cotas más bajas se encuentran en áreas de influencia a afectación por procesos geomorfológicos.

Por otra parte, se pudo detallar que los puntos críticos según el Plan de Ordenamiento Urbano, en el mapa diagnóstico, con el mapa integrado para el uso u ordenamiento con algunos aspectos físicos del sector (figura 90), se encuentran en áreas de uso de suelo que pertenecen a C-01 áreas de protección integral y en algunas áreas no desarrollables, C-02 se encuentra dentro de áreas de protección integral, áreas extractivas y áreas no desarrollables, al igual que C-03 y C-04, mientras que C-05, interviene a áreas de protección integral y las áreas de nuevos desarrollos residenciales y algunas áreas residenciales desarrolladas y su respectiva representación de cada estructura referente a comercios, centros de salud, centros educativos, recreacionales, entre otros.



Es importante acotar en este análisis, que el diagnóstico se fundamenta en los eventos adversos ocurridos durante el 2006 - 2010, sustentado en los informes realizados por Protección Civil en el momento de la emergencia (figuras 92 y 93), debido a torrenciales aguaceros, los cuales causaron el desbordamiento de las quebradas “Las Calaveras” y “Los Mangos” ubicadas en la vía trasandina, donde el mayor impacto se localizó en las Calaveras 02 (C-02) afectando gran cantidad de personas, edificaciones, materiales y la vía principal (figura 94 y figura 95).



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
Gobernación del Estado Mérida



PC

MÉRIDA 29 DE NOVIEMBRE DEL 2006

Ciudadano:
Comisario (DISIP) Manuel German Castro
Jefe de DISIP Mérida.
Su despacho.-

Tengo el honor de dirigirme a usted muy respetuosamente con la finalidad de hacer de su conocimiento las novedades de las últimas 24 hrs. y que motivado a las fuertes precipitaciones caídas en la zona metropolitana de Mérida el día 25-11-06, al 29-11-2006 donde se presentaron varias alarmas y emergencias, las cuales se describirán a continuación:

DATOS DE LA ZONA

Fecha: 25 Noviembre de 2006 **Día:** Lunes **Hora:** 08:00 hlv

Estado: Mérida **Municipio:** Santos Marquina

Parroquias: Tabay **Sector:** Las Calaveras Parte Baja

Medio por el que recibió la información: Vía telefónica y por el 171 – SATEN

Organismos oficiales en el sitio: DIGEPEM, INPRADEM, Bomberos Mérida, B.R. Águilas del Playón, G.R. Enrique Bourgoín, B.R. El Playón y Transito Terrestre.

SITUACION

Con fecha 25 21:35 hlv Nov 2006, se recibió llamada telefónica de persona desconocida y en estado de preocupación y alarma informando que a nivel del sector las Calaveras parte baja del municipio Santos Marquina había aumento considerable del caudal y desbordamiento de quebrada por consecuencia de las fuertes precipitaciones la cual estaba

penetrando a las viviendas dejando a su paso lodo y material rocoso de igual manera dejando incomunicado a las personas del sitio y varios vehículos atrapados todos afectados por dos conos de eyección, información confirmada por la central 171 despachador del Cuerpo de Bomberos del Estado Distinguido Rafael Varela y la supervisora de guardia Mercedes Lobo, de igual manera se recibió llamada de personas que venían a bordo de expresos de turismo los mismos se encontraron atrapados y por sus propios medios salieron de la unidad

ACCIONES TOMADAS

DIA 25-11-2006
Se procedió a despachar la unidad Bravo-02 con los Oficiales SAR Alfredo Rojas y Luis Ponté con la finalidad de verificar la situación y prestar apoyo a las personas que se encontraban atrapadas en el sitio según varias llamadas recibidas en la central, al sitio se dirigió 02 unidades de rescate del Cuerpo de Bomberos del Estado Mérida y una unidad Ambulancia atenta para cualquier eventualidad, se dirigió al sitio la unidad Oruga-02 a bordo los Oficiales SAR Judith Duque, Jesús Riera, Pedro Páreles y David Villegas, se realizó llamado vía radio al personal de los grupos voluntarios, Grupo de Rescate Enrique Bourgoín y Brigada de Rescate Águilas del Playón los mismos contaban con 4 personas para atender la situación por lo cual se mantenían atentos a nivel de su sede, de igual manera se procedió a contactar a el Oficial SAR Juan Lagos y buscarlo para hacerlo llegar a central a bordo de la unidad Bravo-02 con la finalidad de buscar material para ser utilizado en la zona de impacto, a las 23:45 reporta la Oficial SAR Judith Duque informando que probablemente 80 son las viviendas afectadas aproximadamente de las cuales 10 afectadas totalmente y un desaparecido hasta los momentos pero se presume sean mas los desaparecidos.

Las personas afectadas se refugiaron en casa de familiares cercanos y las personas heridas se trasladaron al centro asistencial de la zona, se presentaron derrumbes múltiples de gran magnitud produciendo 03 conos de eyección en la zona, retomando la unidad Bravo-02 a la central a las 03:45 del día 26-11-06 con los Oficiales SAR Judith Duque, Luis Ponté, Pedro Páreles y Juan Lagos; a las 03:51 retorno la unidad Bravo-03 a la central ya que se encontraba prestando apoyo en el traslado de lesionados con los Oficiales SAR a bordo Wualner Márquez y Luis Moncada; y el personal de la unidad Oruga-02 se mantiene en el sitio los Oficiales SAR Emigdio García y Alfredo Rojas.

DIA 26-11-2006
Siendo las 07:00 hlv reportaron los Oficiales SAR Alfredo Rojas y Emigdio García que en la zona de impacto se presentaron cuatros (04) PAILOVER y un (01) JUMBO del MINFRA y de la Empresa Asfalto Los Andes para la remoción del mega glastos, detritos y sedimentos de la vía principal del sector, posterior a esto se enviaron evaluadores para realizar la estimación de análisis de daños y necesidades ocasionados por las fuertes precipitaciones acaecidas del día anterior.

Figura 92. Informe de Protección Civil en el evento ocurrido el 29 de noviembre de 2006. **Fuente:** P.C, (2006).



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

Gobernación del Estado Mérida



EMERGENCIAS LLUVIAS NOVIEMBRE 2006

MUNICIPIO SANTOS MARQUINA - PARROQUIA TABAY

DESCRIPCIÓN DE SITUACIÓN	N° Y DAÑOS EN VIVIENDAS				N° FAMILIAS	N° DE PERSONAS AFECTADAS		TOTAL GENERAL	ADULTOS SEGÚN SEXO		MENORES SEGÚN SEXO		PERSONAS DAMNIFICADAS	PERSONAS DESAPARECIDAS	PERSONAS FALLECIDAS	SITUACIÓN ACTUAL LUGAR DE REUBICACIÓN
	LEVES	PARCIALES	TOTALES	ALTO RIESGO		Adultos	Menores		M	F	M	F				
Derrumbes en la vía, pérdida total de viviendas y en alto riesgo, pérdidas de vidas humanas.	8	18	5	21	26	83	46	129	32	48	23	19	21	0	2	Varias de las familias se desalojaron de sus viviendas por presentar alto riesgo las cuales se reubicaron en viviendas solidarias; y algunas familias permanecen en sus viviendas pero tienen que ser reubicados por presentar Alto Riesgo en zona donde residen.

Figura 93. Data de Protección Civil de personas afectadas en el evento ocurrido en noviembre del 2006. **Fuente:** P.C, (2006).



Figuras 94 y 95. Deslizamientos y flujos de detritos. Afectaciones a personas, edificaciones y vía principal. Las Calaveras 02 (C-02). **Fuente:** P.C, (2006).

Es importante resaltar, que no es la primera vez que esta zona se ve afectada por este tipo de eventos, por el contrario, según antiguos residentes del sector, hace aproximadamente cincuenta (50) años atrás, ocurrió en la zona que actualmente se ve afectada un fenómeno natural parecido, aunque de menor intensidad, registrándose en ese momento solo daños materiales, debido a que solamente arrastro algunos cultivos

de cambures. Para esa época solo estaba habitada por tres viviendas, de las cuales ninguna fue afectada.

Algunas evidencias recopiladas del evento 2006, se tiene la entrevista realizada por el diario Frontera al jefe de operaciones del Instituto de Administración Civil y de Desastres del estado Mérida INPRADEM en el año 2013, Noel, quien explicó que las precipitaciones constantes saturaron el terreno inclinado ubicado detrás de las viviendas, además de aumentar el caudal de la quebrada rebasando la capacidad del embaulamiento, provocando además que una cárcava (Márquez N, 2013). El suceso, dejó dos víctimas, las señoras Aurora Albarrán de Mesa de setenta (70) años, y su hija Carmen Mesa, quienes fueron arrastradas por la corriente varios metros abajo. Aunado a esto, ocasionó la destrucción de un total de cuatro (4) viviendas, veintiún (21) afectadas, 9 vehículos arrastrados por el agua y algunos fueron tapiados. También la escuela del sector “Aquiles Nazoa” fue afectada.

De acuerdo a Solórzano et al (2007), este movimiento de masa observado hacia ambas márgenes en la parte alta de las quebradas, afectaron considerablemente algunas viviendas, que han tenido que ser desalojadas por sus propietarios como manera de prevención. Luego en octubre del año 2010, ocurre otro evento natural similar con pérdidas de vidas humanas, entre ellos, dos niños; noticia publicada en la prensa de Notitarde.com (figura 96).



Figura 96. Noticia del evento ocurrido en el año 2010, en el sector Calaveras (C-02).
Fuente: Notitarde, (2010).

En la actualidad, el sector C-02, sigue poblado y aun permanecen los elementos expuestos, en cuanto a la fragilidad de las personas, bienes físicos, que para el evento se encontraban en el lugar, considerándose como área crítica ante los movimientos de masa que se originan en la parte alta de las laderas, como se muestra en la figura 97.



Figura 97. Edificaciones asentadas en la actualidad en el sector Las Calaveras (C-02) que pueden ser afectadas por futuros procesos hidrometeorológicos. **Fuente:** Vera, M. (2023).

En este contexto, mediante el uso de los sistemas de información geográfica se logra plasmar la caracterización de los elementos expuestos en el área de estudio, con sus respectivos perfiles transversales y ubicación de algunos asentamientos poblacionales (figura 98), en tamaño reducido a la salida cartográfica.

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

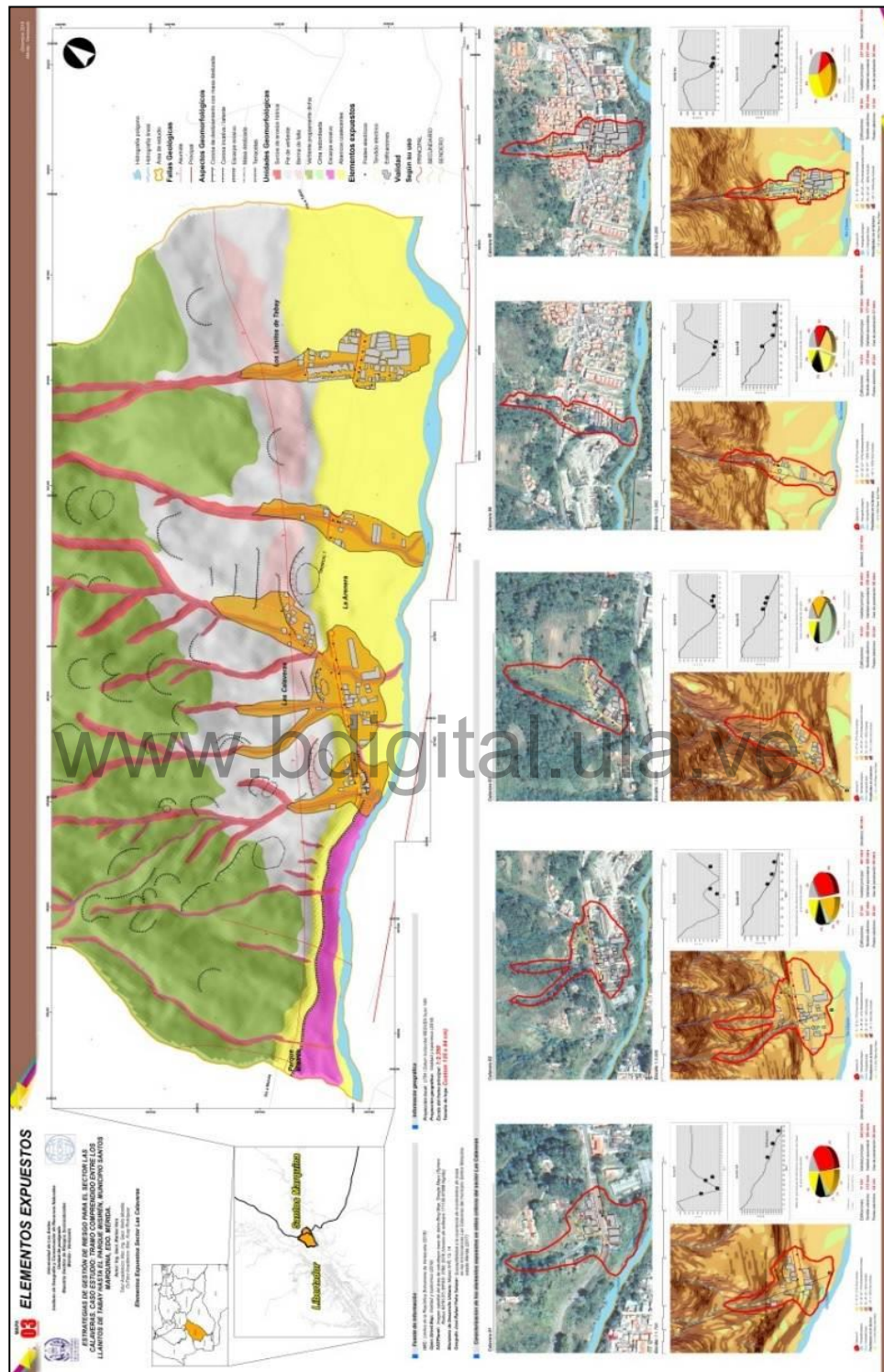


Figura 98. Mapa de elementos expuestos ante movimientos de masa. Sector Las Calaveras, municipio Santos Marquina, estado Mérida. reducción del original.
Fuente: Vera, M. (2023).

4.2. La vulnerabilidad física que presenta las edificaciones en la comunidad Las Calaveras por la generación de movimientos de masa.

Esta fase se sujetó en el análisis cualitativo que se extrajo en campo, para evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones, asentadas mediante parámetros propios del diseño, localización y características del terreno donde se confinan estas edificaciones, así como, la evaluación de la afectación por procesos antrópicos; el cual será cartografiada a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Para realizar dicha evaluación se consideró la dimensión física de la vulnerabilidad, ubicando las variables y elementos vinculados con el tipo de material de construcción de las viviendas, tipología de construcción, niveles de edificación, soportes que poseen una infraestructura; las vías de acceso, centros educativos y de salud. (Tablas 20 y 21).

Bajo este sentido, la vulnerabilidad física para las edificaciones de uso residencial ubicadas en asentamientos urbanos del municipio Santos Marquina (sector Las Calaveras), fueron consideradas por estar expuestos particularmente a la ocurrencia de movimientos de masa activados por lluvia. Se trabajó en función del grado de afectación de los elementos expuestos y las líneas vitales. Sin embargo, fueron considerados estudios previos de susceptibilidad por movimientos en masa del INGEOMIN, obtenidos a partir de un modelo geoespacial basado en la medición y evaluación de distintas variables fisiográficas para determinar zonas potencialmente inestables. Respecto al grado de afectación de los elementos expuestos, se obtiene conforme a la evaluación del número de niveles o carga que produce la estructura

sobre el terreno, según diseño y tipología de construcción, el grado de deterioro y daños en la vivienda y los condicionantes del entorno generada por elementos antrópicos (edificaciones en la trayectoria del cauce con descargas hídricas y sedimentarias), esta información se recoge mediante un instrumento denominado instrumento de evaluación de vulnerabilidad física, contentiva de una serie de indicadores asociados a cada factor. Se establecieron intervalos de clases que permitieron determinar rangos para cada indicador y consigo establecer niveles de vulnerabilidad para cada valor numérico obtenido del procesamiento de los datos.

Tabla 20. Indicadores implicados en la determinación de la vulnerabilidad física en infraestructura.

VARIABLE	INDICADOR	RANGO	CATEGORIA	%
INFRAESTRUCTURA	Tipología predominante de las edificaciones.	Edificación unifamiliar (de techo acerolic).	Alta	27,24
		Edificación unifamiliar (de techo teja).	Baja	4,63
		Edificación bifamiliar (de techo acerolic-teja).	Muy Alta	54,51
		Edificación multifamiliar (de techo acerolic- teja).	Media	13,62
	Tipo de materiales de construcción.	Bloque o ladrillos Frisados.	Muy Alta	40
		Bloque o ladrillos no frisados.	Alta	35
		Concreto.	Media	15
		Adobe, bahareque o madera entre otros.	Baja	10
	Ocupación predominante de la edificación.	Ocupada.	Alta	85
		Desocupada.	Baja	15
VIALIDAD	Tipo de vialidad.	Asfaltada.	Muy Alta	40
		Cemento.	Alta	23
		Engrazonada.	Baja	16
		Tierra.	Media	21
	Capacidad de las Vías de Comunicación.	≥ 4 metros	Muy Alta	60
		< 4 metros	Alta	40
INFRAESTRUCTURA S CENTROS EDUCATIVOS	Escuela sector Las Calaveras.	Existe.	Muy alta	
			Alta	100
			Media	
			Baja	
CENTRO DE SALUD	Ambulatorios Urbanos.	No existe.	Baja	0
		Si existe.	Baja	0
		No existe.	Muy alta	100

Fuente: Vera, M. (2023).

De este modo, se ponderó cada uno de estos indicadores que componen la vulnerabilidad física en el área de estudio, resultando el 100% en su totalidad.

Tabla 21. Ponderación de los indicadores de la vulnerabilidad física (Infraestructuras: Infraestructuras de centros educativos, de salud).

TIPO DE VULNERABILIDAD	INDICADORES	PONDERACION (%)
FÍSICA	Tipología predominante de las viviendas (bifamiliares con techo de acerolic-teja).	35
	Tipo de materiales de construcción (predomina el bloque frisado).	25
	Ocupación predominante de la vivienda (ocupada).	20
	Tipo de vialidad (asfaltada).	10
	Capacidad de las vías de comunicación (vías principales).	5
	Número de acceso a la vialidad principal.	3
	Centros de salud.	0
	Centro comercial (industrial),	1
	Centro educativo.	1
	Total	100 %

Fuente: Vera, M. (2023).

La interrelación de las variables de la dimensión física permitió determinar por subcuenca (C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05), que vulnerable puede ser ante cualquier evento adverso, de acuerdo a la ponderación que obtenga al calificar cada indicador. Debe especificarse que no todas las variables poseen el mismo peso, puesto que a las mismas se les asigna un valor que determina la influencia que ejercen en la vulnerabilidad física.

Luego de realizada la evaluación sistemática de la vulnerabilidad física de las estructuras y/o edificaciones que se encuentran situadas en el sector Las Calaveras, específicamente a edificaciones de uso residencial, unifamiliares, bifamiliares, multifamiliares y en algunos casos de tipo comercial ubicadas en las subcuencas C-

01, C-02, C-03, C-04, C-05, o que se encuentran en el área de influencia a la ocurrencia de movimientos de masa. Por lo tanto, se caracterizó la vulnerabilidad física en función a los procesos hidrometereológicos, procesos geomorfológicos y los elementos expuestos a daños, tomando en cuenta las características físicas de las estructuras e infraestructuras, tales como: (a) calidad de las edificaciones; (b) patologías estructurales; (c) presencia de servicios básicos; (d) riesgos hidrológicos y (e) algunas obras aplicadas cerca a estas estructuras e infraestructuras previa revisión de los puntos críticos y elementos más expuestos a los movimientos de masa.

En este sentido, con el uso del cuadro descriptivo para definir la vulnerabilidad física en las edificaciones de la comunidad Las Calaveras, se simplifica la cuantificación de las edificaciones, pues el nivel de afectación o impacto se determinó por las características físicas de las estructuras e infraestructuras: calidad de las edificaciones, vías, estado y capacidad de las redes de servicios básicos, obras dispuestas con anticipación para el control de eventos (mitigación). Tal como se observa en la tabla 22.

Tabla 22. Descripción de la vulnerabilidad física para las edificaciones del sector Las Calaveras. Aplicación del método del semáforo, con data de campo.

Vulnerabilidad Física	Descripción /Características	Valor/ Ponderación.
BAJA	Edificación con adecuada técnica constructiva. Bifamiliares, con cerca de bloques, techo de teja o bifamiliar, sin cerca de bloques con techo acerolic. No se observan daños en la estructura, mampostería y acabados. Condiciones geológicas y geotécnicas favorables. En algunos casos pueden presentar algunos daños superficiales solamente en acabados con fisuras y deformaciones leves. Se aprecian fisuras no mayores a 1mm. No se observan daños en el entorno o de elementos que puedan comprometer la estructura. Los procesos naturales y antrópicos dan indicios de movimientos en el terreno sin afectaciones a la estructura. Aplicación de medidas de control correctivas. Sin riesgos eléctricos.	1-2
MODERADA	Edificación dura sin adecuada técnica constructiva, multifamiliar con cerca de bloques, techo de acerolic o teja. Los riesgos estructurales, deterioros y daños en las edificaciones son moderadas. (Pandeo de los elementos estructurales), condiciones geológicas y geotécnicas regulares. Se evidencian condiciones físicas que pueden comprometer la estabilidad de la estructura. Existen procesos de erosión. Riesgos eléctricos moderados.	3
ALTA	Edificaciones duras sin adecuada técnica constructiva. Unifamiliares sin cerca de bloque con techo de teja. Deformaciones graves en la estructura por inclinaciones fuera de su plano vertical. Se observan condiciones físicas que pueden comprometer los elementos expuestos en las adyacencias. Se evidencian árboles y postes inclinados, botes de aguas blancas servidas y filtraciones. Presencia de afectaciones por flujo de detritos y/o movimiento de masa. Riesgos eléctricos moderados.	4
MUY ALTA	Edificación dura o blanda en estado precario. Unifamiliares sin cerca de bloques, techo acerolic. Los asentamientos de la fundación, presentan grietas en paredes, columnas y pisos muy visibles con filtraciones. Deformaciones muy graves en la estructura y mampostería con fallas por aplastamiento. Factores y procesos que comprometen la estabilidad de la estructura y de estructuras adyacentes que son afectadas, riesgos hidrológicos entre ellos, flujo de detritos y/o movimiento en quebradas en la misma dirección de flujo de la vivienda. Riesgos ambientales y eléctricos muy altos.	5

Fuente: Vera, M. (2023).

A continuación, se elaborarán cuadros cuantitativos de las edificaciones según las subcuencas que limitan el área de estudio (Tablas: 23, 24, 25, 26 y 27). Se

precisan la cantidad de edificaciones para cada subcuenca, que presentan alta y muy alta vulnerabilidad física:

1. Las Calaveras C-01: presentó un total de seis (06) edificaciones con muy alta vulnerabilidad física, de tipo unifamiliar, que poseen tipología con categorías de materiales tradicionales o con techo de acerolic y demás características planteadas en el instrumento, donde las edificaciones unifamiliares que predominan en la subcuenca C-01 poseen techo de acerolic. (Tabla 23).

Tabla 23. Edificaciones en la subcuenca C-01.

C-01				
Parque Misiren				
Edificaciones	Con teja	Con acerolic	Vulnerabilidad	Total
Unifamiliares	0	07	Muy alta	06
Bifamiliares	0	0	Alta	03
Multifamiliares	0	0	Moderada	02
Comercio/turística	04	0		
Total	04	07		11

Fuente: Vera, M. (2023).

2. Las Calaveras C-02: la vulnerabilidad física indico un total de dieciséis (16) edificaciones con muy alta vulnerabilidad, predominando la tipología con techo de acerolic, entre unifamiliares y bifamiliares (Tabla 24).

Tabla 24. Edificaciones en la subcuenca C-02

C-02				
Vía principal de Tabay				
Edificaciones	Con teja	Con acerolic	Vulnerabilidad	Total
Unifamiliares	02	03	Muy alta	16
Bifamiliares	04	17	Alta	08
Multifamiliares	0	0	Moderada	03
Comercio/centro educativo	0	1		
Total	06	21		27

Fuente: Vera, M. (2023).

3. Las Calaveras C-03: Se obtuvo una cantidad de siete (07) edificaciones que presentan vulnerabilidad física muy alta, entre unifamiliares y bifamiliares con techo de acerolic. (Tabla 25).

Tabla 25. Edificaciones en la subcuenca C-03.

C-03				
Vía principal de Tabay				
Edificaciones	Con teja	Con acerolic	Vulnerabilidad	Total
Unifamiliares	0	10	Muy Alta	07
Bifamiliares	01	05	Alta	07
Multifamiliares	0	0	Moderada	02
Comercio	0	0		
Total	01	15		16

Fuente: Vera, M. (2023).

4. Las Calavera C-04: Se observaron tres (03) edificaciones con vulnerabilidad muy alta, que refieren una edificación unifamiliar y dos (02) establecimientos comerciales con techo de acerolic y otras características tradicionales de construcción. (Tabla 26).

Tabla 26. Edificaciones en la subcuenca C-04.

C-04				
Vía principal de Tabay				
Edificaciones	Con teja	Con acerolic	Vulnerabilidad	Total
Unifamiliares	0	1	Muy Alta	3
Bifamiliares	0	0	Alta	1
Multifamiliares	0	0	Moderada	1
Comercio	0	4		
Total		5		5
Colinas de San Pedro				
Edificaciones	Con teja	Con acerolic	Vulnerabilidad	Total
Unifamiliares	0	2	Muy Alta	3
Bifamiliares	0	3	Alta	3
Multifamiliares	0	0	Moderada	3
Comercio /industria	1	3		
Total	1	8		9

Fuente: Vera, M. (2023).

5. Las Calaveras C-05: La evaluación de la vulnerabilidad física se realizó para las edificaciones en la calle Don Eriberto y sector llamado Santa Bárbara, obteniendo un

registro total de catorce (14) edificaciones con muy alta vulnerabilidad física, con predominio de edificaciones unifamiliares con techo de acerolic. (Tabla 27).

Tabla 27. Edificaciones en la subcuenca C-05.

C-05				
Calle Don Eriberto. Llanitos de Tabay				
Edificaciones	Con teja	Con acerolic	Vulnerabilidad	Total
Unifamiliares	3	5	Muy Alta	8
Bifamiliares	7	3	Alta	9
Multifamiliares	1	0	Moderada	6
Comercio	1	3		
Total	12	11		23
Sector Santa Bárbara				
Edificaciones	Con teja	Con acerolic	Vulnerabilidad	Total
Unifamiliares	7	8	Muy Alta	6
Bifamiliares	9	9	Alta	11
Multifamiliares	0	0	Moderada	16
Comercio	0	0		
Total	16	17		33

Fuente: Vera, M. (2023).

Haciendo un resumen de todo lo expuesto anteriormente, se acota la vulnerabilidad física de las edificaciones en los sectores que comprenden la comunidad Las Calaveras varia de alta a muy alta, por lo que se debe estar atento ante la ocurrencia de precipitaciones máximas, puesto que, de acuerdo al inventario estadístico de afectación por eventos, la afectación y la calidad de vida de los pobladores ha sido alterada. De manera que, se pudo determinar los sectores Calaveras C-02 y C-05, están más propensos a la activación de movimientos en masa o a obtener mayores desventajas o pérdidas materiales /humanas, así como, la reincidencia en las construcciones irrespetando la normativa vigente. Pues, en la mayoría de los casos estas edificaciones son remodeladas agregando más carga vertical en su misma ubicación.

Es necesario recordar que en el año 2010, ocurrió un evento similar al año 2006, en el mismo sector, con pérdidas de dos vidas humanas, entre ellas un niño de un (1) y tres (3) años de edad, hecho confirmado por vecinos del sector o comunidad quienes fueron entrevistados y dieron su testimonio, entre ellos el sr. José Rivas (63 años), Miguel Carrillo (70 años), el sr Acacio Hernández (65 años) y Francis Marina Quintero (65 años); sin embargo aún siguen edificando asentamientos humanos anárquicos, en zonas de alta vulnerabilidad.

Es perentorio recordar que en el año 2011, INPRADEM, realizó una inspección para la evaluación de vulnerabilidad, análisis y riesgo en terrenos para la construcción de vivienda, informe de fecha 22/02/2011, SIGI0024/2011 (2), sustentado en las bases legales competentes a la planificación del territorio, de un terreno destinado a la construcción de una vivienda unifamiliar, sector Las Calaveras, calle Los Frailejones, Los Llanitos de Tabay del municipio Santos Marquina, a solicitud del ciudadano José A. Ávila. Se determinó que las construcciones están en una zona geológicamente inestable, donde no se respeta la normativa vigente; en virtud de que los cursos de agua no cumplen con los retiros normados por la Ley de Aguas, las construcciones poseen retiros de ciento cincuenta (150) m aproximadamente con respecto al cauce y veinticinco (25) m aproximadamente con el paleo-cauce que se encuentra cercano a este. Así mismo, en levantamientos de campo se constató que las edificaciones se localizan en medio de dos torrentes (Las Calaveras 01 y Las Calaveras 02), los cuales han presentado procesos hidromeomorfológicos recientes (movimientos de masa tipo flujo de detritos), que afectó directamente este terreno.

Otra línea vital que presento vulnerabilidad física, fue la vía o entrada de acceso hacia la Urbanización don Eriberto y viviendas que colindan con terrenos adyacentes se vieron afectadas por sedimentos y abundantes descargas de agua proveniente de los afluentes que discurren desde la parte alta de la vertiente, poniendo en desventaja al terreno ante eventos hidromeorfológicos excepcionales o de gran magnitud que pueden generarse en esta vertiente.

Por otra parte, algunas fotografías aéreas muestran un terreno, que se encuentra influenciadas Las Calaveras 01 y 02 (figura. 99), donde se detalla la vulnerabilidad física que muestra las vías principales troncal 008 y el centro educativo de la comunidad. Los sectores que presentan vulnerabilidad física ante procesos de crecidas torrenciales ocasionando daños a las viviendas que se encuentran colindando con el terreno mostrado. Cabe destacar, que la parte alta de esta vertiente está siendo intervenida, lo que puede generar la aceleración de nuevos procesos aumentando el nivel de vulnerabilidad de bienes físicos, población y estructuras.

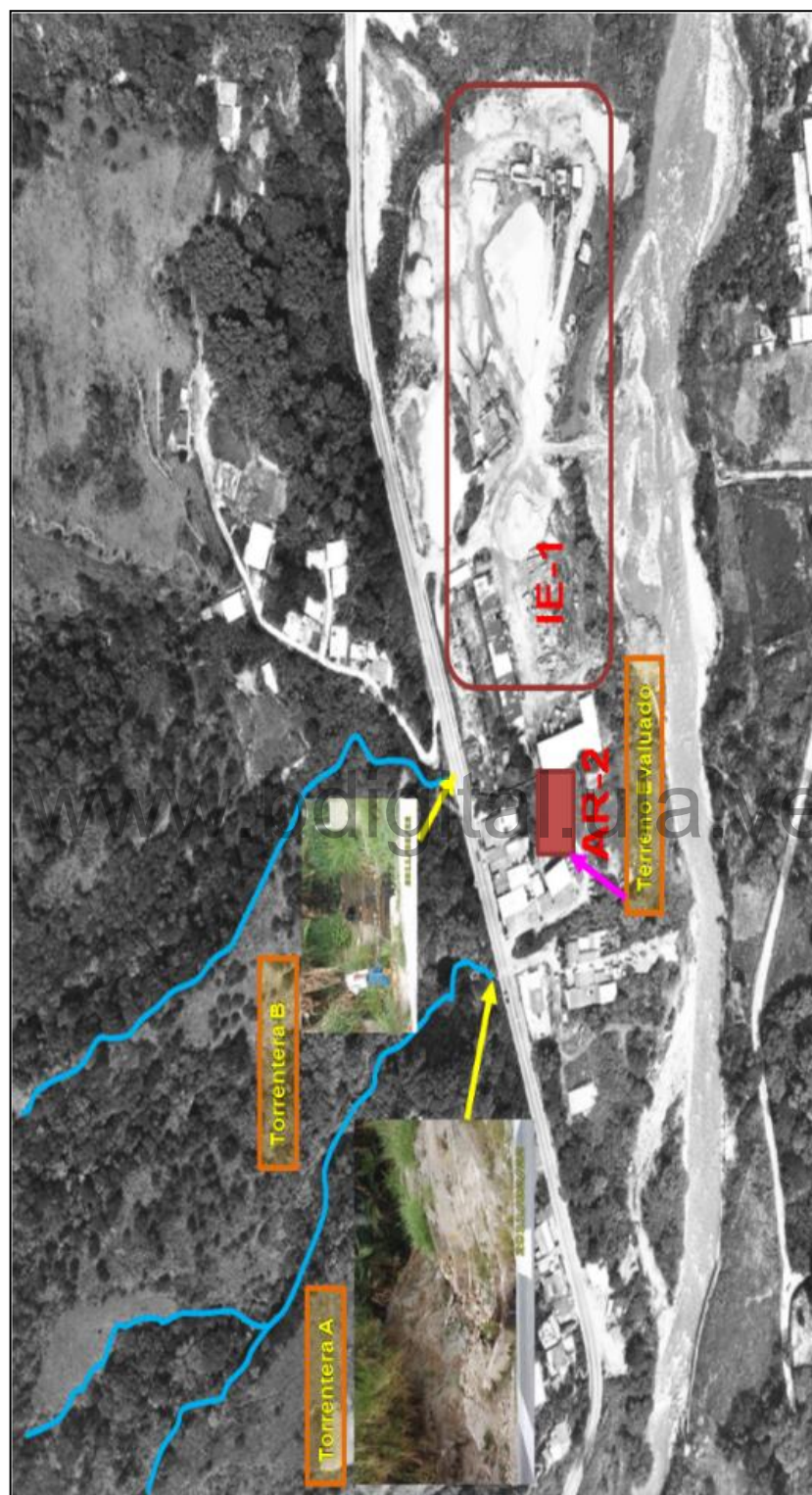


Figura 99. Se detalla la vulnerabilidad física a terrenos emplazados en subcuencas Las Calaveras 01 y 02 (vías, centro educativo, e infraestructura). Fotografías aéreas otorgadas por INPRADEM a escala 1:5.000, (1996). **Fuente:** Vera, M. (2023).

Bajo este orden de ideas, las viviendas unifamiliares (AR-2), que muestran vulnerabilidad física colindan con instalaciones de plantas industriales dedicadas a la extracción de Arena (IE-2). Es evidente que la subcuenca 01, es decir Las Calaveras C-01, signada con letra “A”, presenta vulnerabilidad física, y se ubica en la vía principal, por lo que se recomienda la construcción de una nueva medida correctiva que cumpla con las condiciones óptimas de funcionamiento para la captación del material proveniente del torrente. No obstante, en la subcuenca 02, conocida como Las Calaveras C-02, “B”, presenta buenas condiciones de funcionamiento, solamente se debe implementar el mantenimiento preventivo.

De acuerdo a lo antes expuesto, el grado de vulnerabilidad física de las edificaciones cercanas a estos cauces en comparación con los análisis de vulnerabilidad física realizados en el sector C-01 y C-02, más los eventos ocurridos, permiten concluir que las edificaciones presentan un alto nivel de vulnerabilidad física, puesto que las características físicas que estas presentan aumentan la posibilidad de daños, pérdidas humanas y materiales, en caso de repetirse repentinamente un evento hidromeorfológicos relevante. Puesto que, la vulnerabilidad física está relacionada con los materiales empleados en la construcción, mantenimiento y diseño de la infraestructura y/o edificación frente al factor amenaza en relación a los movimientos de masa.

Cabe destacar, que el nivel organizativo de las comunidades, disposición de recursos para las labores de respuesta y recuperación, coordinación entre las instituciones, capacidad de administrar los recursos disponibles, capacidad de gestión institucional y comunitaria, entre otros; son factores que en conjunto se

interrelacionan para condicionar el nivel de impacto o afectación y poder solucionar los daños ocasionados.

4.3. Los escenarios de afectaciones ante movimientos de masa mediante diseño de infografías que permitan a las comunidades el manejo de la información.

Para describir los escenarios de afectación se debe conocer el peligro a que se está expuesto. Según Predes, define el riesgo como: “la resultante de la interacción del peligro o amenaza por la vulnerabilidad presente” (Predes, 2008: 16).

Por ende, este puede ser expresado en términos de los daños o pérdidas esperadas en un futuro ante la nueva ocurrencia de un fenómeno de intensidad considerable. En este sentido, el entorno físico del sector Las Calaveras, presentan asentamientos poblacionales vulnerables que se asientan sobre depósitos aluviales, a lo largo de todo el eje, al margen superior del río Chama, considerado actualmente como un centro urbano, en algunos casos, comerciales y de producción de minerales no metálicos (arenera de Tabay). Por lo que son considerados como escenarios de riesgo los campos delimitados que representan las condiciones de riesgo en un territorio, relacionándose las causas, actores causales, tipo y nivel de daños, tal como se observa en la tabla 28.

Tabla 28. Escenarios de riesgo comunes.

Criterios de especificación de escenarios	Escenarios de riesgos localizados
Escenarios de riesgos por fenómenos amenazantes	Movimientos de masa (Caída de rocas, deslizamientos rotacionales, y flujos de detritos).
	Litología meteorizada.
	Laderas empinadas.
Escenarios de riesgos por intervención antrópica	Edificaciones en la dirección de flujo de subcuencas.
	obras civiles caducas.
	Conciencia comunitaria al construir.

Fuente: Montién, (2017).

4.4. Escenarios de riesgos por fenómenos amenazantes

En su mayoría la población expuesta puede ser afectada de manera directa por los dinámicos procesos hidrogeomorfológicos que se agravan debido a la construcción no planificada de viviendas en la dirección de flujo de las subcuencas, construcciones paralelas a los cauces y obras civiles al pie de las laderas intervenidas, tal como se observa en la figura 100 y figura 101. Se hace evidente que el sector muestra vulnerabilidad física alta a moderada dependiendo de las cercanías con el canal principal de cada una de las subcuencas. Por tanto, existe la probabilidad de que la población y sus inmuebles sufran daños o pérdidas a consecuencia del impacto de la activación de movimientos de masa.



Figura 100. Se detalla el emplazamiento poblacional del sector Las Calaveras.
Fuente: INPRADEM, (2016).



Figura 101. Se delimita en color amarillo el emplazamiento poblacional en el sector Las Calaveras. La imagen fue cedida por INPRADEM. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Movimientos de masa (Caída de rocas, deslizamientos rotacionales, flujos de detritos)

Los flujos de detritos, caídas de rocas y deslizamientos rotacionales son sin lugar a dudas los procesos naturales más destructivos, que unidos a la construcción no planificada de edificaciones en zonas inestables, aparte de la construcción de edificaciones caracterizados como viviendas unifamiliares y/o bifamiliares de similares tipos arquitectónicos y ubicados en la dirección del flujo hídrico, condicionan la vulnerabilidad física del sector. Tal como se observa en la figura 102.



Figura 102. De acuerdo a las fotografías otorgadas por INPRADEM, se analizan edificaciones construidas en la misma dirección de flujo hídrico. **Fuente:** Vera, M. (2023).

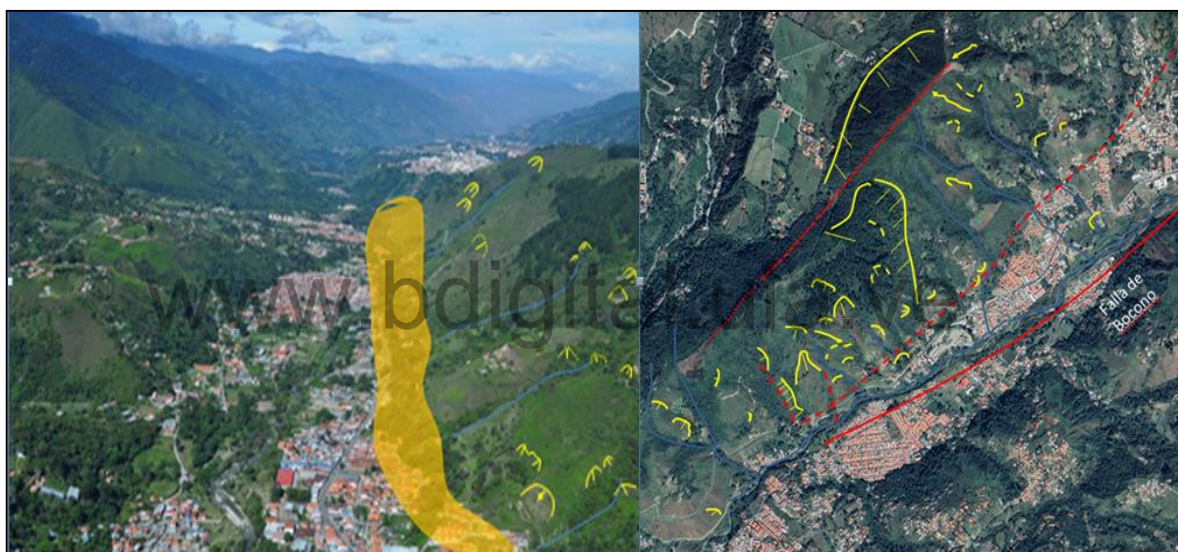
Como puede observarse el escenario presentado es de muy alta vulnerabilidad, conlleva la afectación de las poblaciones de viviendas unifamiliares y bifamiliares que están ubicadas en la dirección del flujo de las subcuencas o zonas de tránsito de flujos de detritos que ya fueron afectadas por eventos pasados. Este escenario indica la posible afectación a los asentamientos poblacionales, personas, bienes físicos, edificaciones, vialidad de la troncal 007 vía Mérida -Tabay, daños a agua potable, vías de accesos y postes eléctricos ubicados en Las Calaveras C-02.

Es relevante resaltar que los movimientos de masa, generalmente los flujos de detritos y caídas de rocas, son los peligros de mayor alcance de afectación en la población, debido a la ocurrencia en que estos se han producido, así como, por la ubicación de estas edificaciones en relación al flujo de los cauces o quebradas permanentes e intermitentes del sector investigado, que en épocas de altas precipitaciones son activados ocasionando un impacto a la población asentada en la parte media y baja pendiente, con daños probables en relación a la fragilidad en personas y bienes materiales (figura 103).



Figura 103. Se aprecian las edificaciones construidas en la misma dirección de flujo hídrico subcuenca Las Calaveras (C-05). **Fuente:** Vera, M. (2023).

Por otra parte, existen zonas con movimientos de masa tipo caídas de rocas, estas son categorizadas con alta vulnerabilidad física, esta condición se puede minimizar con la aplicación de obras de ingeniería; existe la probabilidad de que la población y sus inmuebles sufran daños o pérdidas a consecuencia del impacto de bloques y cantos. Se muestra evidencia de afectación a viviendas ubicadas al pie de laderas, en el sector Calaveras C-02, grandes bloques causaron daños a la edificación y enseres dentro de las viviendas. (Figura 104 y figura 105)



Figuras 104 y 105. (a)De acuerdo a las fotografías cedidas por INPRADEM, se interpretó áreas vulnerables a caídas de rocas y flujos de detritos (izq.). (b) Procesos geomorfológicos que condicionan el sector estudiado (der). **Fuente:** Vera, M. (2023).

En este escenario existe la posibilidad de que la población o sus medios sufran daños en forma cíclica (cada 5 años como tiempo de retorno), a consecuencia de lluvias continuas e intensas que favorecen las crecidas excepcionales en las subcuencas C-02 y C-03. Las medidas de mitigación pueden corresponderse a la canalización de las subcuencas y ampliación de las torrenteras ya existentes.

En virtud de que las edificaciones se asientan tanto en los márgenes como en la dirección de flujo hidráulico, la vulnerabilidad física es categorizada de alta a muy alta. Así mismo, algunas subcuencas tienen la connotación de ser cauces intermitentes o secos por lo que las personas construyen dentro o a lo largo del lecho, no previendo el aumento del caudal en épocas de lluvia.

En tal sentido, el escenario de vulnerabilidad física se relaciona con la afectación de las edificaciones que están ubicadas en la misma dirección de flujo del cauce (subcuenca Las Calaveras C-03) o zonas de tránsito de flujos de detritos (Llanitos de Tabay); tal vulnerabilidad fue corroborada en eventos pasados. Las subcuencas Las Calaveras, por tener un carácter torrencial pueden causar daños materiales por flujos torrenciales o flujos de detritos, si se presentan nuevamente lluvias extremas. Dentro de este escenario se estima la posible afectación a once (11) viviendas situadas en Las Calaveras C-02 y además de daños a dos (2) puentes que se ubican en la calle Los Frailejones. Se subraya entonces que en periodos lluviosos la acción erosiva de las aguas de escorrentía y aguas superficiales unido a el factor antrópico; constituye el primordial problema en el sector Las Calaveras, ya que tienen una relación directa con los movimientos de masa (caída de rocas, flujos de detritos y deslizamientos rotacionales).

2. Litología meteorizada: Los factores que condicionan el sector Las Calaveras también las determina el activo proceso de fracturamiento de las rocas granitoides llamada La Granodiorita de El Carmen (descrito con anterioridad en el diagnóstico geológico), que se extiende a lo largo de la ladera donde se disponen los cinco cauces

del sector en estudio (figura 106 y figura 107), generando desprendimientos, además de rotura de cantos y bloques de diversos tamaños, cuya energía cinética se desarrolla pendiente abajo, constituyendo uno de los factores peligrosos para las comunidades cercanas. La categorización de la vulnerabilidad física se clasificó como vulnerabilidad física moderada a alta, ponderándose con valores de 3 a 4.



Figura 106. Rocas granodioríticas fracturadas. **Fuente:** Vera, M. (2023).



Figura 107. Granitoide muy alterado. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Por consiguiente, los granitoides alterados al ser saturados se vuelven más friables, lo que conlleva a aumentar la vulnerabilidad física de las infraestructuras.

3. Laderas empinadas: De igual modo, las laderas empinadas están conformadas por material litológico friable ante procesos erosivos, esta condición marca la inestabilidad geológica trayendo como consecuencia una vulnerabilidad física que fue clasificada como moderada. Como se visualiza en la figura 88, mucho material es traslado desde sus cabeceras creando un problema para las edificaciones y vialidad, que se asientan al pie de la ladera. Sin embargo, estas laderas se han venido ocupando de manera anárquica debido al crecimiento poblacional que ocurre en el municipio Santos Marquina.

Por lo tanto, el aporte de material granular genera una condición de vulnerabilidad física alta a moderada, por lo tanto, los escenarios están relacionados con producción de movimientos de masa tipo deslizamientos y caídas de rocas. Esta condición geológica puede afectar las estructuras ubicadas al pie de estas laderas y vía principal Tubay – Mérida (figura 108).



Figura 108. Se muestra la inclinación de las laderas en el sector Las Calaveras.
Fuente: INGEOMIN, (2006).



Figura 109. Fotografías otorgadas por INGEOMIN, se interpretan los movimientos de masa tipo deslizamientos, y cárcavas. **Fuente:** Vera, M. (2023).

4.3. Escenarios de riesgos por intervención antrópica

www.bdigital.ula.ve

1. Edificaciones en la dirección de flujo de subcuencas: Se presenta otra situación de riesgo ante la acción de los movimientos de masa y en general eventos hidrogeomorfológicos extraordinarios cuando traen consigo deterioros y obstáculos para el tránsito vehicular y peatonal en la troncal 007 vía Mérida- Barinas, así como, a edificaciones y caminos alternos que se ubican aguas abajo de los cauces (figura 110 y figura 111).



Figura 110. Se utilizaron fotografías donadas por INPRADEM. La imagen muestra la interpretación de los flujos y la fragilidad de edificaciones, obras civiles y vías de comunicación que se ubican en la misma dirección de flujo. **Fuente:** Vera, M. (2023).

www.bdigital.ula.ve



Figura 111. Se utilizaron fotografías donadas por INPRADEM. La fotografía muestra el lecho fluvial o área de inundación del río Chama. **Fuente:** Vera, M. (2023).

2. Obras civiles caducas: En el levantamiento de campo se evidencia la aplicación de medidas correctivas, tales como: cajones hidráulicos, torrenteras y diques de contención, estos no están proporcionados con el caudal máximo de las subcuencas en una crecida excepcional, por lo que se categorizo como de alta vulnerabilidad física, enfatizando que en lluvias torrenciales esta colapsara causando daños a bienes materiales y humanos. Por tanto, se deben realizar estudios de reingeniería considerando dimensiones y/o proporciones adecuadas para el control de estas subcuencas. De manera que, para este escenario en particular se tiene el peligro potencial de tener edificaciones y obras de civiles que no están en funcionamiento, debido a que ante crecidas excepcionales han sufrido daños y en varios eventos han dejado familias damnificadas con pérdidas parciales y totales de estructuras. Por tanto, se debe continuar con la construcción de obras hidráulicas en mayores dimensiones que permitan reducir o mitigar el impacto del flujo hacia viviendas y líneas vitales en periodos de lluvia (figuras 111 y 112).



Figura 112. Se muestra muros de contención fracturados. **Fuente:** Vera, M. (2023).



Figura 113. Se muestra la deformación de la obra correctiva. **Fuente:** Vera, M. (2023).

Los escenarios de vulnerabilidad físico categorizados como alto a moderado, estipulada para las construcciones que se encuentran aguas abajo de la zona de transferencia, son frágiles ante crecidas excepcionales y en periodos lluviosos pasado han sufrido daños dejado a familias damnificadas, con pérdidas parciales y totales de viviendas y terrenos; por ello, se debe hacer énfasis a esta problemática con la preparación de la comunidad y construcción de obras hidráulicas que permitan reducir o mitigar el impacto del flujo hacia viviendas y líneas vitales en periodos de lluvia (figura 112 y figura 113).



Figura 114. Puentes y canales de esorrentía tapados por vegetación. **Fuente:** Vera, M. (2023).



Figura 115. Obras de mitigación inactivas con tuberías que obstaculizan el tránsito de sedimentos en crecidas del cauce. **Fuente:** Vera, M. (2023).

A continuación, en la figura 116, se muestra el mapa de establecimiento de escenarios en el sector Las Calaveras, municipio Santos Marquina, estado Mérida, se señalan los criterios de estimación de escenarios por afectación para daños materiales y humanos. La determinación de afectación, se establece en base a las cercanías de

las edificaciones al canal fluvial sin respetar los retiros normados, obras civiles construidas dentro del canal fluvial y construcciones en la misma dirección del flujo. También, se consideran las pendientes para indicar la dirección de escorrentía, posible afectación de vialidad y construcciones civiles. Es de vital importancia indicar que el aumento de asentamientos poblacionales no controlados, condicionan al sector que unido al aumento de pisos en las edificaciones que originalmente han sido concebidas como unifamiliares y luego son transformadas a bifamiliares, aumentan la vulnerabilidad del área en estudio.

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

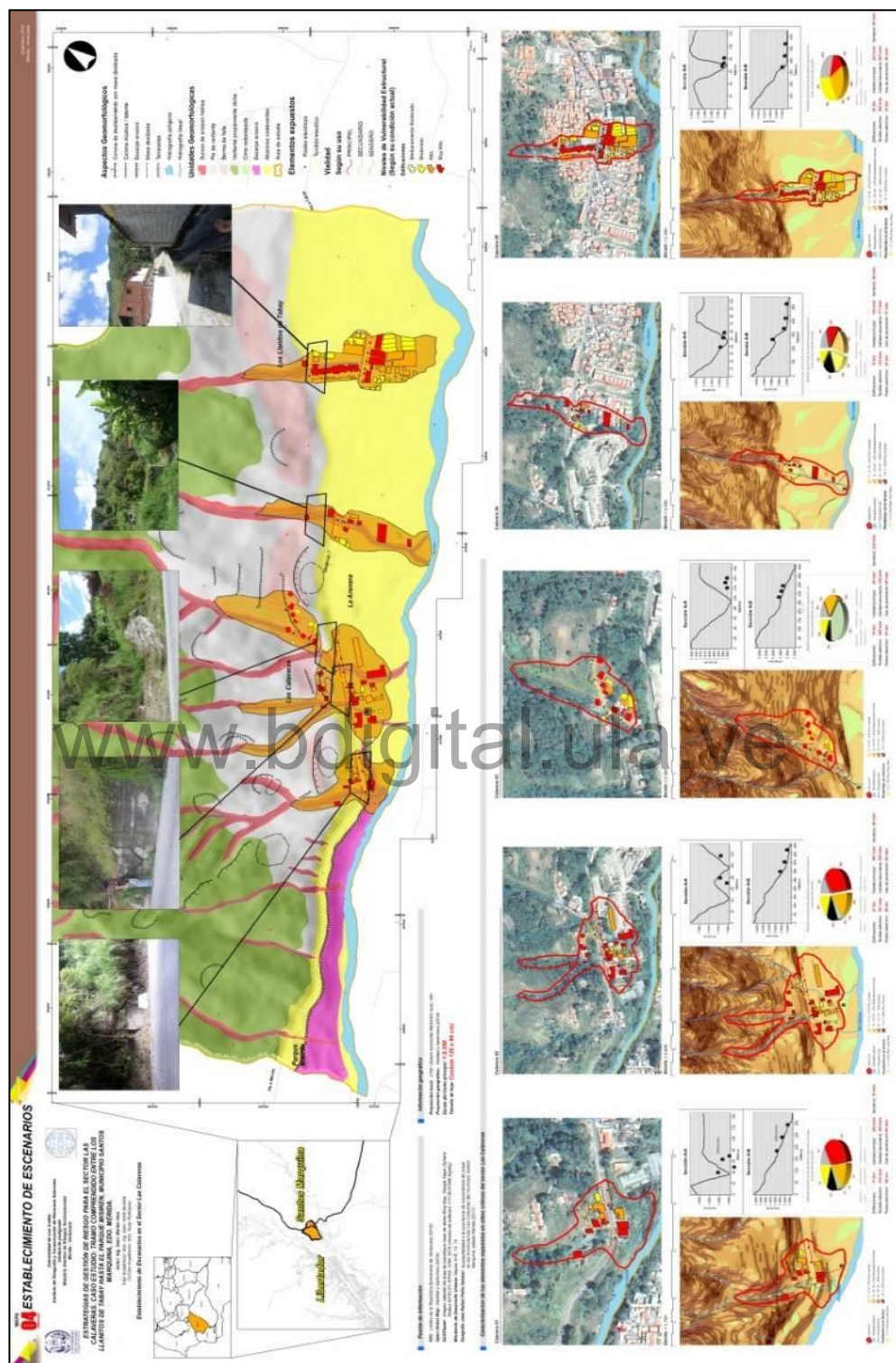


Figura 115. Mapa de establecimiento de escenarios en el sector Las Calaveras, municipio Santos Marquina, estado Mérida. Reducción del original. **Fuente:** Vera, M. (2023).

En general, la frecuente inestabilidad de las laderas, la reactivación de antiguos procesos geomorfológicos y la intervención de las laderas para nuevas construcciones manifiestan que la vulnerabilidad física está relacionada con una serie de combinaciones de factores naturales y antrópicos. Estos unidos a las condiciones geológicas del lugar y falta de control gubernamental en la ordenación del territorio impulsan la fragilidad de la zona.

4.4. Elementos detonantes y condicionantes que promueven los movimientos en masa para el diseño de las estrategias de gestión de riesgos siconaturales .

Para iniciar este capítulo es importante distinguir que los condicionantes naturales localizados en el sector Las Calaveras están relacionadas con condiciones climáticas, geológicas y geomorfológicas (roca meteorizada y diaclazada, laderas empinadas, procesos geomorfológicos activos). Por otro lado, como desencadenantes se tiene las condiciones climáticas en periodos lluviosos extremos, frecuencia y magnitud de las lluvias torrenciales, intensidad y desconocimiento de los procesos geomorfológicos ante las intervenciones antrópicas realizadas en el medio físico. Se puede aseverar, que además de las condicionantes naturales del sitio, las acciones hechas por el hombre para construir su vivienda, han sido determinantes en la ocurrencia de movimientos de masa, además de los daños materiales y humanos durante las lluvias torrenciales. Así pues, para optimizar la gestión de riesgo en la comunidad investigada, que ha sido afectada por eventos potenciales, se han incorporado el concepto de prevención, incrementando la resiliencia, mejorando la

atención ante la ocurrencia de eventos, con participación de las autoridades y población en general que permita convivir con el riesgo, eliminar o reducir las pérdidas de vidas humanas, bienes materiales e incrementar la capacidad de respuesta de la comunidad ante estos eventos adversos.

En este sentido, el funcionamiento de los sistemas de protección ciudadana, constituye una competencia de los gobiernos regionales y locales, de acuerdo a lo establecido en las Leyes y normativas vigentes. Por ello, es esencial el desarrollo de acciones de sensibilización, educación, y capacitación orientados a generar una sólida cultura de prevención, preparando a la población para responder emergencias de tipo socio naturales, con la participación de todos los actores involucrados.

Desde esta perspectiva, las medidas prospectivas cuyo objetivo sean impedir o evitar que sucesos naturales o antrópicos en combinación con las vulnerabilidades generen daños y pérdidas humanas, materiales, servicios y ambiente, sean puestas en práctica según los marcos legales u otras estrategias en materia de prevención. De manera que, a continuación, se proponen algunas líneas de acción para impulsar la gestión de riesgo local en la comunidad Las Calaveras, se puede sugerir las siguientes medidas prospectivas:

1. Estimación temporal de riesgos socio-naturales que puedan presentarse en cualquier punto crítico de la zona de estudio y traer como consecuencia peligros naturales y/o antrópicos.

2. Considerar la prevención como parte fundamental en los planes y programas de desarrollo en la comunidad Las Calaveras, en relación a nuevos asentamientos que sean concordantes con el medio natural. En este caso, es necesario plantear y

desarrollar un posible sistema de alerta temprana para monitorear los movimientos de masa detonados por lluvias extremas en la comunidad en estudio.

3. Evitar el uso de construcciones civiles en zonas no permitidas o no aptas para asentamientos poblacionales, proyectando esas zonas como verdes o de recreación.

4. Fortalecimiento de los cuerpos institucionales taxativamente la defensa civil regional y local.

5. Aplicar políticas públicas referidas al uso urbano, en este caso, donde aún no se ha intervenido el espacio. Se sugiere aplicar medidas, programas de información pública, avisos publicitarios referidos al fenómeno actuante y programas de socialización.

6. Socializar, transferir y preparar a la población para planificar y ejecutar acciones de prevención, sustancialmente para sensibilizarlos en general, así como, a las comunidades vulnerables para armonizar el entorno.

Aunado a las sugerencias anteriores, también se ofrecen las medidas correctivas, también llamadas compensatorias, referidas a aquellas acciones precisas que se aplican con la finalidad de disminuir o eliminar el riesgo, sujetas a la toma de decisiones, planificación y actividades, orientadas a la reducción, eliminación de causas o daños, en este caso, que afectan a una determinada población o comunidad. Por tanto, de considerarse indispensable la aplicación del uso urbano en el área de expansión y extensiva al área ya intervenida, se sugiere cumplir las siguientes acciones correctivas:

1. Realizar labores de estabilización de laderas que contemple anclajes o elementos de contención afines en los desniveles pronunciados. Se sugiere aplicar las

siguientes medidas correctivas (muros anclados). De acuerdo a Gonzales (2002), los muros anclados son aquellos muros reforzados con anclajes para mejorar la resistencia al vuelco y al deslizamiento de la estructura.

2. En los taludes evitar cortes de bermas, realizar tratamientos a los sistemas de drenaje, revegetación, sostenimiento si es necesario, mallaje y gunitización en cortes de macizos rocosos fracturados, como es el caso de la Granodiorita del Carmen. Se entiende por gunitización el procedimiento en la ingeniería civil que consiste en: “cubrir de gunita (mortero de cemento, agua y árido de hasta 8mm) la superficie del talud, proyectando la mezcla neumáticamente a través de una manguera y una boquilla” (Gonzales *et al*; 2002: 47).

3. Repotenciar la canalización de los colectores de aguas de lluvia responsables de direccionar la esorrentía de los flujos superficiales provenientes de las precipitaciones, con el fin de evitar posibles daños en las estructuras y movimientos de masa. (Control de drenajes superficial y deforestación). Estos drenajes superficiales pueden ser mediados por cunetas dirigidas hacia los drenajes naturales, zonas con deformación permanente, pudiendo utilizar geomembranas o sacos de poliéster con suelos y cemento para revestir las cunetas.

4. Ampliación de alcantarillas para pasos de flujo.

5. Disminuir el escurrimiento o las aguas freáticas mediante subdrenes desde la zona inestable o cuerpo de la misma, dirigiéndose hacia los drenes naturales según sean las condiciones de sitio.

6. Sistemas de alcantarillados o cajones hidráulicos deberán ser reconstruidos en las zonas de rotura, dichos sistemas deben realizarse con materiales flexibles PVC

y cajas de revisión para controlar roturas parciales. La zanja del alcantarillado deberá servir como subdren hasta desaguar al pie del talud, siempre bajo la cota rasante de la troncal 007 y por el subdren del pie hacia el cabezal del alcantarillado.

7. En las zonas de cicatrices y cárcavas, observar y controlar los procesos de erosión que impliquen movimientos de masa, sobre todo en aquellas zonas de mucha alteración o zonas restringidas (zonas de bosques protectores o de desarrollo restringido).

8. Evitar el relleno o taponamiento de drenes y dimensionar muros de contención existentes, entendidos como las obras civiles realizadas excavando al pie del talud con elementos resistentes buscando proteger el terreno de erosión y dar un peso estabilizador al pie del talud. (Gonzáles *et al*; 2002).

9. Realizar una valoración físico-ambiental profunda que indique la factibilidad del uso urbano sin que ello signifique la alteración del ecosistema y fragilidad del medio que allí reside, a su vez valorar la vulnerabilidad del sector ante una probable crecida de la subcuenca Las Calaveras. Se sugiere la elaboración del mapa de amenaza del sector para la regulación del uso de tierras.

10. Realizar labores de canalización en zonas estratégicas de las subcuencas Las Calaveras y mantenimiento continuo a los diques de contención, torrenteras, cajones hidráulicos. Además, aplicar medidas para el control de inestabilidad de terrenos con medidas estructurales y no estructurales, tales como: canales superficiales para el control de escorrentía y subdrenes de zanja para drenajes secundarios que afecten la zona.

11. En principio, debe considerarse las acciones de prevención ante un posible aumento de la vulnerabilidad física por la realidad social del sector en cuanto a la apoderación anárquica de espacios no adecuados para vivienda, para ello debe aplicarse políticas de disuasión al uso urbano, se sugiere aplicar programas de información pública, negación de los servicios públicos, generación de avisos públicos alusivos a la inestabilidad imperante, negación de créditos y establecimiento de jornadas de concientización en escuelas sobre el conocimiento de las amenazas del sector donde viven.

12. De existir proyectos habitacionales en las subáreas expuestas se considera pertinente la relocalización del proyecto u obra en un lugar más adecuado, sugiriendo la medida relacionada al establecimiento de proyecto para realización de alternativas para traslado de sitio.

13. De considerarse necesario el uso urbano para construcción de viviendas debe tenerse en cuenta que la inversión para obras de mitigación a la inestabilidad será muy elevada, por lo que se sugiere cumplir las siguientes acciones: (a) Realizar labores de estabilización de taludes que contemple anclajes o elementos de contención afines en los desniveles topoTablas que así amerite, se sugiere aplicar las medidas relacionadas a muros anclados; (b) Garantizar la óptima canalización de la escorrentía de las aguas superficiales provenientes de las precipitaciones que se almacenan en pequeñas lagunas situadas en la cuenca alta, a fin de evitar posibles colapsos en las estructuras, por debilitamiento del suelo de fundación o acción del agua. Aplicar medidas a los canales superficiales para el control de escorrentía y subdrenes de zanja; (c) Realizar labores de estabilización de taludes que contemple la

aplicación de la bioingeniería en aquellas áreas inestables donde los procesos de remoción de masa sean superficiales o estructuras tipo muro de anclajes para procesos más profundos. Se sugiere aplicar en principio medidas tipo: biomantos, hidrosembado, geomallas con grama reforzada y/o cubiertas vivas. Para inestabilidades profundas es apropiado los muros anclados; (d) Realizar labores de estabilización de taludes que contemple muros de gaviones, anclajes o elementos de contención (de acuerdo a la litología) en los distintos desniveles topoTablas pronunciados. Se sugiere aplicar medidas correctivas tales como: muros de gaviones, muros de concreto, muros anclados.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se plantean las siguientes estrategias de medidas prospectivas y correctivas en cada área de afectación:

www.bdigital.ula.ve

Tabla 29. Estrategias por área de afectación

LAS CALAVERAS 01. Parque Misirén.

UBICACIÓN: Coordenadas: Este: 267423; Norte: 953002; Altitud: 1578m.



www.bdigital.ula.ve

OBSERVACIÓN - MEDIDA CORRECTIVA – PROSPECTIVA.

Cabañas cercanas al deslizamiento.

Daños al muro de piedra.

Afectación al dique de retención de sólidos.

Sedimentos al pie del deslizamiento.

Afectación a las cabañas por crecidas de subcuencas, nivel freático alto.

Intervención antrópica, se observa suelo areno arcilloso.

Fractura de las estructuras.

MEDIDAS:

Desarrollar un posible sistema de alerta temprana para monitorear los movimientos de masa detonados por lluvias extremas en la comunidad.

Generación de avisos públicos alusivos a la inestabilidad imperante.

Canalización de la quebrada.

Reconocimiento

PROPÓSITO:

Aplicar medidas estructurales. Realizar obras civiles para controlar los sedimentos y control de las aguas pluviales.
Estabilizar las laderas.
Conservación de los parques naturales y zonas con restricción de uso urbano

ORGANISMOS RESPONSABLES

Gobernación del estado Mérida
Ministerio de Obras Públicas.
Consejos comunales
Bomberos Mérida
Protección Civil
CIGIR
CISP
FONVIS
INDECI
CENEPRED

CONDICIONANTES: Roca muy alterada, procesos erosivos.

DESENCANDENANTES: Condiciones climáticas extremas (Lluvias torrenciales), Sismos.

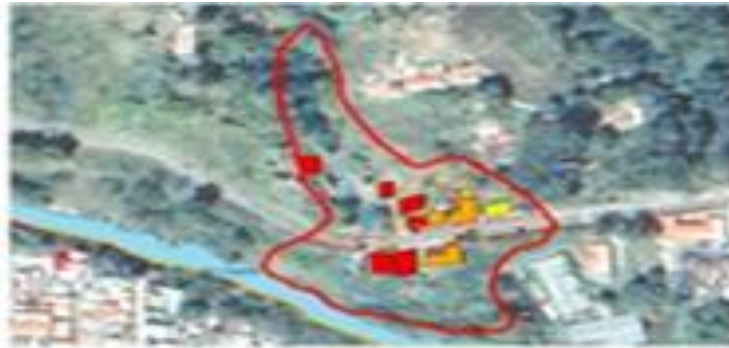
Fuente: Vera, M. (2023).

Reconocimiento

Tabla 29. (Continuación). Estrategias por área de afectación

LAS CALAVERAS 01(C-01). Parque Misirén.

UBICACIÓN: Coordenadas: Este: 267440; Norte: 953012; Altitud: 1578m



OBSERVACIÓN - MEDIDA CORRECTIVA - PROSPECTIVA.

Dique de contención obturado por sedimentos y materia vegetal.

Restos de árboles.

Proceso erosivo lateral.

MEDIDAS:

Regulaciones en el manejo de agua.

Control de drenajes superficial y deforestación.

PROPÓSITO:

Aplicar medidas estructurales.

Auto gestión de las comunidades para mitigar el impacto.

Reconocimiento

ORGANISMOS RESPONSABLES:

Gobernación del estado Mérida.

Ministerio de Obras Públicas.

Ministerio de Aguas y Eco-Socialismo.

Consejos comunales.

INPRADEM

Bomberos Mérida

Protección Civil

CIGIR

CISP

FONVIS

INDECI

CENEPRED

CONDICIONANTES: Procesos erosivos, pendientes elevadas, intervención al pie de la ladera

DESENCANDENANTES: Condiciones hidrometereológicas (Lluvias torrenciales), intervención antrópica

Fuente: Vera, M. (2023).

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

Tabla 30. Estrategias por área de afectación.

LAS CALAVERAS 01 (C-01). Vía Principal.

UBICACIÓN: Coordenadas: Este: 267445; Norte: 953024; Altitud: 1578m.



OBSERVACIÓN - MEDIDA CORRECTIVA – PROSPECTIVA.

Tanque de recepción de agua potable.

Quebrada con caudal mínimo

Base del tanque erosionado por el drenaje.

Subcuencas que se activan en periodos de lluvias.

MEDIDAS:

Disminuir el escurrimiento o las aguas freáticas mediante subredes.

Canales superficiales para el control de escorrentía.

PROPÓSITO:

Aplicar medidas estructurales

Auto gestión de las comunidades para mitigar el impacto.

ORGANISMOS RESPONSABLES:

Gobernación del estado

Mérida.

Ministerio de Obras Públicas.

Consejos comunales.

Ministerio de Aguas y Eco-socialismo.

Bomberos Mérida

Protección Civil

CIGIR

CISP

FONVIS

INDECI

CENEPRED

CONDICIONANTES: Roca muy alterada, procesos erosivos, saturación del suelo.

DESENCANDENANTES: Condiciones climáticas extremas (Lluvias torrenciales), Sismos.

Fuente: Vera, M. (2023).

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

Tabla 30. (Continuación). Estrategias por área de afectación

LAS CALAVERAS 01 (C-01). Vía Principal.

UBICACIÓN: Coordenadas: Este: 267450; Norte: 953015; Altitud: 1578m.



OBSERVACIÓN - MEDIDA CORRECTIVA – PROSPECTIVA.

Cajón hidráulico y torrentera en deterioro.

MEDIDAS:

Repotenciar la canalización de los colectores de aguas de lluvia responsables de direccionar la escorrentía de los flujos superficiales provenientes de las precipitaciones.

PROPÓSITO:

Medidas estructurales.

Auto gestión de las comunidades para mitigar el impacto.

Reconocimiento

ORGANISMOS RESPONSABLES:

Gobernación del estado

Mérida.

Ministerio de Obras Públicas.

Bomberos Mérida

Protección Civil

CIGIR

CISP

FONVIS

INDECI

CENEPRED

CONDICIONANTES: Condiciones geológicas y geomorfológicas.

DESENCANDENANTES: Lluvias torrenciales y Sismos.

Fuente: Vera, M. (2023).

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

Tabla 30. (Continuación). Estrategias por área de afectación

LAS CALAVERAS 01 (C-01). Vía principal.

UBICACIÓN: Coordenadas: Este: 267455; Norte: 953077; Altitud: 1578m.



www.bdigital.ula.ve

OBSERVACIÓN - MEDIDA CORRECTIVA – PROSPECTIVA.

Caída de rocas, taludes y laderas inclinadas. Estabilización por vegetación gramíneas y pastizales.

Controlar los procesos de erosión que impliquen movimientos de masa.

Se proponen cubiertas de protección adecuada.

Geomallas con grama reforzada.

PROPÓSITO:

Medidas estructurales.

Auto gestión de las comunidades para mitigar el impacto.

Reconocimiento

ORGANISMOS RESPONSABLES:

Gobernación del estado

Mérida.

Ministerio de Obras Públicas.

Consejos comunales.

Bomberos Mérida

Protección Civil

CIGIR

CISP

FONVIS

INDECI

CENEPRED

CONDICIONANTES: Roca muy alterada, procesos erosivos.

DESENCANDENANTES: Lluvias y Sismos.

Fuente: Vera, M. (2023).

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

Tabla 30. (Continuación). Estrategias por área de afectación

LAS CALAVERAS 01 (C-01). Vía principal.

UBICACIÓN: Coordenadas: Norte: 953188. Este: 267561; Altitud: 1579m.



OBSERVACIÓN - MEDIDA CORRECTIVA – PROSPECTIVA.

Empuje hidráulico, saturación de los suelos.

Deformación del muro de contención.

Deformación lateral de la obra de mitigación.

MEDIDAS:

Reacondicionamiento de la obra estructural existente.

PROPÓSITO:

Medidas estructurales.

Auto gestión de las comunidades para mitigar el impacto.

Reconocimiento

ORGANISMOS RESPONSABLES:

Gobernación del estado Mérida.

Ministerio de Obras
Públicas.

Consejos comunales

Bomberos Mérida

Protección Civil

CIGIR

CISP

FONVIS

CENEPRED

CONDICIONANTES: Procesos geológicos, intervención antrópica.

DESENCANDENANTES: Condiciones climáticas extremas, Sismos.

Fuente: Vera, M. (2023).

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

Tabla 31. Estrategias por área de afectación

LAS CALAVERAS 02 (C-02).

UBICACIÓN: Coordenadas: Este: 267631; Norte: 953224; Altitud: 1572m.



OBSERVACIÓN - MEDIDA CORRECTIVA – PROSPECTIVA.

Afectación de diques de contención.

Falta de mantenimiento preventivo.

Cauces cubiertos de maleza.

Edificaciones en dirección al flujo.

MEDIDAS:

Canalización de la escorrentía de las aguas superficiales provenientes de las precipitaciones que se almacenas en pequeñas lagunas situadas en la cuenca alta, a fines de evitar posibles colapsos de las estructuras.

Subdredes de zanja.

Aliviar la escorrentía mediante subdrenes que se dirijan al colector principal, rio Chama.

PROPÓSITO:

Medidas estructurales.

Auto gestión de las comunidades para mitigar el impacto.

Reconocimiento

ORGANISMOS RESPONSABLES:

Gobernación del estado Mérida.

Ministerio de Obras

Públicas.

Consejos comunales.

Bomberos Mérida

Protección Civil

CIGIR

CISP

FONVIS

INDECI

CENEPRED

CONDICIONANTES: Roca muy alterada, procesos erosivos, saturación del suelo.

DESENCANDENANTES: Lluvias torrenciales y eventos Sísmicos.

Fuente: Vera, M. (2023).

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

Tabla 32. Estrategias por área de afectación

LAS CALAVERAS 03 (C-03).

UBICACIÓN: Coordenadas: Este: 267731; Norte: 953424; Altitud: 1570m.



OBSERVACIÓN - MEDIDA CORRECTIVA – PROSPECTIVA.

Fracturamiento de la roca, control estructural, daños a la obra de mitigación.

Deformación en torreñtera y cajón hidráulico.

Presencia de maleza.

Falta de mantenimiento preventivo del cauce.

Muro de gaviones con drenaje y cubierto de vegetación.

PROPÓSITO:

Regular las medidas estructurales ya establecidas

Auto gestión de las comunidades para mitigar el impacto.

Reconocimiento

ORGANISMOS RESPONSABLES:

Gobernación del estado

Mérida.

Ministerio de Obras

Públicas.

Consejos comunales.

Bomberos Mérida

Protección Civil

CIGIR

CISP

FONVIS

INDECI

CENEPRED

CONDICIONANTES: Condiciones geológicas geotécnicas, intervención antrópica y saturación del suelo.

DESENCANDENANTES: Lluvias torrenciales y Sismos.

Fuente: Vera, M. (2023).

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

Tabla 33. Estrategias por área de afectación

LAS CALAVERAS 04 (C-04).

UBICACIÓN: Coordenadas: Este: 267750; Norte: 953477; Altitud: 1558m.



OBSERVACIÓN - MEDIDA CORRECTIVA – PROSPECTIVA.

Presencia de cajón hidráulico cubierto de vegetación.

Socavamiento en base de la edificación bifamiliar.

MEDIDAS:

Desalojo total y demolición de la edificación en riesgo crítico.

Observar y controlar los procesos de erosión que impliquen movimientos de masa.

Siembra de plantas trepadoras

PROPÓSITO:

Medidas estructurales.

Autogestión de las comunidades para mitigar el impacto.

Promover proyectos para plantear alternativas de traslado de sitio.

ORGANISMOS RESPONSABLES:

Gobernación del estado

Mérida.

Ministerio de ObrasPúblicas.

Consejos comunales.

Bomberos Mérida

Protección Civil

CIGIR

CISP

FONVIS

INDECI

CENEPRED

CONDICIONANTES: Condición geológica, saturación del suelo, intervención antrópica.**DESENCANDENANTES:** Lluvias torrenciales y Sismos.

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

Tabla 34. Estrategias por área de afectación

LAS CALAVERAS 05 (C-05).

UBICACIÓN: Coordenadas: Este: 267815; Norte: 953509; Altitud: 1561m.



OBSERVACIÓN - MEDIDA CORRECTIVA – PROSPECTIVA.

Canal de escorrentía con dimensiones restringidas para la circulación de agua en épocas de lluvia.

Viviendas construidas en el cauce fluvial.

MEDIDAS

Descarga de aguas fluviales superficiales para el control de escorrentía.

Planificación de jornadas de concientización en escuelas sobre el conocimiento de amenazas del sector donde viven.

Muro de gaviones.

Dimensionar el canal de cauce.

Control de aguas servidas en edificaciones cercanas a los canales de mantenimiento de quebradas y cunetas.

Establecimiento de Proyecto comunal.

PROPÓSITO:

Medidas estructurales. Ampliación de los canales de escorrentía.

Auto gestión de las comunidades para mitigar el impacto.

Reconocimiento

ORGANISMOS RESPONSABLES:

Gobernación del estado Mérida.

Ministerio de Obras
Públicas.

Consejos comunales.

Bomberos Mérida

Protección Civil

CIGIR

CISP

FONVIS

INDECI

CENEPRED

CONDICIONANTES: Roca muy alterada, construcciones en la misma dirección del flujo, procesos geomorfológicos.

DESENCANDENANTES: Lluvias torrenciales, Sismos, intervención antrópica.

Fuente: Vera, M. (2023).

www.bdigital.ula.ve

Reconocimiento

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El trabajo de investigación realizado en el sector Las Calaveras, municipio Santos Marquina del estado Mérida, tuvo como objetivo principal proponer estrategias de gestión de riesgos socionaturales, tanto prospectivas, correctivas o compensatorias ante los inesperados eventos naturales que han ocurrido y pueden volver a suscitarse en dicha localidad. Para ello, se consideraron los elementos expuestos, según la tipificación de construcción, características viales, presencia de líneas vitales y conducciones. Se elaboró un inventario de veintitrés (23) puntos y/o zonas críticas tomando en cuenta las edificaciones cercanas al cauce que se encuentran en dirección al flujo y estructuras que pueden ser afectadas por los movimientos de masa y acción de los cursos de agua.

Se observaron tanto en campo como en el análisis de imágenes satelitales la presencia de procesos geomorfológicos, que eventualmente ponen en riesgo al sector Las Calaveras, detonados por fenómenos hidrológicos y por la presencia de una litología descompuesta proveniente de la Granodiorita del Carmen que forma parte de la fila El Escorial.

Las Calaveras C-02 y Las Calaveras C-05, correspondiendo a los puntos más críticos dentro de la comunidad, de acuerdo a rangos de pendiente y unidades geomorfológicas presentes. Los cálculos realizados en los sistemas de información

geográfica, las subcuencas C-02, proyectaron un área de 40626 m² y Las Calaveras 05 un área de 32166 m², siendo estos los sitios más críticos donde probablemente se registren más afectaciones ante eventos extremos, mientras que las C-01, C-03 y C-04 pueden tener menores áreas de afectación.

Los asentamientos poblacionales generalmente, se encuentran en pendientes que superan los 27°, moderadamente inclinado a inclinado. Se obtuvo que las pendientes más abruptas estén en las subcuencas C-02 y C-05, presentando una mayor altitud y pendientes que superan los 30° y una canalización del cauce muy marcada.

De igual forma, se sondeó la población en estudio por medio de las visitas a campo y uso de los sistemas de información geográfica, para identificar 439 unidades de elementos expuestos en su totalidad para cada sector o comunidad. Evidenciándose en las subcuencas, Las Calaveras 01 (C-01), elementos que mayormente están expuestos, tales como: las líneas vitales de la vía principal (comunica el estado Mérida con el estado Barinas u otras poblaciones aledañas) con doscientos cuarenta y dos (242) metros de longitud, once (11) edificaciones expuestas a la amenaza latente, concernientes a los movimientos de masa que se originan en las vertientes.

En cuanto a Las Calaveras 02 (C-02), se prevé un aumento del asentamiento poblacional con la presencia de veintisiete (27) edificaciones en un área de 40626 m² y mayor prolongación de vías secundarias. Esta subcuenca fue escenario de riesgo por evento ocurrido en los años 2006 y 2010; mientras en Las Calaveras 03 (C-03) se obtuvo un área de 18233 m², observándose que los asentamientos poblacionales se

extienden hacia las partes alta de las laderas o donde la pendiente es moderadamente inclinada, con dieciséis (16) edificaciones identificadas.

Por otra parte, Las Calaveras 04 (C-04) marcan una extensión de 22423 m², con catorce (14) edificaciones que se encuentran hacia las zonas de baja pendiente, en el que se pudo observar edificaciones bifamiliares acopladas a otras edificaciones vecinas, igualmente, presencia de comercios con la prolongación de una vía principal, u otras vías alternas o secundarias. En tanto que Las Calaveras 05 (C-05) abarcan un área de 32166m², existen cincuenta y seis (56) edificaciones expuestas al riesgo, con una mayor relación porcentual en cuanto a postes eléctricos, con un tendido eléctrico de 362 m.

En líneas generales, la vulnerabilidad física fue valorada mediante análisis de campo, condiciones de la infraestructura y tipo de edificación. El instrumento usado fue de tipo cualitativo, seleccionándose una muestra de ciento veinticuatro (124) edificaciones. Cada nivel, se ponderó a criterio propio, donde se planteó que a mayor puntaje mayor es su vulnerabilidad física, fundamentada en la escogencia de escala que varían del 1 al 5. Es importante señalar, que luego de los eventos ocurridos la mayoría de estas edificaciones han sido remodeladas en su misma ubicación, motivo por el cual, el sector muestra vulnerabilidad física alta a moderada dependiendo de las cercanías con el canal principal de cada una de las subcuencas.

En el mismo contexto, la vulnerabilidad física para C-01 y C-02 según los eventos ocurridos, permitió determinar que las edificaciones presentan un alto nivel de vulnerabilidad física, puesto que sus características propias aumentan la posibilidad de daños, pérdidas humanas y materiales en caso de repetirse

repentinamente un evento hidrogeomorfológicos relevante. Por lo tanto, la estimación de los escenarios de afectación, indica que las edificaciones se encuentran construidas en dirección al flujo, presentando de muy alta a alta vulnerabilidad física, conllevando a la afectación de las poblaciones de viviendas unifamiliares y bifamiliares.

En este caso, las estrategias de gestión de riesgos siconaturales que deben aplicarse en la comunidad Las Calaveras es a nivel local, por lo tanto, es un proceso principalmente de participación activa de la comunidad, coordinado con actores externos de apoyo técnico a nivel gubernamental, instituciones públicas y demás organismos competentes en esta área, así como, organismos de cooperación internacional.

En cuanto a las medidas prospectivas para minimizar las condiciones de vulnerabilidad física a que están expuestos, van desde la aplicación de los programas educativos, ordenamiento del territorio e implementación y cumplimiento de políticas públicas. Estas medidas deben aplicarse en caso de nuevos asentamientos poblacionales, tanto en áreas donde el uso del suelo sea restringido o en áreas de protección especial donde aún no se ha emplazado la población.

Adicionalmente, las medidas prospectivas a emplearse deben estar en correspondencia con el desarrollo del sistema de alerta temprana para monitorear los movimientos de masa detonados por lluvias extremas en la comunidad Las Calaveras. De hecho, el sector Las Calaveras amerita medidas de mitigación o correctivas referidas a los movimientos de masa, clasificadas según su función: (a) aquellas que tienen como fin reducir las fuerzas desestabilizadoras que actúan sobre un talud y (b)

las que cuyo objetivo es incrementar las fuerzas resistentes al movimiento como manera de estabilización.

Ante todo, se deben reforzar y mejorar las obras que ya están construidas pero caducadas, además de realizar labores de estabilización de laderas que contemplen elementos de contención, previa determinación de la roca sana, ya que el material que conforman las laderas está muy fracturado y/o meteorizado (Granodiorita de El Carmen). Los drenajes superficiales pueden ser mediados por cunetas dirigidas hacia los drenajes naturales, posteriores mantenimientos de estos canales para evitar su obstrucción, debido a que ciertas zonas estratégicas de la subcuenca Las Calaveras amerita de labores de canalización y mantenimiento continuo a diques de contención, torrenteras y cajones hidráulicos, además, de aplicar las regulaciones en el manejo del agua.

www.bdigital.ula.ve

Recomendaciones

Suspender los programas de urbanización y expansión en zonas ponderadas con alta vulnerabilidad física.

Efectuar estudios socioeconómicos y de vulnerabilidad social para determinar las posibilidades y necesidades de la población.

Proponer estudios previos en las obras de infraestructura que se pretendan construir, referido al impacto, estabilidad de los deslizamientos localizados, particularmente si las obras implican la excavación de la masa deslizada.

Reconocimiento

Realizar campañas de investigación geotécnicas que permitan definir los espesores reales de las zonas con intensidad en fenómenos de movimientos de masa y/o coluviones.

Analizar la estabilidad en varios perfiles típicos, para aplicar tratamientos eficaces de estabilización.

Monitorear las redes hidrológicas y erosión hídrica de forma permanente, específicamente en las subcuencas C-02 y C-05, debido a que son las subcuencas más propensas a causar pérdidas humanas y materiales.

Aplicar las ordenanzas vigentes sobre el uso del suelo.

Realizar trabajos de conexión comunitaria, programas y ejecución de trabajos de prevención, mitigación y acción reactiva.

Evitar el relleno o taponamiento de los drenajes mediante un mantenimiento preventivo, dimensionando los muros de contención.

REFERENCIAS

- Aldana, J.; Rojas, G. y Carrillo, R. (2014). *Estudio de susceptibilidad de riesgo en el sector Las Calaveras, Municipio Santos Marquina, estado Mérida*. Trabajo final de grado. Universidad Politécnica Territorial del Estado Mérida.
- Aneas de Castro, S. (2000). *Riesgos y peligros: una visión desde la geografía*. Script Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la investigación científica*. (6° Ed.). Caracas, Venezuela: Episteme C.A.
- Arias, S y Peñaloza M (2013). *Muestreo. Un enfoque ilustrado para investigar*. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.
- Ayala, R. y Requena, J. (2011). *Estabilidad relativa de taludes en el “Batolito de El Carmen” en un segmento de la carretera Mérida-Tabay, estado Mérida-Venezuela*. Revista Geográfica Venezolana. (2).3. P.87-119.
- Ayala-Carcedo, F. y Olcina, J. (2002). *Riesgos naturales*. Ariel Ciencia. Barcelona, España.
- Centro de Prevención de Desastres de México. CENAPRED (2004). Disponible: <https://www.gob.mx/cenapred>. [Consulta: 2021, enero 9].
- Cifuentes, D. (2011). *Modelación de vulnerabilidad física de estructuras de uno y dos pisos asociada a deslizamientos*. Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. CEPAL. (2002). *Vulnerabilidad sociodemográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas*. Síntesis y conclusiones. Brasilia.
- Comité Internacional para el Desarrollo de los Pueblos (CISP), Centro Di Intervento Per La Cooperazione (CRIC) y Terra Nuova (TN), (2005). *Orientación para la Prevención y Atención de Desastres: Como Incorporar la Gestión de Riesgo en la Planificación Territorial, Cómo Formular Planes de Emergencia y Operaciones de Respuesta, Cómo Comunicar en Emergencias*. Portoviejo, Ecuador.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2000). *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela*, 5453. (Extraordinario). Marzo 24, 2000.

- Corominas, J., Remondo, J., Farías, P., Estevao, M., Díaz, J., Dikau, R., Moya, J., y González, A. 1996. *Debris flow*. En: Dikau, R., Brundsen, D., Schrott, L., y Ibsen, M.L., (Eds). *Landslide recognition. Identification, movement and causes*. 161 - 187. John Wiley & Sons. Chichester. New Cork. Brisbane. Toronto. Singapore. COSTA, J.E. 1984. *Physical geomorphology*.
- Corporación de los Andes. CORPOANDES, (1999). *Plan de desarrollo integral. Municipio Santos Marquina*. Tomo I y II. Informe Técnico. Mérida. Venezuela.
- Corporación de los Andes. CORPOANDES, (2000). *Estudio integral de la cuenca Chama. Capazón*, Proyecto DC-70. OO2.
- Corral Y; Notas, N; Maldonado, C y Brito, N. (2012). *Algunos tópicos y normas generales aplicables a la elaboración de proyectos y trabajos de grado y de ascenso*. Caracas. Venezuela: FEDUPEL.
- Costa, J.E. (1984). *Physical geomorphology of debris flows*. En: J.E Costa y R.J. Fleisher (eds.). *Development and Applications of Geomorphology*. 268 - 317. Springer - Nerlag. Berlin
- Delgadillo, (2014). *Evaluación de las amenazas por crecidas del río Mocotíes en Tovar y Santa Cruz de Mora, con especial énfasis en el evento hidrometeorológico de febrero de 2005*. Trabajo presentado como requisito para optar al Título de Magíster Scientiae en Manejo de cuencas. Mérida- Venezuela
- Du, y. Nadim, (2013). *Quantitative vulnerability estimation for individual landslides*. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. París.
- Duran, M; Silva, G. (2017). *Análisis de los controles geomorfológicos en la microcuenca del río Aracay, para generar una zonificación preliminar de amenaza hidrogeomorfológicas, Municipio Cardenal Quintero, estado Mérida, Venezuela*. Trabajo especial de Grado. Mérida. Facultad De Ingeniería. Universidad De Los Andes.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. EIRD. (2004). *Living with Risk*. ONU. Disponible: <https://www.eird.org/esp/acerca-eird/marco-acción-esp.htm>. [Consulta: 2018, enero 9].
- Ferrer, C. (1980). *Percepción ambiental en un área de riesgos naturales múltiples*. Convención nacional de ASOVAC. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela
- Ferrer, C. (1981). *Contribución de la geomorfología a la detección de áreas de riesgos en centros urbanos; caso de la ciudad de Mérida-Venezuela*.

- Giordani C; Leone D, (S/f). *Estructuras. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad regional Rosario. Departamento de Ingeniería Civil.*
- González de Juana, C.; Iturralde de Arozena, J. y Pcard, X. (1980). *Geología de Venezuela y de sus cuencas petrolíferas*. Editorial: Foninves. 2do tomo. Caracas-Venezuela.
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Otero, C., (2002). *Ingeniería geológica. Pearson Educación, S.A. Madrid.*
- Hernández, Fernández, Baptista, (2010). *Metodología de la investigación*. México. Mc Graw- Hill.
- Horcajada, T., Simancas. M. y Dorta, P. (2000). *La constatación y la validación de los mapas de riesgo de avenidas en pequeñas cuencas hidrográficas mediante sistemas de información geográfica*. Propuesta metodológica y aplicación a la ordenación del territorio. Boletín de la A.G.E. 30:135 -154.
- Hurtado de Barrera, J. (2010). *La Comprensión Holística de la Ciencia*. Tercera Edición. Caracas. Venezuela: Fundación Sygal.
- Instituto de Protección Civil y Administración de Desastres del estado Mérida. IMPRADEM (2013)
- Instituto Nacional de Defensa Civil de Perú. INDECI. (2011). *Compendio estadístico de prevención y atención de desastres*. Instituto Nacional de Defensa Civil de Perú.
- Instituto Nacional de Geología y Minería. INGEOMIN. (2006). *Mapa de susceptibilidad ante movimientos en masa de la quebrada Las Calaveras municipio Santos Marquina estado Mérida*. Mérida, Venezuela.
- Instituto Nacional de Geología y Minería. INGEOMIN. (2010). *Plan Nacional de susceptibilidad ante movimientos de masa en la región Andina Costera*. Estudio de susceptibilidad ante movimiento en masa del Municipio Santos Marquina, Mérida, Venezuela.
- Ley de Aguas. (2007). *Gaceta Oficial N° 38.595*. 2 de enero.
- Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos. (2009). *Gaceta Oficial N° 39.095*. 9 de enero.
- Ley de Meteorología e Hidrología Nacional. (2006). *Gaceta Oficial N° 5.833*. 22 de diciembre.
- Ley Orgánica del Ambiente. (2006). *Gaceta Oficial N° 5833*. 22 de diciembre.

- Medina (2012). *La estabilidad geológica en el diagnóstico físico natural como base para los planes de ordenamiento urbanístico y territorial*. Trabajo especial de grado. Postgrado de Maestría de ordenamiento territorial y ambiente. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.
- Ministerio de Desarrollo Urbano del estado Mérida (MINDUR). (2002) *Ordenanza de Zonificación*. Depósito Legal Nro. 79-0151. Extraordinaria Nro.58 Año III. Mérida. Venezuela.
- Ministerio de Minas de Colombia. MINMINAS (2015). *Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa*. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá. Colombia.
- Ministerio del poder popular para la educación universitaria. (2012). *Guía de Instrumento para la evaluación de riesgo del Ministerio del poder popular para la Educación Universitaria*. Caracas. Venezuela.
- Montián, (2017). *Análisis y evaluación del escenario de riesgo por movimientos en masa en la localidad de Rafael Uribe, Bogotá D.C.* Universidad católica de Manizales facultad de ingenierías y arquitectura especialización en prevención, atención y reducción de desastres Bogotá D.C.
- Mora R y Camacho R, (2012). *Escenarios de riesgo por movimientos de masa en la cuenca de la quebrada La Culebra, municipio Guanta del estado Anzoátegui*. Trabajo Especial de Grado. Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela.
- Padrón, C. (2015). *Propuesta metodológica para el análisis de vulnerabilidad física ante movimientos en masa. Caso estudio: asentamientos urbanos populares de la Carretera Vieja Caracas-La Guaira*. Trabajo de Grado. Facultad de Humanidades y Educación. Universidad Central de Venezuela. Caracas. Venezuela.
- Pelakais, C; Finol, M; Neuman, N; Carrasquero, E; García, J y Leal, M. (2012). *El ABC de la Investigación. Un Encuentro con la Ciencia*. Maracaibo. Venezuela: Astro. Data.
- Peña, J (2017). *Susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa en las microcuencas Las Calaveras del municipio Santos Marquina estado Mérida*. Universidad de los Andes. Escuela de Geografía. Trabajo Especial de Grado. Mérida – Venezuela.
- Predes (2008). *Centro de estudios y prevención de desastres*. Boletín. <https://predes.org.pe/>. [Consulta: 2022, agosto 6].
- Proyecto Multinacional Andino (PMA- GCA). Geociencia para las comunidades Andinas (2007). *Movimientos en masa en la región Andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Publicación Geológica Multinacional No 4.432.

- Requena, R. (2008). *Determinación de los niveles de estabilidad relativa en la carretera Trasandina tramo (Mérida-Tabay), estado Mérida*. Trabajo especial de grado. Universidad de los Andes. Mérida. Venezuela.
- Servicio Geológico Colombiano. SGC. (2005). *Geología de la sabana de Bogotá, Servicio Geológico Colombiano*, Bogotá D.C.
- Silva, J. (2014). *Metodología de la Investigación*. Elementos Básicos. Venezuela: CO-BO.
- Suárez, M y Mujica, D. (2011). *Investigación y proyectos Educativos*. 2da Edición. Caracas: Corporación MARCA. C.A.
- Tazzo, M. (2008). *Elementos petrogenéticos de la granodiorita de El Carmen sector capilla del Carmen y Cacute, noreste de la ciudad de Mérida*. Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Geológica, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Trujillo, D. (2009). *Investigación Cualitativa*. Modelos y Métodos. México: Pax.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres-Colombia, «Portal de emergencias,» Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de desastres, 3 04 2012. [En línea]. Available: <http://www.sigpad.gov.co/sigpad/emergencias.aspx>. [Último acceso: 23 09 2019].
- Varnes, D. (1984). *Landslides hazards zonation: a review of principles and practice*. Natural Hazards 3 UNESCO. 61p.
- Varnes, D. (1984). Slope Movement: Types and Proceses. In Schuster y Krizek, 1978: *Landslides: Analysis and Control. Special report 176*. Transportation
- Veliz, L. (2001). *Amenazas y riesgos por inundaciones en el valle del Chama del Municipio Santos Marquina. Escuela de Geografía*. Trabajo especial de grado. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela.
- Yépez, (2019). *Plan de gestión de riesgos ante movimientos en masa. Caso estudio troncal 007. Tramo comprendido entre las Gonzáles- Estanques, Mérida- Venezuela*. Trabajo especial de grado. Universidad de los Andes.