

**SENSIBILIDAD AMBIENTAL ANTE PROCESOS
HIDROGEOMORFOLÓGICOS: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA.
CASO DE ESTUDIO POBLACIÓN DE MUCURUBÁ, MUNICIPIO
RANGEL, ESTADO MÉRIDA – VENEZUELA.**

Autor:

Ing. Katherin Carolina Montilva Mora

www.bdigital.ula.ve

**Trabajo de Grado para optar al título de Magister Scientiae en Gestión de Recursos
Naturales Renovables y Medio Ambiente (con énfasis en Estudio de Impacto Ambiental)**

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN
AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA, VENEZUELA
OCTUBRE 2024**

Reconocimiento

**SENSIBILIDAD AMBIENTAL ANTE PROCESOS
HIDROGEOMORFOLÓGICOS: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA.
CASO DE ESTUDIO POBLACIÓN DE MUCURUBÁ, MUNICIPIO
RANGEL, ESTADO MÉRIDA – VENEZUELA.**

Autor:

Ing. Katherin Carolina Montilva Mora

**Trabajo de Grado para optar al título de Magister Scientiae en Gestión de Recursos
Naturales Renovables y Medio Ambiente (con énfasis en Estudio de Impacto Ambiental)**

www.bdigital.ula.ve

Tutor:

Prof. Kretheis Márquez B.

Cotutor:

Prof. Esneira Quiñonez

**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN
AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA, VENEZUELA
OCTUBRE 2024**

iii

Reconocimiento

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	ix
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABLAS	xv
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Introducción	15
1.2 Planteamiento del problema	16
1.3 Justificación.	17
1.4 Objetivos de la Investigación	18
1.4.1 Objetivo General	19
1.4.2 Objetivos Específicos	19
1.5 Alcances	19
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes de la Investigación	21
2.1.1 Ámbito Internacional	21
2.1.2 Ámbito Nacional y Regional	21
2.1.3 Ámbito Local	24
2.2 Marco Legal	24
2.2.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)	24
2.2.2 Ley orgánica del ambiente (2006)	25
2.2.3 Ley orgánica para la ordenación del territorio (1983), derogada con la Ley orgánica para la planificación y gestión de la ordenación del territorio (2007)	25
2.2.4 Ley orgánica de Seguridad Nacional (2014)	26
2.2.5 Ley de gestión integral de riesgos socio-naturales y tecnológicos (L.G.I.R.S.T) (2009)	26
2.3 Bases conceptuales	26
2.3.1 Movimiento en Masa	26
2.3.2 Tipos de movimientos en masa	27
2.3.3 Factores condicionantes de los movimientos en masa	28
2.3.4 Factores desencadenantes de los movimientos en masa.	29
2.3.5 Procesos hidrogeomorfológicos	29

2.3.6 Amenaza.....	30
2.3.7 Vulnerabilidad.....	30
2.3.8 Riesgo socionatural.....	30
2.3.9 Gestión integral del riesgo.....	30
2.3.10 Sensibilidad ambiental.....	31
2.3.11 Líneas Vitales.....	32
CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1 Descripción de las Etapas Trabajo.....	37
3.1.1 Etapa 1. Revisión documental y cartográfica.....	37
3.1.2. Etapa 2. Procesamientos de las variables físico – naturales y socio – espaciales.....	40
3.1.3 Etapa 3. Diseño de la ecuación propuesta para la zonificación de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos.....	49
3.1.4 Etapa 4. Conclusiones y Recomendaciones.....	50
CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.1 Definición de las variables físico - naturales y socio - espaciales que influyen en la sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos dentro del área de interés.....	51
4.1.1 Factores geodinámicos.....	51
4.1.2 Factores sociales.....	68
4.1.3 Factores espaciales.....	72
4.1.4 Factores económicos.....	79
4.1.5 Factores institucionales.....	81
4.2. Establecimiento de los niveles de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos y reclasificación de cada variable.....	84
4.2.1 Sensibilidad hidrogeomorfológica de los factores geodinámicos.....	84
4.2.2 Sensibilidad hidrogeomorfológica de los factores sociales.....	91
4.2.3 Sensibilidad hidrogeomorfológica de los factores espaciales.....	93
4.2.4 Sensibilidad hidrogeomorfológica de los factores económicos.....	96
4.2.5 Sensibilidad hidrogeomorfológica de los factores institucionales.....	97
4.3.Ponderación de los factores a través de las matrices de comparación.....	99
4.4. Diseño de la ecuación propuesta para la zonificación de sensibilidad hidrogeomorfológica.....	101
4.5.Mapa de zonificación de la sensibilidad hidrogeomorfológica de la población de Mucuruba.....	102
CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	105
5.1. Conclusiones.....	105

5.2. Recomendaciones	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
APÉNDICES.....	113
APÉNDICE A. Instrumento de consulta aplicada a los especialistas para la determinación del peso de los factores para el análisis de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos.	115
APÉNDICE B. Instrumento de consulta aplicado a las personas en la población de Mucurubá, con la finalidad de conocer el nivel de percepción del riesgo que tienen en relación a los desastres naturales, específicamente a los procesos hidrogeomorfológicos.	119
APÉNDICE C. Cálculo de los pesos correspondientes para cada variable de cada factor considerado para la determinación de la sensibilidad hidrogeomorfológica.	121

www.bdigital.ula.ve

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Árbol de problemas planteado en la investigación.....	18
Figura 1.2. Árbol de objetivos planteado en la investigación.	20
Figura 3.1 Esquema Metodológico de la investigación.	38
Figura 3.2 Clasificación de las variables de estudio.	39
Figura 3.3 Ubicación relativa del área caso de estudio, correspondiente a la población de Mucurubá, munición Rangel, estado Mérida. Venezuela.	41
Figura 4.1 Análisis Fotogeológico de la triplete 140, 141 y 142 de la misión 010493 del año 1998 (Modificado de la escala original).	52
Figura 4.2 Mapa geológico de la zona de interés.	53
Figura 4.2 Distribución de la unidades litológicas dentro del área de estudio.	54
Figura 4.4 Niveles de susceptibilidad en relación a los rangos de pendientes propuestos por Suarez (1998).....	55
Figura 4.5 Mapa de pendiente de la zona de interés.	56
Figura 4.6 Distribución de la unidades de vegetación y usos de la tierra dentro del área de estudio. ..	58
Figura 4.7 Mapa de vegetación y usos de la tierra de la zona de interés.....	59
Figura 4.8 Deslizamiento rotacional de gran tamaño sin presencia de masa deslizada. No se encuentra activo.....	59
Figura 4.9 Procesos como este se observan repetitivamente en las vertientes más cercanas a la población de Mucurubá, con pendientes moderadas.....	60
Figura 4.10 Mapa de procesos y unidades geomorfológicas de la zona de interés.....	61
Figura 4.11 Distribución de la unidades y procesos geomorfológicos.	62
Figura 4.12 Unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio.	63
Figura 4.13 Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa el área de estudio.	64
Figura 4.14. Isoyetas de la tormenta del 26-06-93 con duración de 15 horas.	67
Figura 4.15. Resultados de la consulta realizada a la población de Mucurubá, relacionada a la percepción del riesgo.	69
Figura 4.16. Proyecciones de la población de la parroquia Mucurubá, desde 2000-2050.	70
Figura 4.17. Imagen panorámica donde se puede observar la concentración de la población de la parroquia Mucurubá.....	71
Figura 4.18. Mapa de concentración de la población.....	72

Figura 4.19. Mapa de edificaciones singulares.....	73
Figura 4.20. Mapa de vialidad.....	75
Figura 4.21. Mapa sistema de telecomunicaciones y estaciones de combustible.....	77
Figura 4.22. Sistemas de abastecimiento de agua de la población de la parroquia Mucurubá.....	78
Figura 4.23. Sistemas de aguas servidas de la parroquia Mucurubá.....	78
Figura 4.24. Siembras de maíz en la parroquia de Mucurubá.....	80
Figura 4.25. Zonas con vegetación gramínea, con presencia de ganado vacuno en la parroquia de Mucurubá.....	81
Figura 4.26. Mapa de capacidad médico asistencial.....	84
Figura 4.27. Distribución de la sensibilidad por geología en el área de estudio.....	85
Figura 4.28. Mapa de sensibilidad por geología.....	85
Figura 4.29. Distribución de la sensibilidad por pendiente en el área de estudio.....	87
Figura 4.30. Mapa de sensibilidad por pendiente.....	87
Figura 4.31. Distribución de la sensibilidad por vegetación y usos de la tierra en el área de estudio.....	88
Figura 4.32. Mapa de sensibilidad por vegetación y usos de la tierra.....	89
Figura 4.33. Distribución de la sensibilidad por procesos y unidades geomorfológicas en el área de estudio.....	90
Figura 4.34. Mapa de sensibilidad por procesos y unidades geomorfológicas.....	90
Figura 4.35. Mapa de sensibilidad por precipitación.....	91
Figura 4.36. Mapa de sensibilidad por percepción del riesgo.....	92
Figura 4.37. Mapa de sensibilidad por concentración poblacional.....	93
Figura 4.38. Mapa de sensibilidad por ubicación de las edificaciones singulares.....	94
Figura 4.39. Distribución de la sensibilidad por líneas vitales.....	95
Figura 4.40. Mapa de sensibilidad por ubicación de las líneas vitales.....	96
Figura 4.41. Distribución de la sensibilidad por actividades productivas.....	97
Figura 4.42. Mapa de sensibilidad por ubicación de las actividades productivas.....	98
Figura 4.43. Mapa de sensibilidad por capacidad de respuesta y equipamiento y por capacitación médico asistencial.....	99
Figura 4.44. Mapa de sensibilidad por capacitación de los funcionarios.....	100
Figura 4.45. Orden de importancia de los factores de la sensibilidad hidrogeomorfológica.....	102
Figura 4.46. Distribución de la sensibilidad hidrogeomorfológica del área de estudio.....	103
Figura 4.47. Mapa de sensibilidad hidrogeomorfológica de la población de Mucurubá.....	104

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Factores condicionantes de los movimientos en masa y sus grados de incertidumbre.	29
Tabla 3.1. Niveles de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos y respectiva reclasificación.	43
Tabla 3.2. Niveles de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos.....	46
Tabla 3.3. Matriz de comparación de cada una de las variables consideradas.	47
Tabla 4.1 Distribución porcentual de la unidades litológicas.....	54
Tabla 4.2. Descripción y distribución porcentual de las unidades de vegetación y usos de la tierra. ...	57
Tabla 4.3. Descripción y distribución porcentual de los procesos y unidades geomorfológicas.	61
Tabla 4.4. Descripción de los niveles de susceptibilidad a movimientos en masa el área de estudio... 64	
Tabla 4.5. Pesos de los diferentes valores de precipitación para la evaluación de amenazas a procesos hidrogeomorfológicos.	66
Tabla 4.6. Precipitaciones horarias de la tormenta del 26-06-93, desde las 0:00 hasta las 15:00 horas.	66
Tabla 4.7. Distribución de los grandes grupos por edad en una población.	71
Tabla 4.8. Distribución de los grandes grupos por edad en una población.	73
Tabla 4.9. Consumo de electricidad Municipio Rangel año 2006.	76
Tabla 4.10 Superficie cosechada y producción agrícola por rubro del Municipio Rangel año 2006.....	79
Tabla 4.11. Producción pecuaria y piscícola por rubro del Municipio Rangel año 2006.....	80
Tabla 4.12. Sensibilidad por geología en el área de estudio.....	86
Tabla 4.13. Sensibilidad por pendiente en el área de estudio.	86
Tabla 4.14. Sensibilidad por vegetación y usos de la tierra en el área de estudio.	88
Tabla 4.15. Sensibilidad por procesos y unidades geomorfológicas.....	89
Tabla 4.16. Sensibilidad por líneas vitales.	95
Tabla 4.17. Sensibilidad por actividades productivas.	97
Tabla 4.18. Pesos obtenidos para cada variable de cada factor para determinar la sensibilidad hidrogeomorfológica.....	100
Tabla 4.19. Pesos obtenidos de cada factor para determinar la sensibilidad hidrogeomorfológica.	102
Tabla 4.20. Sensibilidad hidrogeomorfológica del área de estudio.	103

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN
AMBIENTAL Y TERRITORIAL
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE
(CON ÉNFASIS EN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL)

**SENSIBILIDAD AMBIENTAL ANTE PROCESOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS:
UNA PROPUESTA METODOLÓGICA. CASO DE ESTUDIO POBLACIÓN DE
MUCURUBÁ, MUNICIPIO RANGEL, ESTADO MÉRIDA – VENEZUELA.**

Autor: Katherin Carolina Montilva Mora

Tutor: Kretheis Márquez

RESUMEN

A pesar de que los procesos hidrogeomorfológicos son considerados como eventos de origen natural, también son de carácter social, ya que al encontrar condiciones de vulnerabilidad en una comunidad, causan alteraciones en las características normales de funcionamiento de la sociedad. Es por ello que en esta investigación, además de la caracterización de las variables físico - naturales, se busca dar importancia a las variables socio – económicas e institucionales, evaluando cada una de ellas para luego integrarlas dentro de una ecuación que permita desarrollar a mediano y a largo plazo las bases en cuanto a la planificación y buen uso del territorio, en donde la valoración de la Sensibilidad Ambiental logra ser un ente integrador, a través de la evaluación de los factores y elementos expuestos, partiendo de inventarios detallados de cada una de los variables físico-naturales y socio-espaciales, que posteriormente se reclasificaran y se ponderaran de acuerdo a los pesos obtenidos de la matriz de comparación consultada a una serie de expertos, cuyos pesos se integraran para el diseño de la ecuación de la Sensibilidad Hidrogeomorfológica. Para ello se hizo uso de herramientas cartográficas cuya superposición, permitió establecer los niveles de sensibilidad del área de estudio, en este caso la población de Mucurubá, con la finalidad de servir como un instrumento base en la gestión integral de riesgos. De los cinco factores considerados para la determinación de la sensibilidad hidrogeomorfológica se tiene que los factores geodinámicos son los que generan mayor influencia sobre el análisis, con un porcentaje de afectación del 48.38%, de este factor, las unidades y procesos geomorfológicos son las que genera mayor influencia, con un peso de 10.94% seguido por la pendiente con un 10.26%. Mientras que el factor económico es quien genera menor afectación en el análisis con un porcentaje de 4.19%, representado por la ubicación de la actividades productivas.

Palabras claves: procesos hidrogeomorfológicos, zonificación, gestión integral de riesgos, movimientos en masa, método de jerarquías analíticas.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Desde la perspectiva mundial, los procesos que causa mayor número de víctimas y daños en las poblaciones y al ambiente, están relacionados a la ocurrencia de eventos hidrogeomorfológicos asociados a movimientos en masa. Venezuela, en especial las zonas de montaña del eje andino y del Centro - Norte, no escapan a esta problemática. En áreas donde el relieve es accidentado, existen dos factores que actúan en la inestabilidad de laderas, uno de ellos es la acción antropogénica, manifestada por los diferentes grados de alteración en el paisaje, y otra asociada y caracterizada por fenómenos naturales, formando parte de la acción de la dinámica externa de la tierra, los cuales en esta investigación serán los procesos hidrogeomorfológicos; teniendo como agentes principales el agua superficial y/o subsuperficial, y la acción de la gravedad.

La probabilidad de ocurrencia de estos eventos, se ha incrementado debido a crecimiento desmedido de la población y la subsecuente migración y distribución de la misma hacia zonas que representan beneficio económico, generando así un déficit en la planificación urbana, asentando diversos centros poblados en zonas no recomendadas para dicho uso o sin la toma de previsiones necesarias en cuanto a prevención de riesgos geológicos.

Sin embargo, el problema radica en la inexistencia de una metodología que permita establecer las bases en cuanto a la valoración tanto del entorno social como físico-natural, desde una perspectiva de la prevención que permita anticipar a quiénes y cómo afectará el desastre de origen natural. En relación con esto, los esfuerzos de la sociedad, incluyendo los de las instituciones, les han dado prioridad es a las actividades de respuesta, es decir, en responder ya ocurrido el evento catastrófico; dejado a un lado las acciones preventivas; cuyo énfasis es la justificación de este trabajo.

Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es diseñar una ecuación que permita la evaluación de las diferentes variables que considera la sensibilidad ante eventos hidrogeomorfológicos, a través de una zonificación del territorio a partir de los factores condicionantes y elementos expuestos; para luego aplicarlo como caso de estudio a la población de Mucurubá, municipio Rangel del estado Mérida; ya que esta zona se encuentra expuesta de forma singular ante factores detonantes a dichos procesos, como lo es una actividad tectónica activa generada por la presencia de la traza de la falla de Boconó (Alvarado et al 2015), así como también por la acción antropogénica presente y fenómenos climáticos como precipitaciones y lluvias torrenciales; todo esto con el fin de gestionar las condiciones de riesgo asociadas al proceso de planificación urbana.

La importancia de desarrollar una ecuación que permita integrar cada una de las variables consideradas (físico-naturales y socio-espaciales), es que la misma pueda ser aplicable en cualquier territorio que tenga una alta probabilidad a la ocurrencia de eventos de origen hidrogeomorfológico, siendo una herramienta fundamental en la gestión integral de riesgo, teniendo como fin no solo mejorar las condiciones de vida sino la calidad y el bienestar social

al permitir un crecimiento donde la seguridad, en general, es un componente fundamental del desarrollo humano sostenible. Es importante acotar, que las variables analizadas en esta investigación son en contexto general, las de mayor relevancia en la evaluación de sensibilidad ante estos procesos naturales, sin embargo, no deja por fuera aquellas variables que sean intrínsecas de un territorio y que puedan anexarse a la ecuación, en estudios de casos particulares.

El contenido de esta propuesta se desarrolló en cinco (5) capítulos, para su mayor discernimiento. En el primer capítulo se expone la justificación e importancia de la investigación, el problema a considerar y los objetivos que darán solución a dicho problema; así como los alcances que pueda tener la investigación.

En el segundo capítulo, se presentarán las bases conceptuales y legales que dan sustento al presente trabajo; de igual forma se muestran algunos estudios previos relacionados al tema que sirvieron de base en la investigación.

El tercer capítulo, contiene los materiales y métodos empleados en la investigación, el cual está conformado por cuatro etapas; la primera de ellas consistirá en la revisión documental y cartográfica, así como la delimitación de la zona que servirá como caso de estudio y la definición de cada una de las variables a considerar en esta investigación. En la segunda etapa se procesarán las variables a través de la evaluación multicriterio de las mismas. En la tercera se diseñará la ecuación que permita valorar la sensibilidad ante procesos hidrogeomorfológicos; y en la cuarta y última etapa se realizarán las conclusiones y recomendaciones de la presente investigación.

El cuarto capítulo, corresponde a los resultados y discusión de los mismos producto del empleo de la metodología planteada. En él se presentará la zonificación a procesos hidrogeomorfológicos de cada variable dentro del área de estudio, indicando de esta forma las posibles áreas afectadas y su magnitud, al momento de ocurrir un evento de este tipo. Finalmente en el quinto capítulo, se presentaran las conclusiones y recomendaciones de la investigación, así como las referencias bibliográficas consultadas.

1.2 Planteamiento del problema

Una de las últimas crecidas registradas del río Chama en la población de Mucurubá, ocasionó grandes daños a la comunidad como lo fueron la destrucción de viviendas, deterioro total o parcial de tramos viales y puentes existentes o en construcción, y pérdida o deterioro de áreas agrícolas y predios; como consecuencia de lluvias de baja intensidad, pero de gran extensión y larga duración; que favorecidas por condiciones antecedentes de humedad, caudal y la forma comprimida de la cuenca generaron socavamiento del cauce, ampliación notoria del lecho y anegamiento por el desborde de las aguas. Sin embargo, debe reconocerse que los daños no se pueden atribuir solamente a lo extraordinario de la crecida, sino también al tipo de ocupación y transformación de áreas ribereñas y antiguos lechos de crecidas (Silva 1993, en Contreras y Salas 2018).

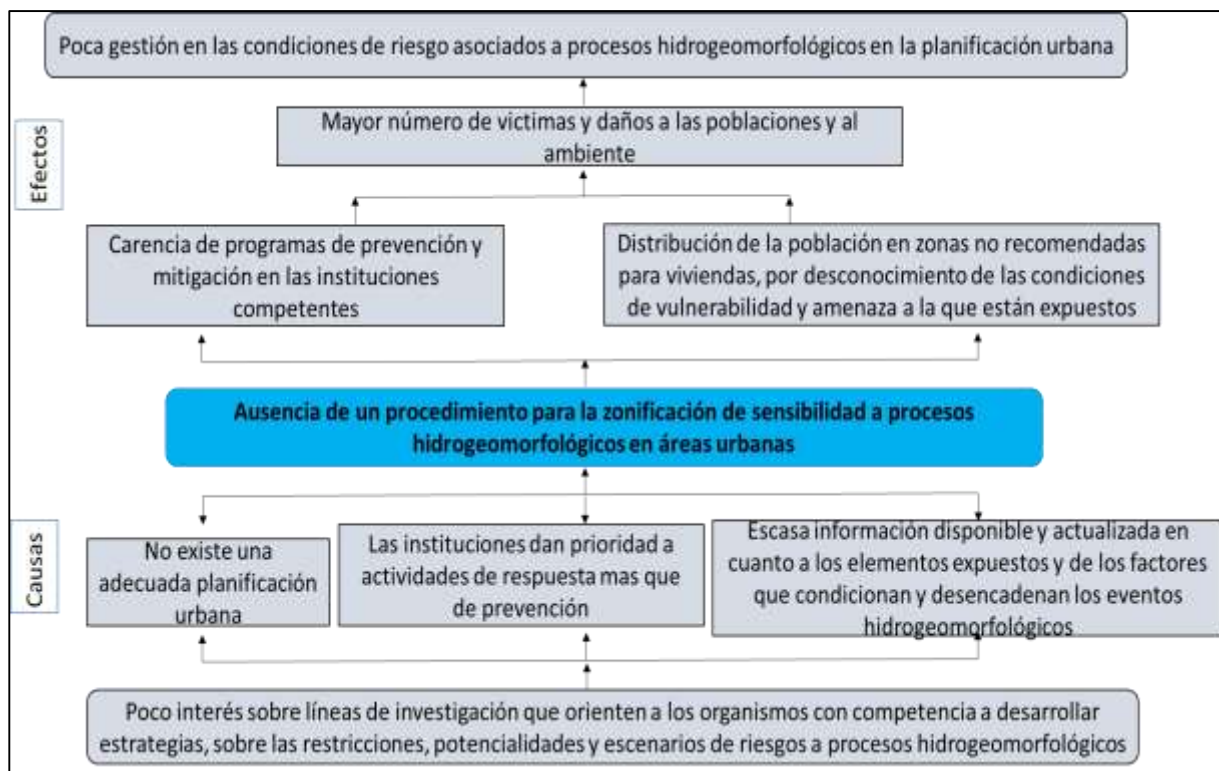
A pesar de que casos como el anteriormente mencionado, han sido frecuentes al pasar de los años, no solo en esta población sino en todo el territorio nacional, la información disponible y actualizada en aspectos sociales y naturales es escasa, aunado a que no existen procedimientos detallados que permitan la estimación de la sensibilidad del medio ante procesos hidrogeomorfológicos. Es por ello, que la presente investigación está enfocada en generar una metodología que permita ponderar criterios que definan el potencial de afectación, a partir de la evaluación de la sensibilidad del medio a los procesos hidrogeomorfológicos. A sabiendas de que una adecuada gestión de riesgos incide positivamente sobre la calidad de las variables ambientales dentro de un territorio.

Todo ello entendiendo que, la ordenación del territorio debería estar orientada a regular las construcciones anárquicas en zonas poco idóneas para tal fin; ya que las cicatrices que dejan los procesos hidrogeomorfológicos de tipo movimientos en masa, son irreversibles; y las afectaciones sobre los habitantes incalculables. Por lo tanto es importante desarrollar líneas de investigación orientadas a analizar las condiciones naturales de zonas en específico que orienten a los organismos con competencia a desarrollar estrategias para la construcción de obras civiles y como elemento preventivo para las comunidades más vulnerables ante la ocurrencia de un proceso hidrogeomorfológico que afecte negativamente su calidad de vida.

A continuación se presenta el árbol de problemas (Figura 1.1), realizado para la presente investigación, siguiendo la metodología de Marco Lógico, la cual fue incorporada en 1998 por el Banco Mundial (BM) utilizado en el diseño, ejecución y evaluación de proyectos sociales de desarrollo. En este árbol, se pueden observar las causas y efectos que produce la inexistencia de un procedimiento detallado en donde se evalúen y se ponderen cada una de las variables a considerar en la sensibilidad del medio como respuesta a eventos de origen hidrogeomorfológico.

1.3 Justificación.

La reacción solidaria y activa de los habitantes, los cuales han desarrollado un interés por capacitarse y organizarse, incorporando la cultura del riesgo en su vida, con una permanente lucha por obtener información y capacitación para poder enfrentar las amenazas naturales y vivir con ellas, ha incentivado investigaciones como la que se pretende desarrollar a continuación. Para satisfacer ese interés de la comunidad, es necesario realizar un diagnóstico previo de la situación actual, considerando entre otros aspectos, cuáles serían las áreas geográficas que presentan mayor posibilidad de riesgo, para luego analizar las gestiones relacionadas al tema ambiental en esas zonas y tomar las acciones pertinentes. Cabe destacar, que a pesar de que los procesos hidrogeomorfológicos son considerados como eventos de origen natural, también son de carácter social, ya que al encontrar condiciones de vulnerabilidad en una comunidad, causan alteraciones en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad.



Fuente: Elaboración Propia
Figura 1.1. Árbol de problemas planteado en la investigación.

Es por ello que en esta investigación, además de la caracterización de las variables físico - naturales, se busca es darle importancia a las variables socio – económicas e institucionales, evaluando cada una de ellas para luego integrarlas dentro de una ecuación que permita desarrollar a mediano y a largo plazo las bases en cuanto a la planificación y buen uso del territorio, sirviendo como insumo para la gestión integral del riesgo, así como la preparación y organización de la comunidad, para llevar adelante programas de prevención y mitigación, que fueran orientados a disminuir la vulnerabilidad de los pobladores; cuya presencia adiciona importancia a estudios de este tipo, pues es necesario mantener a la población informada en relación a los eventos de origen natural a los que están expuestos, en donde la valoración de la Sensibilidad Ambiental logra ser un ente integrador para la evaluación de los agentes físico - naturales y socio-económicos del ambiente, sirviendo de insumo en la gestión del territorio, con la finalidad de prevenir o mitigar los daños ocasionados por eventos hidrogeomorfológicos.

1.4 Objetivos de la Investigación

En este apartado se describirán los objetivos a cumplir en la presente investigación; de igual manera se presenta el árbol de objetivos propuesto, en donde se muestran los medios y fines que se emplearán para dar cumplimiento a los objetivos planteados (Figura 1.2).

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una ecuación para la zonificación de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos en áreas urbanas, a través de la aplicación del método de evaluación multicriterio, que sirva de base en una mejor gestión integral del riesgo, utilizando como caso de estudio a la población de Mucurubá, municipio Rangel del estado Mérida.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar los factores y elementos expuestos, a través de inventarios detallados de cada una de las variables físico-naturales y socio-espaciales de mayor influencia ante procesos hidrogeomorfológicos, determinando la sensibilidad en áreas urbanas de media montaña.
- Elaborar una ecuación de sensibilidad ante procesos hidrogeomorfológicos, relacionando cada uno de los factores y elementos expuestos, a través de una Evaluación Multicriterios (EMC) a juicio de expertos, estableciendo para cada uno su peso ponderado o relevancia dentro de la ecuación.
- Aplicar la ecuación propuesta atendiendo a los niveles de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos para la zonificación de la población de Mucurubá, municipio Rangel del estado Mérida, en una cartografía a escala 1:12.500.

1.5 Alcances

Los alcances de esta investigación se fundamentan en un estudio exhaustivo de los factores geológicos, geomorfológicos, climáticos, poblacionales, socioeconómicos e institucionales; a través de un inventario detallado de los mismos. A estos se les aplicará el método de comparación por pares a juicio de expertos, en un contexto jerárquico analítico. De esta manera se formulará una ecuación que permita establecer los criterios para la zonificación de la sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos.

La información cartográfica realizada de la zona del caso de estudio, generará información actualizada en cuanto a los elementos expuestos a dichos eventos, que sirva de base para futuros estudios, orientados a la gestión integral del riesgo en dicha población, fomentando la ejecución de programas de prevención y mitigación en coordinación con las instituciones competentes.

Esto permitirá planificar considerando las amenazas presentes, orientando los nuevos desarrollos hacia los espacios menos propensos a ser afectados por eventos naturales y reorientar los existentes, relocalizando población, reforzando estructuras, definiendo y fortaleciendo vías de evacuación, definiendo y estableciendo lugares de refugio; y sobre todo informando y preparando a las comunidades que podrían verse afectadas.

Igualmente a través de esta investigación se podrán determinar las áreas de protección de los recursos naturales potencialmente menos frágiles y áreas de desarrollo, donde las condiciones naturales ofrezcan menores restricciones y mayores niveles de soporte a los procesos de intervención antrópica y que sirva de referencia y apoyo a los organismos competentes.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1.2. Árbol de objetivos planteado en la investigación.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los antecedentes, bases conceptuales y legales, que sirvieron de sustento para el desarrollo de esta investigación.

2.1 Antecedentes de la Investigación

2.1.1 Ámbito Internacional

Zulaica et al. (2009), estimaron índices de sensibilidad ambiental en el espacio peribuano de Mar de Plata; con el objetivo de evaluar la Sensibilidad Ambiental de unidades de paisaje para sostener las principales actividades desarrolladas en él (soporte, aprovechamiento, explotación de recursos naturales y asimilación de desechos). Estas unidades de paisaje fueron definidas mediante la integración de factores del medio natural y socioeconómico, seleccionando distintos factores como lo son la geomorfología, suelos, aguas superficiales, aguas subterráneas, vegetación, condiciones de vida de la población e infraestructura. Para luego ponderarlas con un valor de sensibilidad en función de las actividades. La integración de los resultados permitió obtener un índice final para cada una de las unidades, el cual es: Bajo (≤ 5), Moderado (entre 6 y 9), Alto (entre 10 y 13) o Muy Alto (≥ 14). Esta investigación sirve como refuerzo en la valoración y ponderación objetiva de cada uno de los factores estudiados que forman parte en este trabajo.

En este mismo año, la Alcaldía de Medellín, auspiciado por la Universidad Nacional de Colombia (2009), realizan una propuesta sobre la Gestión Integral del Riesgo, enfocados en la evaluación de la Amenaza y la Vulnerabilidad a movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones en el Valle de Aburrá. Para ello se emplearon técnicas SIG a través del geoprocetamiento de datos; demostrando como resultado la importancia de la difusión de la información a la comunidad, ya que los municipios de más reciente fundación, a pesar de la poca memoria sobre los eventos, tienen una consciencia importante sobre el riesgo. En este caso han contribuido de manera sobresaliente los medios de comunicación, los cuales son una potencialidad en el municipio, en la medida que son locales y cercanos a los habitantes. Destacando de ella, la relevancia de no solo estudios de ámbito preventivo o de emergencia, sino también la transmisión de la información, sobre todo a la comunidad más vulnerable.

2.1.2 Ámbito Nacional y Regional

La Universidad Simón Bolívar, a través del Instituto de Estudios Regionales y Urbanos (2009), realizan un diseño de una metodología para la inclusión de la variable riesgo ambiental en los planes urbanos. Caso de aplicación: Santa Cruz de Mora, estado Mérida. Dentro de este trabajo entre otras cosas, se enfocaron en conocer la percepción de la comunidad ante las amenazas, vulnerabilidad, capacidad de respuesta y nivel de organización; cuya estimación se realizó por

medio de encuestas a la comunidad, logrando de esta forma poder determinar las fortalezas y debilidades de la población en cuanto a la prevención y preparación de ellos mismos ante eventos hidromeomorfológicos; para luego establecer escenarios de riesgo y a partir de ellos definir los lineamientos estratégicos generales para la planificación urbana de esa zona en particular, generando acciones y políticas concretas en la ciudad, a los fines de gestionar cambios positivos en la estructura urbana y en la calidad de vida de los pobladores.

Por su parte Márquez et al. (2013), desarrollaron una investigación titulada “Sensibilidad Ambiental: Una aproximación metodológica para validar Estudios de Impacto Ambiental. Caso de estudio: San Felipe II, estado Trujillo, Venezuela”, en la cual, a través del Análisis Multicriterio, construyeron una herramienta para la determinación y jerarquización de los grados de Sensibilidad Ambiental de los diferentes sectores susceptibles de ser afectados por la ejecución de un proyecto de desarrollo agroindustrial, en este caso una Planta de Alimentos Balanceados para Animales; con el objetivo de identificar los niveles de sensibilidad ambiental del área en estudio y generar un instrumento que sirva en la determinación de la intensidad de los impactos ambientales, y de esta forma validar los resultados obtenidos en el Estudio de Impacto Ambiental para dicho proyecto.

En este mismo año, Ramírez y Rodríguez (2013), realizaron una Estimación de la vulnerabilidad social ante la ocurrencia de eventos hidromeomorfológicos, microcuenca El Guayabal, cuenca del río Mocotés. Para ello evaluaron variables demográficas, la experiencia a los desastres y la percepción del riesgo de los mismos pobladores, con la finalidad de deducir el impacto potencial que pueda tener un evento adverso sobre dicha localidad. Este trabajo dio como resultado que la zona es altamente vulnerable, con niveles altos y muy altos, potenciado principalmente por la escasas oportunidades de estudio más allá del sexto grado, un ingreso medio mensual por vivienda inferior al sueldo mínimo, oportunidades de empleo casi exclusivamente en el sector agrícola y la indiferencia de la población para tomar medidas que permitan disminuir su nivel de exposición ante una amenaza potencial, pensando que el origen de los eventos son divinos y es poco o nada lo que se puede hacer contra ello. Este trabajo deja en evidencia que a pesar de los avances científicos y técnicos que hay en cuanto a la Gestión Integral del Riesgo, existe una brecha importante entre dichos estudios y la percepción de la comunidad en cuanto al riesgo, es por ello que es importante recalcar la participación ciudadana en cualquier proyecto destinado en salvaguardar las vida de todos los seres vivos.

Ramírez (2014), evalúa una metodología para zonificar áreas susceptibles a ser afectadas por movimientos de masa en la ciudad de Mérida, Venezuela; utilizando técnicas geomáticas, apropiadas para el procesamiento digital de datos cartográficos, la superposición y cruzamiento de mapas temáticos, usando los sistemas de procesamiento de informaciones georeferenciadas (SPRING). Para ello estableció factores condicionantes como: geología, rangos de pendientes, posiciones geomorfológicas y uso de la tierra y cobertura vegetal, evaluados a través de la aplicación del método de las jerarquías analíticas (AHP). Realizando finalmente una zonificación de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa, en un mapa a escala 1:40.000. El área de estudio se clasificó en cinco niveles de susceptibilidad: muy baja, baja, moderada, alta y muy alta. Las observaciones de campo contribuyeron a validar los resultados

de este estudio, los cuales sirvieron de base para proponer planes de gestión de riesgo, ante amenazas por movimientos en masa en la ciudad Mérida, y como herramienta de orientación ante estos procesos para el Instituto de Gestión del Riesgo, Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Bolivariano de Mérida (Protección Civil Mérida). Para la ejecución de este trabajo se empleó el método de las jerarquías analíticas (AHP), el cual es un método fundamentado en la comparación por pares de variables, así como la ponderación de las mismas a criterio de expertos; ambas técnicas empleadas en la presente investigación.

En este mismo trabajo, se hace referencia a los aportes proporcionados por Barredo (1996) en su libro *Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio (EMC)* en la ordenación del territorio. Este trabajo surge como una propuesta para enriquecer la aplicación de los sistemas de información geográfica al trabajarlos de manera integrada con técnicas de toma de decisión. Destacando que la EMC puede dirigirse a la decisión positiva (descriptiva) o a la normativa (prescriptiva).

Dentro de las aplicaciones de un estudio de sensibilidad ambiental está el ordenamiento territorial, tal como lo establecieron Bustamante y Pérez (2015), los cuales realizaron un Análisis de sensibilidad ambiental con fines de ordenamiento territorial en la parroquia Gonzalo Picón Febres del Municipio Libertador del estado Mérida; con el objetivo de evaluar la factibilidad de disponer de un área apta y permisible en cuanto a la construcción de viviendas y de esta forma frenar el proceso de construcción desordenado; mediante el abordaje comunitario, la consulta pública - socialización, el mapeo popular y los ajustes discutidos en asamblea de ciudadanos.

Trimarchi, (2018), en su trabajo de grado realizado junto al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), titulado *Procedimiento para la zonificación de sensibilidad sísmica. Caso de estudio: área del municipio Libertador del estado Mérida*; se enfocó en realizar una visión general de la sensibilidad sísmica que posee la superficie urbana de la ciudad de Mérida, con el fin de establecer lineamientos que sirvan como base para futuros estudios de diversas disciplinas que así lo ameriten, proporcionando un marco general para rediseñar los planes de ordenamiento urbanístico de la ciudad e incorporar en ellos el tratamiento del riesgo sísmico el cual actúa como una limitante del desarrollo físico de la ciudad. Para ello se analizaron las principales características de la amenaza sísmica en la ciudad, a la cual se encuentra expuesta, dando como resultado zonas de sensibilidad siendo vulnerables las estructuras públicas y privadas, alterando su entorno social y ambiental. Los resultados obtenidos permitieron categorizar sitios de la ciudad con muy alta sensibilidad sísmica que representan las siguientes características más relevantes como lo son la mayor densidad de población, poca presencia institucional, y por la presencia de estructuras vitales.

En este mismo documento Trimarchi, hace referencia al trabajo realizado por Donoso (1998), titulado *“Vulnerabilidad Geográfica y Social de la ciudad de Mérida”*; en el cual se ubicaron los sectores más vulnerables geográfica y socialmente dentro de la terraza de Mérida y de la cuenca del río Chama, realizando a su vez, un estudio de vulnerabilidad socioeconómica del sector en la cuenca del río Chama, haciendo énfasis en tres aspectos fundamentales: a) condición socioeconómica de la población; b) condición de la vivienda y c) percepción del riesgo. A partir

de estos, se pudo inferir la probabilidad de ocurrencia de siniestros, generando escenarios de riesgo.

2.1.3 Ámbito Local

Para describir un poco la zona donde se pondrá en práctica la propuesta metodológica realizada en la presente investigación, se tomaron como referencia algunos datos proporcionados por Albarran y Molina (2008), los cuales realizaron un Estudio geográfico de la parroquia Mucurubá, municipio Rangel del Estado Mérida, como base para su desarrollo agroindustrial y turístico. Para ello caracterizaron aspectos como la evolución histórica del sector, variables físico naturales y socioeconómicas, dando como resultado que Mucurubá es un sector fundamentalmente montañoso (aspecto condicionante en cuanto a la ocurrencia de eventos hidrogeomorfológicos) con pequeñas extensiones de tierra planas, las cuales sirven de asiento para la mayoría de la población y son objeto de actividades económicas. Cabe resaltar que en dicha investigación, se considera a esta localidad como una de las parroquias con una alta dinámica económica, social y cultural; por su posición geográfica y continua expansión. Sin embargo este crecimiento se ha desarrollado con un alto costo para el ambiente, ya que su principal actividad económica que es la agricultura, se viene desarrollando desde el periodo Prehispánico (siglo XV) hasta la actualidad, sin medidas de control alguna.

Contreras y Salas (2018), zonificaron la amenaza hidrogeomorfológica de la población de Mucurubá, municipio Rangel del estado Mérida – Venezuela, para ello aplicaron el método de las jerarquías analíticas (AHP) utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Evaluaron factores condicionantes como geología, geomorfología, pendiente y cobertura vegetal y uso de la tierra, y como factor desencadenante los aspectos climáticos de la zona. Con el objetivo de generar mapas temáticos y de zonificación de susceptibilidad y amenaza a eventos hidrogeomorfológicos a escala 1:12.500. Este trabajo sirvió de base en la caracterización de las variables geológicas y geomorfológicas en la zona donde se aplicó la metodología planteada.

2.2 Marco Legal

En el este apartado se presentan leyes y lineamientos vigentes considerados de mayor relevancia con el tema de estudio, con la finalidad de presentar una breve y precisa revisión de los principales aspectos legales que rigen la gestión integral de riesgo a nivel nacional, regional y local.

2.2.1 Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999).

La Constitución vigente, enuncia retóricamente en el artículo 55 que “Toda persona tiene derecho a la protección por parte del Estado a... situaciones que constituyan amenaza, vulnerabilidad o riesgo para la integridad física de las personas, sus propiedades, el disfrute de sus derechos y el cumplimiento de sus deberes” Sin embargo, la variable ambiental es

considerada específicamente en el Capítulo IX, en los artículos 127 al 129, los cuales consideran a los Derechos Ambientales como mandato, al que todos los venezolanos están en la obligación de cumplir y hacer cumplir; dentro de ella se estipula que es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro.

2.2.2 Ley orgánica del ambiente (2006)

Esta ley tiene por objeto establecer las disposiciones y los principios rectores para la gestión del ambiente en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del Estado y de la sociedad. De igual forma estipula las normas que desarrollan las garantías y derechos constitucionales a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. Fue promulgada en la Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Extraordinaria N° 5833 del 22 de diciembre de 2006.

En el artículo 3, define a la gestión ambiental, como todas aquellas actividades administrativas, que determinen y desarrollen las políticas, objetivos y responsabilidades ambientales y su implementación, a través de la planificación, el control, la conservación y el mejoramiento del ambiente. Por su parte en el artículo 4 en el numeral 6, hace énfasis en la educación ambiental como una herramienta fundamental en la conservación de un ambiente sano, seguro y ecológicamente equilibrado, cuyo aplicación debe ser un valor ciudadano y se debe incorporar en todos los niveles educativos formales o no. En este mismo artículo en el numeral 2, establece la prevención como la medida que debe prevalecer sobre cualquier otro criterio en la gestión ambiental.

De la misma forma en el artículo 23 en el numeral 6, se disponen los lineamientos para la planificación del ambiente, introduciendo a los sistemas de prevención de riesgos garantizando su inserción en los planes nacionales. También establece en el artículo 29 como instrumentos para la planificación del ambiente, la ordenación del territorio, las normas técnicas ambientales, las evaluaciones ambientales, la gestión integral de todas las áreas de alto valor ecológico, los sistemas de información geográfica y los criterios e indicadores de sustentabilidad.

2.2.3 Ley orgánica para la ordenación del territorio (1983), derogada con la Ley orgánica para la planificación y gestión de la ordenación del territorio (2007)

Esta ley tiene por objeto establecer las disposiciones que regirán el proceso de ordenación del territorio en concordancia con la estrategia de Desarrollo Económico y Social a largo plazo de la Nación. En ella en el artículo 3, establece que dentro de la ordenación del territorio, esta comprendida la definición de los mejores usos de los espacios de acuerdo a sus capacidades, condiciones específicas y limitaciones ecológicas, así como la protección del ambiente, y la conservación y racional aprovechamiento de las aguas, los suelos, el subsuelo, los recursos forestales y demás recursos naturales renovables y no renovables.

2.2.4 Ley orgánica de Seguridad Nacional (2014).

Define en el artículo 24 el sistema de protección civil, como una gestión social de riesgo... con miras a la reducción de la vulnerabilidad antes los eventos de orden natural, técnico y social. Igualmente en su artículo 25 establece que la gestión social de riesgo comprende un conjunto de objetivos, programas y acciones, orientados a garantizar la calidad de vida de los ciudadanos y las ciudadanas, promoviendo el desenvolvimiento de los aspectos de prevención, preparación, mitigación, respuesta y recuperación ante eventos de orden natural, técnico y social que puedan afectar a la población, sus bienes y entorno, a nivel nacional, estatal y municipal.

2.2.5 Ley de gestión integral de riesgos socio-naturales y tecnológicos (L.G.I.R.S.T) (2009)

Publicada en gaceta oficial N° 39.095, el 9 de enero del 2009; tiene por objeto tal como lo expresa en el Artículo 2 “formular planes y ejecutar acciones de manera consciente, concertada y planificada, entre los órganos y entes del Estado y los particulares, para prevenir o evitar, mitigar o reducir el riesgo en una localidad o en una región, atendiendo a sus necesidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales y económicas”.

Asimismo, en su artículo 6, numeral 1 enfatiza que el Estado debe “Garantizar que las acciones propias de la ordenación del territorio y de la planificación del desarrollo a todos los niveles de gestión, eviten potenciar o incrementar las condiciones de vulnerabilidad o de amenaza en el país”. De igual forma, en los artículos 8 y 22, se establece como política entre otros lineamientos, generar e incluir los conocimientos y contenidos relativos a la amenaza, vulnerabilidad y riesgo en los distintos niveles de la región; así como enmarcar los entes controladores a nivel regional y local, los cuales tienen entre otras funciones monitorear de manera permanente las condiciones de vulnerabilidad de las zonas de riesgo.

2.3 Bases conceptuales

En este apartado se realizará una descripción breve sobre los principales conceptos que se usaron dentro de la investigación, con el fin de proporcionar un mayor entendimiento de la misma por parte del lector.

2.3.1 Movimiento en Masa

Un movimiento en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efecto de la gravedad (Cruden, 1991 citado en Proyecto Multinacional Andino (2007)).

2.3.2 Tipos de movimientos en masa

Algunos movimientos en masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos; mientras que otros, como algunos deslizamientos, pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de rotura (Crozier, 1999 en Proyecto Multinacional Andino (2007)). A continuación se recoge una clasificación simplificada de los diferentes tipos de movimientos en masa en función de la velocidad del movimiento y el área que abarca, estos son:

2.3.2.1 Procesos areales

- **Procesos lentos**

Son aquellos cuya velocidad de movimiento es muy lento en algunas ocasiones imperceptible y su presencia se detecta solo por el efecto de su desplazamiento, observable después de un periodo de tiempo relativamente largo. Dentro de ellos tenemos:

Reptación: 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 de Vallejo et. al (2002).

Soliflucción: afecta, al igual que la reptación, la zona más superficial de las laderas, y es un movimiento producido por los procesos hielo – deshielo que, por los cambios de temperatura diarios o estacionales, afecta el agua contenida en los suelos finos en regiones frías. González de Vallejo et. al (2002).

- **Procesos rápidos**

Los efectos de este tipo de procesos son claramente visibles, su velocidad tiende a ser bastante rápida y pueden generarse de manera catastrófica, significando considerables daños materiales y humanos a poblaciones cercanas a ellos, dentro de estos procesos tenemos:

Desprendimientos: se definen como procesos gravitacionales que constituyen caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independientes. Son frecuentes en laderas de zonas montañosas escarpadas y entre los factores que los provocan se encuentran la erosión y pérdida de apoyo de los bloques independizados o sueltos, el agua en las discontinuidades y grietas, las sacudidas sísmicas, entre otros. González de Vallejo et. al (2002). Este tipo de proceso supone un riesgo en vías de comunicación y edificaciones en zonas de montaña, puesto que suceden de manera repentina.

Deslizamientos: son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan, moviéndose 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; la velocidad puede ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes. Pueden ser rotacionales (superficies curvas) y son más frecuentes en suelos cohesivos “homogéneos” o traslacionales (superficies planas), a través de superficies planas con debilidad preexistente. González de Vallejo et. al (2002).

Flujos: según el Proyecto Multinacional Andino (2007), define a los flujos citando a Varnes (1978) como, un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. Estos pueden ser de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad y el confinamiento lateral: flujos secos, flujos de detritos, flujos de lodo, flujos de tierra, avalancha de detritos y avalancha de rocas.

2.3.2.2 Procesos lineales

Regueras: para que se generen las regueras, es necesario que flujos de aguas superficiales provenientes de la precipitación no se infiltre. Esta agua inicialmente circula como una película más o menos homogénea que cubre toda la superficie de la ladera que se denomina arrollada en manto. Este proceso produce arrastre en la capa más superficial del suelo eliminando sucesivamente niveles situados a mayor profundidad inicial, denominando a este efecto como erosión laminar. (Chacón y Uzcátegui, 2004; citado en Contreras y Salas 2018). Al aumentar el caudal, el agua de escorrentía se organiza en pequeños **canales o surcos**; a este proceso se le llama arrollada en surco y suele producir una importante erosión lineal. Generalmente sigue la pendiente máxima del terreno y constituye un cauce natural en donde se concentra y corre el agua proveniente de las lluvias, que a medida que profundiza genera **cárcavas** de origen erosivo. En el caso de que la zona esté afectada bajo un dominio tectónico podría haber presencia de cárcavas estructurales.

2.3.2.3 Procesos puntuales

Socavamiento: es la profundización del fondo del cauce de una corriente causada por el aumento del nivel de agua. Comprende el levantamiento y transporte de materiales del lecho del río (Contreras y Salas, 2018).

2.3.3 Factores condicionantes de los movimientos en masa

Son los factores intrínsecos del material, es decir, depende de su propia naturaleza, estructura y forma del terreno y pueden ser de diversos tipos, como por ejemplo de tipo estructural, litológico, de pendiente, vegetación, entre otros. Ramírez (2014) citando a Carrara (1992) hace hincapié en que no todos los factores condicionantes tienen la misma importancia a la hora de

realizar una zonificación, sino que hay grados de incertidumbre para cada uno de ellos, tal como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Factores condicionantes de los movimientos en masa y sus grados de incertidumbre.

FACTOR CONDICIONANTE	GRADO DE INCERTIDUMBRE
Pendiente	Baja
Aspectos	Baja
Forma del relieve	Baja
Litología general	Baja
Tectónica general	Baja
Aceleración sísmica	Alta
Distribución de la lluvia	Intermedio
Geomorfología general	Baja
Distribución de movimientos en masa actuales	Intermedio
Tipología de los movimientos en masa	Intermedio
Distribución de los movimientos en masa pasados	Alta
Distribución de los tipos de suelo	Baja
Espesura del suelo	Alta
Condición del agua subterránea	Alta
Uso del suelo y vegetación	Baja
Condiciones climatológicas pasadas	Alta

Fuente: Carrara (1992) en Ramírez (2014).

2.3.4 Factores desencadenantes de los movimientos en masa.

Son aquellos factores que pueden ser considerados como externos y son los que provocan o desencadenan las inestabilidades y son responsables, por lo general, de la magnitud y velocidad de los movimientos, González de Vallejo et. al (2002). Es decir, son aquellos factores que actúan sobre el medio, alterando el equilibrio estático imperante, y pueden ser de origen natural (precipitaciones o sismos) o antropogénico (intervención humana).

2.3.5 Procesos hidrogeomorfológicos.

Están definidos como aquellos que resultan al combinar aspectos topográficos, geomorfológicos y geológicos, junto con la interacción de otros factores condicionantes y desencadenantes, que pudieran crear amenazas y escenarios de riesgo en la naturaleza (Izarra y Ramírez, 2012, en Soto 2019).

2.3.6 Amenaza

La Ley de Gestión Integral de Riesgos Socio-Naturales y Tecnológicos (L.G.R.S.T, 2009) define la amenaza como la “probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un período de tiempo definido, con potencial de producir efectos adversos sobre las personas, los bienes, los servicios y el ambiente”.

2.3.7 Vulnerabilidad

Se entiende por vulnerabilidad “las condiciones inadecuadas de seguridad que presentan personas, edificaciones, espacios físicos, entre otros, ante una amenaza potencialmente dañina” (L.G.R.S.T, 2009). Por otro lado Wilches (1993:49, en Ramirez y Rodriguez 2013), señala que la vulnerabilidad es “el nivel o grado al cual un sujeto o elemento expuesto puede verse afectado cuando está sometido a una amenaza, donde el sujeto amenazado es aquel que compone el contexto social o material de una comunidad, como los habitantes y sus propiedades, una actividad económica, los servicios públicos, entre otros”.

2.3.8 Riesgo socionatural

La Ley de Gestión Integral de Riesgos Socio-Naturales y Tecnológicos (2009), lo define como el “Peligro potencial asociado con la probable ocurrencia de fenómenos físicos cuya existencia, intensidad o recurrencia se relaciona con procesos de degradación ambiental o de intervención humana en los ecosistemas naturales”. Otra concepción de lo que es el riesgo es que son aquellas pérdidas potenciales debidas a un fenómeno natural determinado (vidas humanas, pérdidas económicas, directas e indirectas, daños a edificios o estructuras, entre otros) González de Vallejo et. al (2002).

2.3.9 Gestión integral del riesgo

La gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos es un proceso orientado a formular planes y ejecutar acciones de manera conciente, concertada y planificada, entre los órganos y los entes del Estado y los particulares, para prevenir o evitar, mitigar o reducir el riesgo en una localidad o en una región, atendiendo a sus realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales y económicas (L.G.R.S.T Artículo 2, 2009).

Para llevar a cabo una gestión de riesgo, se requiere, además de los planes urbanos, de instituciones con capacidad técnica y educativa disponible, para que sus actuaciones en la ciudad sean integrales, requiriendo fundamentalmente el compromiso y participación de los ciudadanos, con información de sus problemas y necesidades, y sobre todo de recursos para llevar adelante programas de capacitación para la preparación y mitigación del riesgo.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD Chile (2012), establece que la Gestión de Riesgo de Desastres GRD, es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales para implementar políticas y estrategias con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y desastres ambientales y tecnológicos; y estas pueden ser: (Chuquisengo, 2011)

- Prospectivas: Implica abordar medidas y acciones en la planificación del desarrollo para evitar que se generen nuevas condiciones de riesgo.
- Correctivas: Se refiere a la adopción de medidas y acciones de manera anticipada para reducir los riesgos ya existentes.
- Reactivas: implica la preparación y respuestas a emergencias.

Es importante destacar que en la actualidad, el manejo de la gestión de riesgos a desastres, va cobrando relevancia debido a las pérdidas económicas y humanas que estos han producido. Por su parte, Torres 2005, en Trimarchi 2018, dice que el riesgo a los desastres y la debida atención a la gestión del mismo, es un sentir latente en Latinoamérica, indistintamente de las condiciones climáticas, poblacionales, políticas y culturales, el cual debe atenderse como una perspectiva local. Además indica que, el uso de sistemas de información geográfica (SIG) resulta crucial y necesario en el análisis de todas las etapas o fases de ciclos de desastres, y que deben ser aplicados para generar mayores beneficios en la planificación del territorio, prevención y mitigación.

www.bdigital.ula.ve

2.3.10 Sensibilidad ambiental

La Sensibilidad Ambiental se entiende como el potencial de afectación (transformación o cambio) que pueden sufrir los componentes ambientales como resultado de la alteración de los procesos físicos, bióticos y socioeconómicos, debidos a las actividades de intervención antrópica del medio o debido a los procesos de desestabilización natural que experimenta el ambiente (Sandia y Henao, 2001). De igual manera estos autores definen que la valoración de los grados de sensibilidad ambiental de un área se puede establecer a través de dos criterios básicos: el primero de ellos de acuerdo a la evaluación de la capacidad de respuesta que poseen los distintos componentes ambientales para aceptar la incidencia de las actividades humanas sin sufrir transformaciones o cambios y, de acuerdo a los niveles de susceptibilidad que pueden tener los componentes ambientales al desarrollo de procesos de desestabilización natural en los que no intervienen acciones antrópicas de manera directa.

Para el presente estudio la Sensibilidad ambiental podríamos definirla como la capacidad de soporte que tiene el medio en cuanto a la ocurrencia de procesos hidrogeomorfológicos, sin que esto perjudique de alguna manera el equilibrio ambiental, manteniendolo en un nivel aceptable en su estructura y función, con la finalidad de determinar la importancia relativa de las áreas a considerar como prioritarias en la gestión integral de riesgos en función de la complejidad de

sus factores: geodinámicos, de exposición, de fragilidad socioeconómica e institucional; para ello es necesario la definición de una escala de valoración, para indicar el grado de susceptibilidad del medio en relación con el agente generador de perturbaciones, en este caso los procesos hidrogeomorfológicos. Trimarchi 2018, define en este sentido, que la sensibilidad del espacio geográfico es determinada por la extensión, intensidad y frecuencia de procesos geomorfológicos activos que modelan el paisaje y por su potencial erosivo condicionado por las características geológicas, geomorfológicas, climáticas y vegetacionales del medio, que propician el desarrollo de estos procesos para un determinado espacio y momento.

En base a lo descrito Zulaica et al 2009, expresan que una Evaluación de la Sensibilidad Ambiental (ESA) es un instrumento teórico que permite establecer, en función de las condiciones ambientales de un área dada, la capacidad del medio para asimilar, contener o atenuar determinados efectos por lo general nocivos o degradantes, ocasionados por las acciones humanas, teniendo en cuenta que la Sensibilidad ambiental es inversamente proporcional a la capacidad del medio analizado para asimilar, atenuar o contener los eventos. Por el contrario, una alta capacidad de asimilación o atenuación dará por resultado un medio con baja sensibilidad.

2.3.11 Líneas Vitales

Los desastres pueden tener un impacto significativo en las líneas vitales, que son los sistemas y recursos esenciales para la vida humana y el funcionamiento de las comunidades. Cuando una línea vital se ve perjudicada, puede ser difícil brindar asistencia a las personas afectadas, lo que genera graves problemas, de allí la importancia de su estudio ya que la interrupción de estos servicios puede tener graves consecuencias para la calidad de vida de las personas, especialmente después de un evento destructivo.

La Norma Venezolana COVENIN 3661:2001, establece que las líneas vitales son “Sistemas potencialmente vulnerables a diferentes eventos y en diferentes magnitudes que suministran los servicios básicos a la comunidad (agua, gas, electricidad, comunicación y transporte)”. Es decir que es el conjunto de servicios que son fundamentales para el desenvolvimiento de la población, una característica que tiende a hacer más complejo el análisis de las líneas vitales.

En situaciones de emergencia, como desastres naturales o conflictos armados, la fragilidad de las líneas vitales se vuelve aún más evidente. El colapso de una línea vital puede tener un efecto dominó en las demás, generando un impacto sistémico en la sociedad. Por ejemplo, una falla en el flujo de los combustibles líquidos o gaseosos puede traer como consecuencia un corte de la energía eléctrica, que derive en una falta de agua y paralización de gran parte de los sistemas de transportes y de telecomunicaciones, es decir, es muy probable que se presenten fenómenos estrechamente encadenados entre sí o lo que se ha llamado el efecto "dominó" (Gajardo, s.f.).

Eventos recientes, desde una perspectiva hidrogeomorfológica, han puesto de manifiesto la fragilidad de las líneas vitales tanto en zonas urbanas como rurales. Además, se han evidenciado

las dificultades que enfrentan las entidades gubernamentales y no gubernamentales para brindar una respuesta eficaz ante el colapso de estos sistemas, dentro de ellas se encuentran:

- Falta de coordinación: Dificultad para establecer una comunicación efectiva y una estrategia conjunta entre las diferentes entidades involucradas.
- Recursos limitados: Escasez de personal, equipos y suministros para atender las necesidades de la población afectada.
- Acceso restringido: Dificultad para llegar a las zonas afectadas debido a daños en la infraestructura vial o por la presencia de riesgos de seguridad.
- Falta de información: Datos insuficientes sobre la magnitud del desastre y las necesidades de la población.

Es por ello que es importante proteger las líneas vitales para que las comunidades puedan recuperarse de un desastre de manera rápida y efectiva, para ello se deben implementar medidas para fortalecer la infraestructura y los sistemas críticos, así como para garantizar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar respuesta a la emergencia.

2.3.11.1 Sistema Vial

Los daños en las carreteras pueden tener graves consecuencias para la seguridad vial y el transporte. Los bloqueos pueden impedir el paso de vehículos, aislando a las comunidades y dificultando el acceso a servicios básicos. Las carreteras pueden sufrir daños por diversos eventos geológicos, como:

- Deslizamientos de taludes: Movimientos de tierra que se deslizan por la ladera y pueden bloquear total o parcialmente la carretera.
- Aludes de rocas: Caídas de grandes masas de roca que pueden generar obstrucciones en la vía.
- Fallas de borde: Hundimientos o desprendimientos del terreno que afectan el borde de la carretera.
- Fallas generalizadas: Afectaciones a la estructura general de la carretera, como hundimientos o agrietamientos.

2.3.11.2 Sistema eléctrico

Este sistema lo conforman las redes de transmisión y distribución, las plantas generadoras, subestaciones y transformadores. El diseño y la construcción de los sistemas eléctricos deben

considerar la gestión integral del riesgo para garantizar la seguridad y la continuidad del servicio, tomando medidas especiales para proteger los componentes más vulnerables, como las redes de distribución, las salas de control, los tanques de almacenamiento y los transformadores.

2.3.11.3 Sistema de telecomunicaciones

Las líneas vitales de telecomunicaciones las constituyen los cables aéreos, enterrados y submarinos, y los enlaces de radio, microondas y de satélites que existen alrededor del mundo. Los refuerzos físicos de las redes de telecomunicaciones y de las oficinas centrales es uno de los métodos para asegurar la operación del sistema después de un evento hidromorfológico. La implementación de estrategias desde el punto de vista de la infraestructura como desde la administración de las redes, puede ayudar a garantizar la continuidad del servicio de telecomunicaciones después de un evento, lo que es crucial para la coordinación de las tareas de emergencia y la comunicación entre las personas afectadas.

2.3.11.4 Sistema de agua potable

Entre los efectos esperados sobre los sistemas de agua potable en caso de la ocurrencia de un evento hidromorfológico, están: desde el punto de vista de daños a la infraestructura, la destrucción total o parcial de las estructuras de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución; la rotura de las tuberías de conducción y distribución y daños en las uniones, entre tuberías o con los tanques; la modificación de la calidad del agua por movimientos en masa; la variación (disminución) del caudal ofertado en captaciones subterráneas o superficiales y el cambio del sitio de salida del agua en manantiales. Por lo que el diseño redundante de las redes de agua potable, necesita de inspecciones y reparaciones regulares, así como asegurar la operatividad de las fuentes alternas.

2.3.11.5 Sistema de agua residual

Una buena gestión de aguas grises y negras reduce los riesgos sanitarios y detiene el deterioro de los recursos naturales, especialmente para aquella población vulnerable a eventos de tipo hidromorfológico.

2.3.11.6 Sistema de almacenamiento de gas combustible

La gasolina, al ser un líquido inflamable, tiene un alto riesgo de incendio y explosión en lugares donde se manipula o almacena. Los vapores que se forman en la superficie del terreno, producto de fugas o derrames durante el llenado de tanques subterráneos, pueden incendiarse fácilmente. La Gaceta Oficial N° 5.890, a través de una resolución del Ministerio de Energía y Petróleo, establece normas para regular el mercado interno de productos derivados de hidrocarburos, incluyendo su suministro, transporte, almacenamiento, distribución y expendio. Estas normas

exigen que las personas o empresas que operen estaciones de servicio lo hagan de manera eficiente, con calidad, seguridad y en estricto cumplimiento de las leyes, resoluciones y normas establecidas. La seguridad en las estaciones de servicio es crucial para proteger la vida de las personas, el medio ambiente y minimizar daños materiales y económicos.

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación pretende desarrollar una metodología para la zonificación de la sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos, a través de la evaluación de los factores y elementos expuestos, partiendo de inventarios detallados de cada una de las variables físico-naturales y socio-espaciales. Para ello se hará uso de herramientas cartográficas cuya superposición, permitirá establecer los niveles de sensibilidad hidrogeomorfológica del área de estudio, en este caso la población de Mucurubá, con la finalidad de servir como un instrumento base en la gestión integral de riesgos.

Para ello se diseñó un esquema de trabajo, que se resume en 4 etapas:

- **Etapa 1:** Revisión documental y cartográfica, que dio sustento a la problemática planteada, así como a la delimitación de la zona que sirvió como caso de estudio y el trabajo de campo.
- **Etapa 2:** Procesamiento de las variables de estudio, a través de la evaluación multicriterio de las mismas.
- **Etapa 3:** Diseño de la ecuación para la zonificación de la sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos.
- **Etapa 4:** Conclusiones y recomendaciones.

Dentro de cada una de las etapas anteriormente mencionadas, hay un conjunto de actividades, que se realizaron con la finalidad de dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados en esta investigación.

A continuación se muestra en la Figura 3.1, el esquema de trabajo desarrollado, sobre el cual se hará una descripción de cada una de las etapas posteriormente.

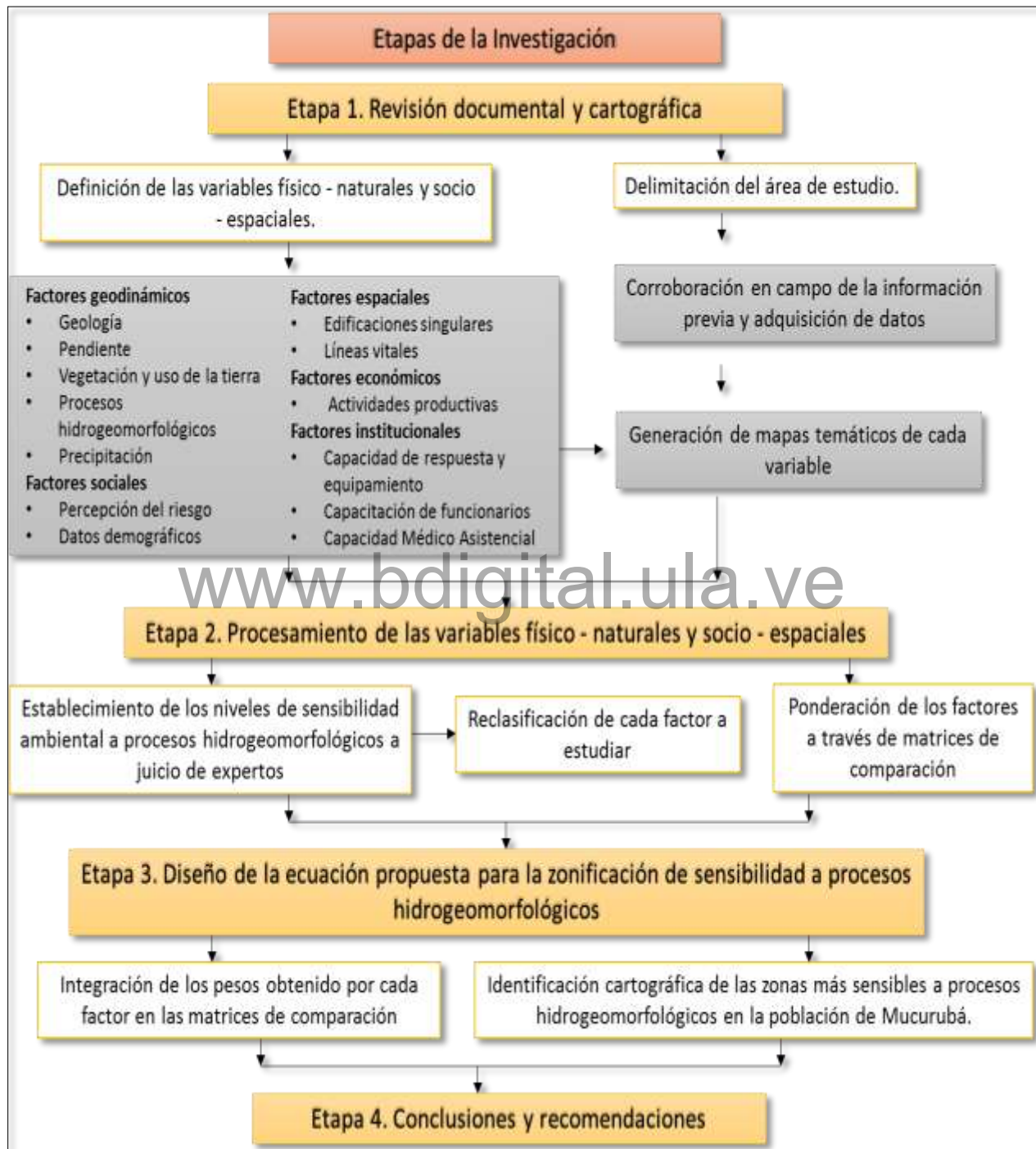
3.1 Descripción de las Etapas Trabajo

En este apartado se describirá cada una de las actividades que se ejecutaron para dar cumplimiento con la metodología planteada.

3.1.1 Etapa 1. Revisión documental y cartográfica.

Definida la línea de investigación, se realizó una búsqueda exhaustiva de documentos y cartografía, de la zona de interés con la finalidad de que esta información sirviera de base para la formulación del problema, justificar la investigación, establecer los objetivos y delimitar los alcances. Esta etapa fue fundamental para el éxito de la investigación, ya que proporcionó la

base sólida sobre la que se desarrollará el estudio, brindándole claridad y dirección. Una vez establecidos los fundamentos teóricos del trabajo, se divide esta etapa en dos fases:

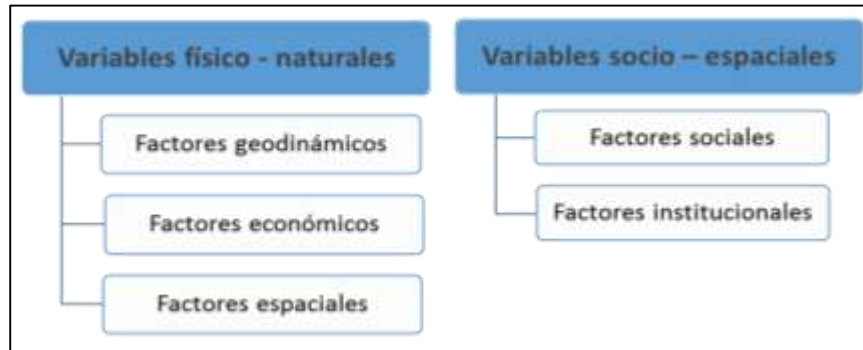


Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.1 Esquema Metodológico de la investigación.

3.1.1.1 Definición de las variables físico – naturales y socio – espaciales.

La elección y definición de cada una de las variables se fundamentó en trabajos previamente realizados referentes al estudio de características o variables físico - naturales y socio - espaciales, y su relación con los procesos de origen hidrogeomorfológicos, así como los aspectos institucionales, estas se pueden clasificar tal como se muestra en la figura 3.2:



Fuente: Elaboración Propia

Figura 3.2 Clasificación de las variables de estudio.

Cada uno de los factores se describe a continuación:

- **Factores geodinámicos:** dentro de estos factores se consideraron aquellos que son intrínsecos del medio como lo son: geología (litología y rasgos estructurales), pendiente, vegetación y usos de la tierra, procesos hidrogeomorfológicos; y la variable desencadenante que es la precipitación. Estos factores se analizaron a partir de estudios previos, fotografías aéreas, imágenes satelitales, mapas geológicos; así como descripciones *in situ* que se realizaron en el área de estudio.
- **Factores sociales:** las variables de este factor son de gran relevancia porque constituyen de forma directa, la población vulnerable o expuesta a sufrir daños producto de los procesos hidrogeomorfológicos. En esta oportunidad se tomaron en cuenta los datos de ubicación de concentraciones demográficas y la percepción del riesgo que tienen los pobladores, fundamentalmente desarrollado por experiencias previas a eventos de este tipo. Estos datos fueron proporcionados por el INE, en el censo del 2011, y de datos obtenidos directamente en el lugar por medio de la aplicación de encuestas.
- **Factores espaciales:** dentro de este apartado se incluyen todas aquellas variables relacionadas directamente con su ubicación dentro del territorio, como son las edificaciones singulares (Hospitales, Centro Educativos, Estaciones de Servicio, Cuarteles militares, Centro deportivos), y de líneas vitales (vialidad, sistema eléctrico,

comunicaciones, sistemas de agua potable y residual). Considerando que al momento de ocurrencia de un evento adverso estas serán las edificaciones que serán destinada para el refugio de los habitantes, así como las vías de evacuación y desalojo. Toda esta información se tomó directamente en campo y a través del análisis de imágenes satelitales, donde se hizo el trazado de las mismas.

- **Factores económicos:** en esta oportunidad se tomaron en cuenta la ubicación de cultivos y áreas ganaderas, ya que estos factores son considerados la principal actividad económica y fuente de ingresos de la zona. Se evaluó a través de análisis de imágenes satelitales y datos tomados *in situ*.
- **Factores institucionales:** se tomó en cuenta la capacidad de respuesta y equipamiento, la capacitación de funcionarios (Plan de emergencia) con los que cuente los organismos de prevención y atención de desastres; así como la capacidad medico asistencial con que cuenta la zona.

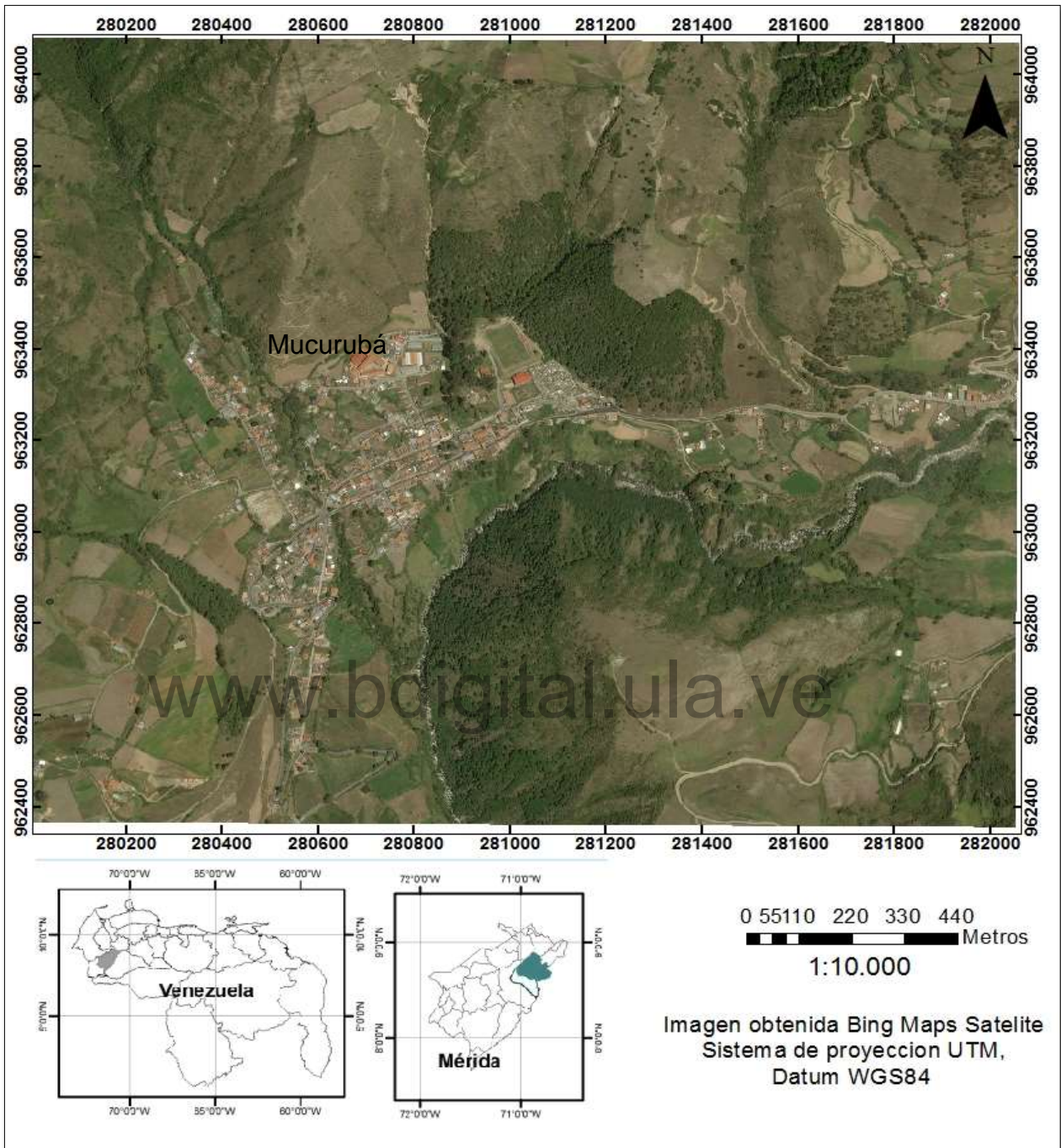
3.1.1.2 Delimitación del área de estudio

Para la elección de la zona sobre la cual se pondrá en práctica la metodología planteada en esta investigación, se consideró en primer lugar la existencia de trabajos de línea base desde el punto de vista hidromorfológico; que tuviese una importancia económica significativa sobre el estado y que tenga presencia de procesos geomorfológicos activos. Es importante destacar que debido al nivel de detalle de esta investigación se optó por una población no tan extensa y densamente poblada, ya que lo que se busca es, que esta zona sirva como prueba piloto para su posterior implemento en zonas de mayor extensión. En esta oportunidad el área a seleccionar corresponde con la población de Mucurubá, municipio Rangel del Estado Mérida (Figura 3.3).

Una vez seleccionada el área de estudio se procedió a realizar visitas al sector para corroborar la información previa, así como la adquisición de nuevos datos, todo ello con la finalidad de generar una representación espacial a través de mapas temáticos de cada una de las variables de los factores descritos anteriormente; este material se presentó en un Sistema de Proyección UTM, Datum WGS84, a escala 1:12.500; de esta forma se obtuvo directamente un diagnóstico de las condiciones físico - naturales y socio - espaciales de la zona.

3.1.2. Etapa 2. Procesamientos de las variables físico – naturales y socio – espaciales.

Una vez seleccionado el área de estudio, con sus respectivos factores y variables tanto naturales como sociales, se procedió a evaluar cada una de ellas, a través de una Evaluación Multicriterio a juicio de expertos.



Fuente: Elaboración Propia
Figura 3.3 Ubicación relativa del área caso de estudio, correspondiente a la población de Mucurubá, munición Rangel, estado Mérida. Venezuela.

3.1.2.1 Establecimiento de los niveles de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos.

Para el procesamiento de las variables, en primer lugar se estableció una clasificación donde se indiquen los niveles de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos para cada una de ellas, esta se realizó de acuerdo al juicio de los expertos consultados, estableciendo un criterio de clasificación; resultando 4 niveles de sensibilidad, los cuales son: sensibilidad baja, media, alta y muy alta. (Tabla 3.1).

Una vez establecidos los criterios de clasificación, se realizó la definición de cada una de las características con las que debería cumplir el territorio en función de cada nivel de sensibilidad hidrogeomorfológica (Tabla 3.2).

3.1.2.2 Reclasificación de cada factor a estudiar.

La reclasificación de las variables de cada factor se hizo en conjunto con el paso anterior, luego de haber realizado la clasificación, se estableció un valor en la escala del 1 al 4 para cada uno de los niveles de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos, siendo 1 para sensibilidad baja, 2 sensibilidad media, 3 sensibilidad alta y 4 sensibilidad muy alta. (Tabla 3.1).

Una vez reclasificadas cada una de las variables se realizó un mapa de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos para cada una de ellas, dentro de la zona de interés, haciendo uso de una herramienta SIG (Sistema de Información Geográfica). Toda esta cartografía se representó a escala 1:12.500, en una Proyección UTM y Datum WGS84.

3.1.2.3 Ponderación de los factores a través de matrices de comparación.

Luego de reclasificar las variables de los factores, se les asignó un peso mediante matrices de comparación por pares. Dicha matriz está compuesta por una metodología, llamada Análisis Jerárquico (AHP) por Saaty (1977, en Trimarchi 2018), que busca determinar la importancia relativa de cada factor. Para ello, se encuestó un total de quince (15) especialistas (Ver Apéndice A), quienes asignaron un valor a la importancia relativa entre dos alternativas, teniendo en cuenta que la importancia de los factores es exclusiva, es decir, que no pueden tener la misma relevancia. y que la comparación de la importancia se limita a dos opciones: mayor o menor.

Para determinar la importancia de los parámetros en el análisis de Sensibilidad a Procesos Hidrogeomorfológicos, se presenta una matriz de comparación por pares (Tabla 3.3). Esta matriz contiene trece (13) criterios relevantes para evaluar la Sensibilidad en la investigación.

Tabla 3.1. Niveles de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos y respectiva reclasificación.

		Sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos			
		Baja Nivel = 1	Media Nivel = 2	Alta Nivel = 3	Muy alta Nivel = 4
Variables	Juicios de reclasificación				
Geología	Tipo de roca predominante, que condiciona directamente en la resistencia del material. Presencia de fallas geológicas y diaclasas	Abanicos aluviales. Zonas con material aluvial (gravas y arenas)	Asociación Sierra Nevada. Roca masiva, gneis, anfífolitas y esquistos. Medianamente meteorizado y fracturado.	Cárcavas en Asociación Sierra Nevada y en material cuaternario. Material disgregado.	Taludes en material cuaternario. Compuestas por sedimentos no consolidados e inestables. Cuaternario aluvial. Representado por el material que se encuentra depositado en las riberas de los cauces.
Pendiente	La inclinación de las vertientes aumenta la dinámica de los procesos hidrogeomorfológicos	5°-15° (9% - 27%) Poco inclinado	15° - 25° (27% - 47%) Moderadamente inclinado	25° - 45° (47% - 100%) Muy inclinado	>45° (>100%) Extremadamente inclinado
Vegetación y uso de la tierra	Suelo totalmente cubierto por una masa boscosa es más estable y menos susceptible a la activación de procesos hidrogeomorfológicos. Las zonas desprovistas de vegetación poseen mayor susceptibilidad a la activación de movimientos en masa.	Bosque. Vegetación densa con poco espaciado entre ellos. Poca exposición de los suelos a efectos de meteorización y erosión.	Vegetación dispersa y asentamientos urbanos. Existe una separación entre plantas que expone moderadamente el suelo a efectos de la meteorización y posterior erosión. Los asentamientos urbanos se ubican en las terrazas y abanicos aluviales, pudiendo modificar con su presencia, la dinámica de los suelos.	Agricultura y Gramínea. La presencia de cultivos agrícolas se traduce en una alta intervención debido a la presencia de sistemas de riego que podrían desestabilizar el suelo.	Suelo Descubierta y Cauce del río. El suelo descubierta se presenta en cárcavas, surcos y deslizamientos activos. Desprovistos totalmente de vegetación.
Procesos y unidades geomorfológicos	Zonas propensas a un evento hidrogeomorfológico, determinado por la forma del relieve.	Abanico Aluvial, Como terrazas y Terrazas. Depósitos cuaternarios con pendientes poco inclinadas, sin la influencia significativa de drenajes. Los abanicos se desarrollan en zonas de transición entre las vertientes y el fondo del valle.	Colinas. Formaciones intermedias de forma redondeada y aplanada en sus cimas colindantes con vertientes y zonas bajas.	Vertientes. Topografía inclinada y muy inclinada con desniveles considerables.	Cauces, Cárcavas o surcos, Deslizamientos y talud con pendientes inclinadas o muy inclinadas, con material suelto no consolidado e inestable. El cauce efectivo corresponde al curso de agua activo más importante de la zona, representado por el río Chama.
Precipitación	Máxima precipitación horaria	< 5 a 10mm	10 a 20mm	20 a 30mm	30 a 40mm

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.1. Niveles de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos y respectiva reclasificación (Continuación).

		Sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos			
		Baja Nivel = 1	Media Nivel = 2	Alta Nivel = 3	Muy alta Nivel = 4
Factores sociales	Variables				
	Juicios de reclasificación				
	Percepción del riesgo	<p> Toda la población tiene conocimientos sobre los peligros naturales a los que están expuestos.</p>	<p> Solo algunos sectores tienen conocimientos sobre los riesgos presentes en su territorio</p>	<p> Pocos sectores de la población tienen limitados conocimientos sobre la gestión integral del riesgo</p>	<p> La población no tiene ningún conocimiento sobre los peligros naturales de la zona.</p>
	Concentraciones demográficas	<p> Áreas protegidas y de Uso Restringido</p>	<p> Áreas urbanas lejos de cauces de ríos y quebradas</p>	<p> Áreas urbanas alejadas de cauces de ríos y quebradas</p>	<p> Áreas urbanas localizadas sobre las zonas de inundación de los cauces</p>
Factores espaciales	Ubicación de centros de salud, estaciones de servicio y sitios que puedan ser refugio en caso de un evento como deportivos y educativos	<p> Edificaciones singulares ubicadas sobre terrazas con uniformidad en el suelo, alejadas de cauces efectivos</p>	<p> Edificaciones singulares ubicadas sobre terreros con pendientes moderadas alejadas de cauces efectivos</p>	<p> Edificaciones singulares ubicadas sobre terreros con pendientes moderadas próximas a cauces efectivos</p>	<p> Edificaciones singulares ubicadas sobre terreros con pendientes altas próximas a cauces efectivos</p>
	Ubicación del sistema de agua potable, almacenamiento de gas combustible, sistemas eléctricos y de comunicación, así como las vías de acceso principal	<p> Zonas alejadas a la concentración poblacional, con escasas vías de comunicación</p>	<p> Áreas del territorio interceptadas por vías secundarias, alejadas de estaciones de servicio y líneas de alta tensión</p>	<p> Sectores interceptados por vías terrestres principales, alejadas de estaciones de servicio</p>	<p> Zonas con enlaces o viaductos sobre ríos y quebradas, propensas a la afectación por explosiones de estaciones de servicios y cercanas a los sistemas de alta tensión.</p>
	Lineas vitales				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.1. Niveles de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos y respectiva reclasificación (Continuación).

		Sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos			
		Baja Nivel = 1	Media Nivel = 2	Alta Nivel = 3	Muy alta Nivel = 4
Factores económicos	Variables				
	Actividades productivas	Ubicación relativa de las principales actividades productivas de la zona, en este caso de cultivos y áreas ganaderas	Áreas agrícolas ubicadas en terrazas	Áreas de importancia económica lejos de cauces de ríos y quebradas	Áreas de importancia económica alejadas de cauces de ríos y quebradas
	Capacidad de respuesta y equipamiento	Capacidad de respuesta de organismos encargados y su equipamiento al momento de la atención primaria, luego de haber ocurrido un evento hidrogeomorfológico.	Capacidad óptima de las instituciones del Estado para dar respuesta ante la ocurrencia de un evento de origen hidrogeomorfológico, así como los medios adecuados de atención primaria.	Buena capacidad de las instituciones del Estado para dar respuesta ante la ocurrencia de un evento de origen hidrogeomorfológico, sin disposición de los medios necesarios de atención primaria.	Baja capacidad de las instituciones del Estado para dar respuesta ante la ocurrencia de un evento de origen hidrogeomorfológico, sin los medios adecuados de atención primaria.
	Capacitación de funcionarios	Conocimientos de los funcionarios públicos de todos los niveles y los voluntarios, mediante la educación sobre la gestión integral del riesgo.	Todos los funcionarios y voluntarios están altamente capacitados en cuanto a la gestión integral del riesgo.	Todos los funcionarios y voluntarios están capacitados en cuanto a la gestión integral del riesgo.	Todos los funcionarios y voluntarios no tienen ningún tipo de capacitación en cuanto a la gestión integral del riesgo.
Factores institucionales	Capacidad médica asistencial	La adecuada disposición y equipamiento de los centros de salud, supone una variable a favor en cuanto a la reducción de morbilidad y mortalidad asociada a un evento hidrogeomorfológico.	Se cuenta con centros de salud en condiciones óptimas para la atención en todos los niveles	Se cuenta con centros de salud medianamente dotados para la atención en todos los niveles	Se cuenta con centros de salud en condiciones desfavorables para la atención en todos los niveles

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.2. Niveles de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos.

Análisis de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos			
Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Nivel = 1	Nivel = 2	Nivel = 3	Nivel = 4
<p>Corresponde a abanicos aluviales y zonas con material aluvial (gravas y arenas). Con pendientes poco inclinadas entre 5°- 15° (9% - 27%). Vegetación tipo bosque, densa con poco espaciado entre ellos. Los abanicos se desarrollan en zonas de transición entre las vertientes y el fondo del valle. Precipitaciones máximas horarias de < 5 a 10mm. Toda la población tiene conocimientos sobre los peligros naturales a los que están expuestos. Corresponde a áreas protegidas y de Uso Restringido. Las edificaciones singulares están ubicadas sobre terrazas con uniformidad en el suelo, alejado de cauces efectivos. Zonas alejadas a la concentración poblacional, con escasas vías de comunicación. Las áreas agrícolas están ubicadas en terrazas. El Estado tiene capacidad óptima para dar respuesta ante la ocurrencia de un evento de origen hidrogeomorfológico, así como los medios adecuados de atención primaria. Todos los funcionarios y voluntarios están altamente calificados en cuanto a la gestión integral del riesgo. Se cuenta con centros de salud en condiciones óptimas para la atención en todos los niveles.</p>	<p>Corresponde a afloramientos compuesto por rocas de la Asociación Sierra Nevada, de tipo gneis, anfibolitas y esquistos. Medianamente meteorizadas y fracturadas. Con pendientes moderadamente inclinadas entre 15° - 25° (27% - 47%). Vegetación dispersa y presencia de asentamientos urbanos. Los asentamientos urbanos se ubican en las terrazas y abanicos aluviales, pudiendo modificar con su presencia, la dinámica de los suelos. Presencia de Colinas. Precipitaciones máximas horarias de 10 a 20mm. Solo algunos sectores tienen conocimientos sobre los riesgos presentes en su territorio. Corresponde a áreas urbanas lejos de cauces de ríos y quebradas. Las edificaciones singulares están ubicadas sobre terreros con pendientes moderadas alejadas de cauces efectivos. Áreas del territorio interceptadas por vías secundarias, alejadas de estaciones de servicio y líneas de alta tensión. Las áreas agrícolas lejos de cauces de ríos y quebradas. Buena capacidad de las instituciones del Estado para dar respuesta ante la ocurrencia de un evento de origen hidrogeomorfológico, así como los medios adecuados de atención primaria. Todos los funcionarios y voluntarios están calificados en cuanto a la gestión integral del riesgo. Se cuenta con centros de salud bien dotados para la atención en todos los niveles.</p>	<p>Corresponde a cárcavas en afloramientos de la Asociación Sierra Nevada y en material cuaternario. Material disgregado. Con pendientes muy inclinadas entre 25° - 45° (47% - 100%). Zonas con territorios destinados a la agricultura y vegetación de tipo Gramínea. Unidades geomorfológicas de vertientes con desniveles considerables. Precipitaciones máximas horarias de 20 a 30mm. Pocos sectores de la población tienen conocimiento sobre la gestión integral del riesgo. Corresponde a áreas urbanas aledañas a cauces de ríos y quebradas. Las edificaciones singulares están ubicadas sobre terreros con pendientes moderadas próximas a cauces efectivos. Sectores interceptados por vías terrestres principales, alejadas de estaciones de servicio. Las áreas agrícolas aledañas de cauces de ríos y quebradas. Baja capacidad de las instituciones del Estado para dar respuesta ante la ocurrencia de un evento de origen hidrogeomorfológico, sin disposición de los medios necesarios de atención primaria. Todos los funcionarios y voluntarios tienen poco conocimiento en cuanto a la gestión integral del riesgo. Se cuenta con centros de salud medianamente dotados para la atención en todos los niveles.</p>	<p>Corresponde a Taludes en material cuaternario, compuestas por sedimentos no consolidados e inestables. Con pendientes extremadamente inclinadas mayores a >45° (>100%). Suelo Descubierto y cauce del río. Presencia de cárcavas o surcos, deslizamientos y talud con pendientes inclinadas o muy inclinadas, con material suelto no consolidado e inestable. Precipitaciones máximas horarias de 30 a 40mm. La población no tiene ningún conocimiento sobre los peligros naturales de la zona. Corresponde a áreas urbanas localizadas sobre las zonas de inundación de los cauces. Las edificaciones singulares están ubicadas sobre terreros con pendientes altas próximas a cauces efectivos. Áreas del territorio con presencia de enlaces o viaductos sobre ríos y quebradas, propensas a la afectación por explosiones de estaciones de servicios y cercanas a los sistemas de alta tensión. Las áreas agrícolas localizadas sobre las zonas de inundación de los cauces. No hay capacidad de las instituciones del Estado para dar respuesta ante la ocurrencia de un evento de origen hidrogeomorfológico, sin los medios adecuados de atención primaria. Todos los funcionarios y voluntarios no tienen ningún tipo de capacitación en cuanto a la gestión integral del riesgo. Se cuenta con centros de salud en condiciones desfavorables para la atención en todos los niveles.</p>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.3. Matriz de comparación de cada una de las variables consideradas.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Sensibilidad por Geología	Sensibilidad por Pendiente	Sensibilidad por Vegetación y usos de la tierra	Sensibilidad por Procesos hidrogeomorfológicos	Sensibilidad por Precipitación	Sensibilidad por Percepción del riesgo	Sensibilidad por densidad poblacional	Sensibilidad por ubicación de edificaciones singulares	Sensibilidad por la ubicación de líneas vitales	Sensibilidad por ubicación de actividades productivas	Sensibilidad por la capacidad de respuesta y equipamiento	Sensibilidad por capacitación de los funcionarios	Sensibilidad por capacidad médico asistencial
1	Sensibilidad por Geología												
2	Sensibilidad por Pendiente												
3	Sensibilidad por Vegetación y usos de la tierra												
4	Sensibilidad por Procesos hidrogeomorfológicos												
5	Sensibilidad por Precipitación												
6	Sensibilidad por Percepción del riesgo												
7	Sensibilidad por densidad poblacional												
8	Sensibilidad por ubicación de edificaciones singulares												
9	Sensibilidad por la ubicación de líneas vitales												
10	Sensibilidad por ubicación de actividades productivas												
11	Sensibilidad por la capacidad de respuesta y equipamiento												
12	Sensibilidad por capacitación de los funcionarios												
13	Sensibilidad por capacidad médico asistencial												

Fuente: Elaboración Propia

Una vez aplicada la matriz de comparación, se procedió a calcular el peso de cada variable por cada uno de los expertos consultados, a través de la siguiente formula:

$$V_{ei} = \frac{F_{ei}}{P_{es}} \quad (\text{Ecuación 3.1}) \quad (\text{Márquez et al 2013})$$

Donde:

V_{ei} : Peso de cada variable por cada uno de los expertos consultados.

F_{ei} : Frecuencia con la que se repite cada variable dentro de la matriz.

P_{es} : corresponde al número total de decisiones o juicios hechos por el especialista, el cual viene dada como $n(n-1)/2$; donde n es el número de variables que en este caso es 13.

Para calcular el peso total de cada variable a considerar, se calculó de la siguiente manera:

$$V_e = \frac{\sum_{i=1}^m V_{ei}}{m} \quad (\text{Ecuación 3.2}) \quad (\text{Modificada de Trimarchi 2018})$$

Donde:

V_e : Peso total de cada variable.

V_{ei} : Peso de cada variable por cada uno de los expertos consultados.

m: corresponde al número total de especialistas consultados.

Por último se calculó el índice de consistencia (IC), el cual tiene como finalidad corroborar que los resultados obtenidos de la matriz son consistentes al estudio y se obtendrá por siguiente ecuación:

$$IC = \frac{\sum_{i=1}^m V_e}{100} \quad (\text{Ecuación 3.3}) \quad (\text{Trimarchi 2018})$$

Donde:

IC: índice de consistencia.

V_e : Peso de cada variable por cada uno de los expertos consultados.

100: valor real mayor de la matriz de comparación por pares.

Si se tiene que el índice de consistencia es mayor a 1 ($IC > 1$), la matriz de comparación por pares es inconsistente es decir es ineficaz para el estudio y debería ser replanteada; si por el contrario es menor a 1 ($IC < 1$), la matriz es eficaz para el estudio (Trejo 2015, en Trimarchi 2018).

3.1.3 Etapa 3. Diseño de la ecuación propuesta para la zonificación de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos.

Luego de haber obtenido los pesos o la importancia relativa de cada variable de los factores de estudio, se procedió a diseñar la ecuación que permita integrar cada una de las variables con su peso ponderado.

3.1.3.1 Integración de los pesos obtenido por cada factor

La integración de los pesos obtenidos para cada variable de los factores considerados, se realizó a través de la siguiente ecuación, denominada Sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos:

$$Sph = \sum P \frac{(fg; fe; fs; fep)}{fi} \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

Donde:

Sph: sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos.

P: valor del peso total relativo para cada una de las variables consideradas.

fg: corresponde a los factores geodinámicos (geología, pendiente, vegetación y usos de la tierra, procesos hidrogeomorfológicos y precipitación).

fe: factores económicos (actividades productivas)

fs: factores sociales (datos demográficos y percepción del riesgo)

fi: factores institucionales (capacidad de respuesta y equipamiento, capacitación de funcionarios y capacidad médico asistencial)

fep: factores espaciales (ubicación de edificaciones singulares y líneas vitales)

Es importante señalar, que los factores considerados para la evaluación de la sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos son importantes, pero pueden variar según la zona. En este estudio, se asignaron pesos a cada factor utilizando la información disponible y el criterio profesional. Esta técnica, que utiliza datos reales, busca mejorar la comprensión de las zonas sensibles a eventos hidrogeomorfológicos y ayudar a crear nuevos instrumentos que sirvan de base para la zonificación urbana y la gestión integral de riesgos.

3.1.3.2 Identificación cartográfica de las zonas más sensibles a procesos hidrogeomorfológicos en la población de Mucurubá.

Al obtener los mapas de sensibilidad hidrogeomorfológica de cada variable y sus pesos respectivos, se realizó un análisis multicriterio para crear el mapa de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos en la población de Mucurubá. El análisis se realizó haciendo uso de un Sistema de Información Geográfica, utilizando la herramienta de análisis espacial del módulo de álgebra de mapas. Estos mapas se realizarán en formato Raster, en donde cada celda o pixel del

mapa final tiene un valor de sensibilidad correspondiente. Para llevar a cabo este análisis se multiplicó cada variable por su peso correspondiente (obtenido de la evaluación por los especialistas) y luego sumar los resultados, tal como se indica en la Ecuación 3.4.

3.1.4 Etapa 4. Conclusiones y Recomendaciones.

Finalmente se integraron las etapas de la metodología planteada, obteniendo las conclusiones y recomendaciones de la investigación, todo ello en miras a contribuir en la gestión integral del riesgo a procesos hidrogeomorfológicos y su afectación al medio.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestran y discuten los resultados obtenidos en la presente investigación, de acuerdo a la metodología planteada, para dar cumplimiento con los objetivos descritos al principio del estudio.

4.1 Definición de las variables físico - naturales y socio - espaciales que influyen en la sensibilidad a procesos hidromorfológicos dentro del área de interés.

En este apartado se presenta el resultado obtenido de la definición y posterior diagnóstico dentro de área de estudio, de cada una de las variables que se tomaron en consideración para el análisis de la sensibilidad a procesos hidromorfológicos.

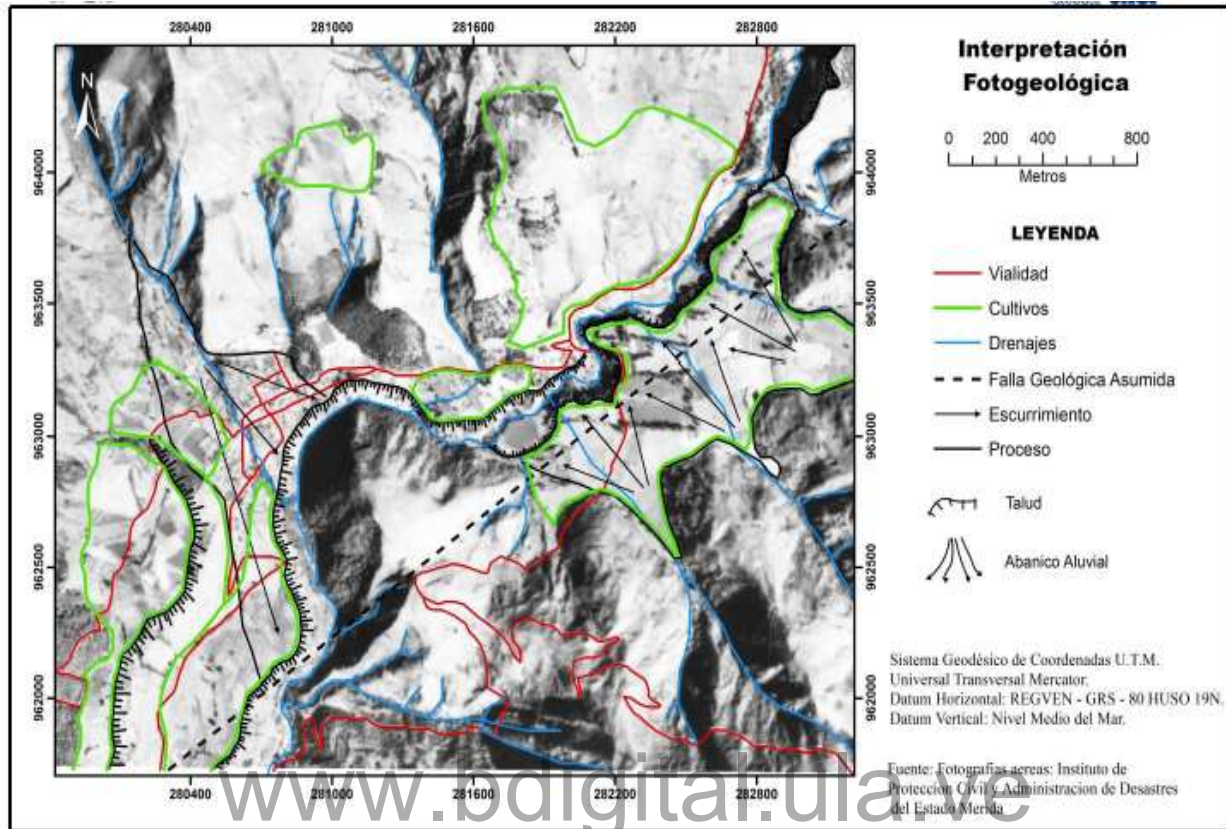
4.1.1 Factores geodinámicos.

Estos factores tal como ya se indicó, son aquellos que se consideraron que son intrínsecos del medio como lo son: la geología (litología y rasgos estructurales), pendiente, vegetación y usos de la tierra, procesos hidromorfológicos; y la variable desencadenante que es la precipitación. La descripción de cada uno de estos factores se realizó por medio de estudios previos, fotografías aéreas, imágenes satelitales, mapas geológicos; así como de descripciones in situ que se realizaron en el área de estudio.

4.1.1.1 Geología

Esta variable está comprendida por la litología presente y la descripción de los rasgos estructurales que se encuentren dentro del área de estudio, teniendo en consideración que el tipo de roca predominante, condiciona directamente en la resistencia del material, así como la presencia de fallas geológicas y diaclasas.

Del análisis fotogeológico realizado por Contreras y Salas (2018), de las fotografías aéreas 141 y 142 de la misión 010493 del año 1998 a escala 1:65000, se puede decir que en la zona de interés la topografía que se presenta es empinada, con crestas bien delineadas y pendientes abruptas y escarpadas, típico de materiales consistentes, suavizándose en materiales más blandos y menos consistentes (Depósitos Cuaternarios), lo que señala un relieve diferencial. Se observaron de igual manera colinas redondeadas, dos niveles de terrazas, abanicos aluviales, algunos de ellos coalescentes donde se desarrollan en gran medida el factor antrópico, representado por el asentamiento de centros poblados y cultivos agrícolas. Referente al aspecto estructural se cuenta con la presencia de la falla de Boconó hacia la vertiente izquierda del río Chama, evidenciada por facetas triangulares, una cresta desplazada, ensilladura de falla, lomo de falla y el paralelismo entre los drenajes que desembocan en el río Chama (Figura 4.1).



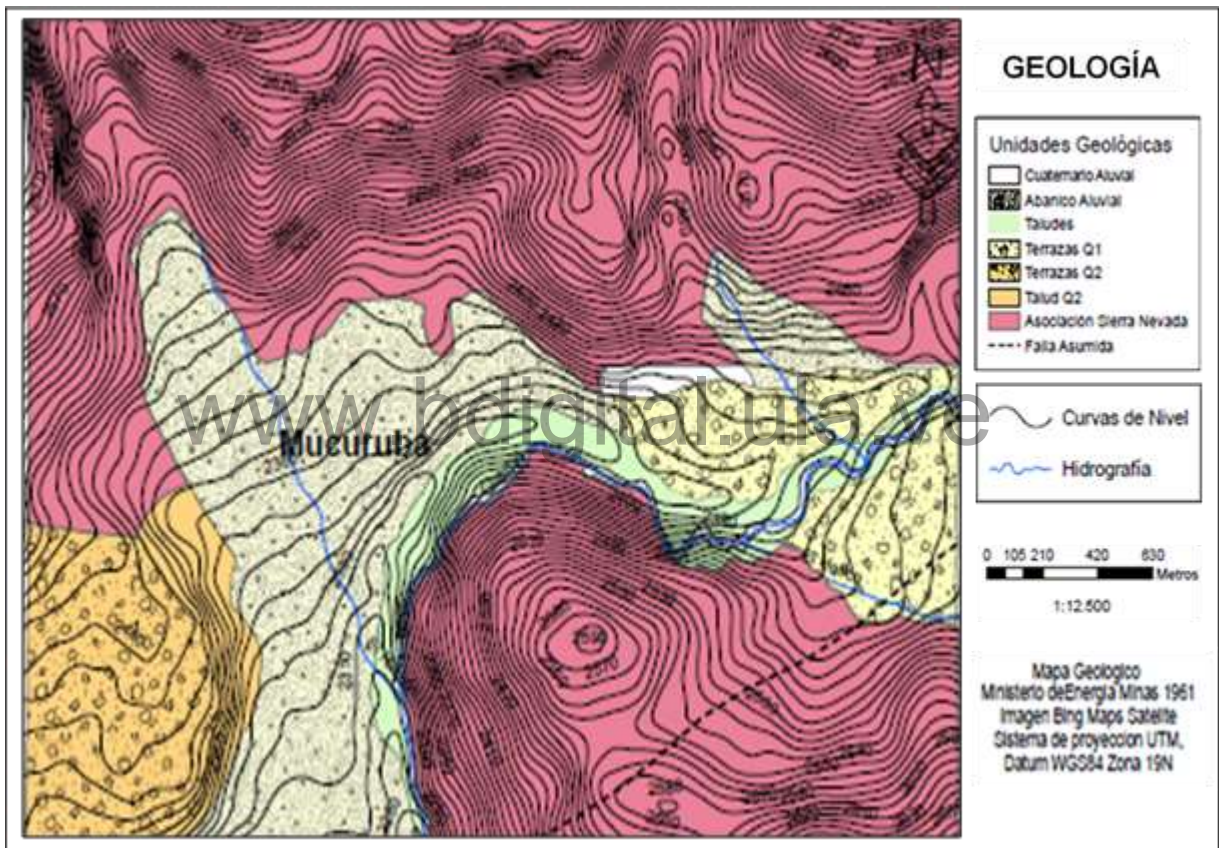
Fuente: Contreras y Salas, 2018.

Figura 4.1 Análisis Fotogeológico de la tripleta 140, 141 y 142 de la misión 010493 del año 1998 (Modificado de la escala original).

Tal como se mencionó anteriormente el área de estudio tiene la presencia de dos tipos de litologías, una más resistente, correspondiente a rocas de la Asociación Sierra Nevada y otros constituidos por materiales menos consistentes correspondientes a los Depósitos Cuaternario (Figura 4.2), los cuales se describirán a continuación:

- Las rocas de la Asociación Sierra Nevada, litológicamente está representada por rocas metamórficas como gneis y esquistos que presentan un grado de fracturación moderado lo que indica que existen menos de tres familias de discontinuidades en los macizos estudiados. En cuanto a los niveles de meteorización, varían entre los grados I y II, indicando la alteración del macizo a través del cambio de color y la transformación en suelo de menos de la mitad de él (Contreras y Salas, 2018). En cuanto a la resistencia a la compresión simple, estas rocas se clasifican como moderadamente duras (Gonzales de Vallejo, et al. 2002), lo que significa que son bastante resistentes al desgaste por la acción del clima (meteorización). En otras palabras, la dureza y baja porosidad de estas rocas las hacen aptas para soportar condiciones climáticas adversas sin sufrir daños importantes.

- En lo referente a las zonas de fondo de valle se cuenta con depósitos cuaternarios no consolidados, sin escogimiento y de forma caótica, constituida por abanicos aluviales, sobre la cual está asentada la población; y depósitos longitudinales de terrazas en las márgenes del río Chama. Estos depósitos no se diferencian por su edad geológica, sino por su ubicación topográfica. Los más bajos señalados como (Q1) son del Holoceno y los más altos (Q2) del Pleistoceno, de igual forma se consideran las características geomorfológicas, como taludes y terrazas. En cuanto a la composición mineralógica los sedimentos provienen de rocas de la Asociación Sierra Nevada, lo que se deduce de la madurez textural y mineralógica de los clastos, por la presencia de micas y feldespatos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.2 Geología de la zona de interés.

- La principal expresión tectónica es la presencia de la Falla de Boconó. Este rasgo estructural ha ocasionado una mayor inestabilidad de las vertientes y en consecuencia la existencia de un material susceptible a ser erosionado, removido y transportado, por agentes externos (Molina 2008). Esto lo afirma el trabajo realizado por Alvarado, Cantos, Pérez, y Audemard, (2015), los cuales describen que dentro de la zona de interés existen evidencias geomorfológicas indicativas de la influencia de una falla geológica, en este caso la falla de

Boconó, con dirección SO – NE. La presencia de esta estructura es crucial al evaluar la sensibilidad del medio a procesos hidrogeomorfológicos, ya que la estructura puede desestabilizar, fracturar y debilitar el material, haciéndolo más propenso a deslizamientos de ladera, teniendo en cuenta que eventos como lluvias prolongadas o un sismo fuerte pueden desencadenar estos movimientos. El radio de influencia de esta falla es de 250 m tomado esto según recomendaciones de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS).

Del mapa geológico elaborado para el área de estudio (figura 4.2), se puede observar que las rocas de la Asociación Sierra Nevada son las que representan mayor extensión representando un 63,81% de la extensión total, seguido por los sedimentos correspondientes al abanico aluvial. Los porcentajes de cada una de las litologías presentes en la zona de interés se pueden detallar en los siguientes gráficos (figura 4.3 y tabla 4.1).

Tabla 4.1 Distribución porcentual de la unidades litológicas.

Unidad Litológica	Porcentaje
Asociación Sierra Nevada	63.81 %
Talud Q2	1.9 %
Terraza Q2	6.55 %
Terraza Q1	5.98 %
Taludes	4.27 %
Abanico Aluvial	16.93 %
Cuaternario Aluvial	0.52 %

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3 Distribución de la unidades litológicas dentro del área de estudio.

4.1.1.2 Pendiente

La pendiente está referida a la inclinación de las vertientes, cuya relación es directamente proporcional al aumento en la dinámica de los procesos hidrogeomorfológicos, es decir, mayor pendiente mayor susceptibilidad de desencadenar procesos de este tipo. Adicionalmente, esta variable representa una fuerte limitante en el desarrollo de ciertas actividades humanas, como por ejemplo las agropecuarias y el establecimiento de urbanismos, de aquí la importancia de su estudio, ya que condiciona directamente las formas de ocupación del territorio.

Para el análisis de esta variable se establecieron cinco rangos de pendientes, modificada de acuerdo a los niveles de susceptibilidad establecida por Suarez (1998), los cuales son muy bajo, bajo, moderado, alto y muy alto (Figura 4.4).

NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD	RANGOS DE PENDIENTE	PONDERACION	DESCRIPCION
Muy Bajo	<5° (<9%)	1	Muy Plano – Plano
Bajo	5°-15° (9% - 27%)	2	Poco Inclinado
Moderado	15° - 25° (27% - 47%)	3	Moderadamente Inclinado
Alto	25° - 45° (47% - 100%)	4	Muy Inclinado
Muy Alto	>45° (>100%)	5	Extremadamente Inclinado

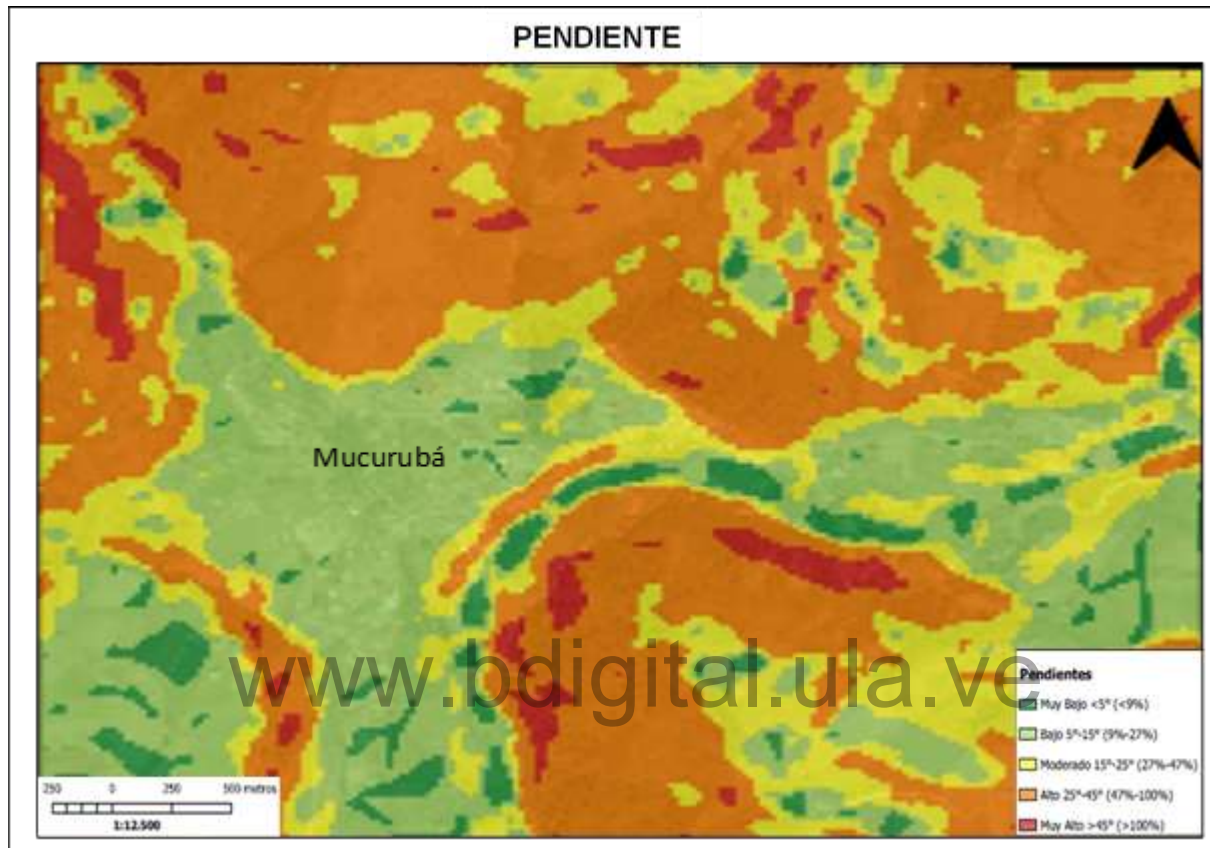
Fuente: Contreras y Salas 2018

Figura 4.4 Niveles de susceptibilidad en relación a los rangos de pendientes propuestos por Suarez (1998).

La población de Mucurubá y sus adyacencias se caracterizan por ser esencialmente una zona montañosa, exhibiendo una topografía escarpada y accidentada, presentando fuertes pendientes en las vertientes con valles longitudinales y transversales con ciertos desniveles.

De acuerdo al mapa de rangos de pendientes generado (Figura 4.5) el área de estudio presenta en su mayoría rangos de pendiente entre 25°-45° (47% - 100%), considerados como pendientes altas, abarcando áreas de 1.727.263,47 m² aproximadamente, lo cual representan el 48,6% del área general, seguido por las pendientes bajas de 5°-15° (9%-27%), con un porcentaje de 22,34%, esta área es de gran importancia ya que es en ella en donde se encuentra ubicada la población de Mucurubá y por donde están trazadas las principales vías de acceso, como por ejemplo la carretera trasandina. Los porcentajes más pequeños se relacionan con pendientes que están comprendidos

en los rangos de Muy Bajo $<5^\circ$, Moderado $5^\circ-15^\circ$ y Muy alto $>45^\circ$, con porcentajes de extensión de 3.72%, 20.42% y 4.86%, respectivamente.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.5 Pendientes de la zona de interés.

4.1.1.3 Vegetación y usos de la tierra.

La intervención de la cobertura vegetal, afecta los procesos de infiltración y evapotranspiración del suelo, así como, la capacidad de las raíces de arraigarse a él, fungiendo como detonante o protector en la generación de procesos hidrogeomorfológicos. Tal como lo afirma Ramirez (2014), el cual expresa en su investigación que existe una relación importante entre la activación de movimientos en masa, el tipo cobertura de la tierra y el uso que el factor antrópico le da a los suelo. De este análisis se asume que un suelo totalmente cubierto por una masa boscosa es más estable y menos susceptible a la activación de procesos hidrogeomorfológicos y que las zonas desprovistas de vegetación poseen en consecuencia mayor susceptibilidad a la activación de movimientos en masa.

De acuerdo a lo descrito por Flores y Manzanilla (1999) en Molina 2008, el uso de la tierra está referido a la utilización del recurso tierra con fines de obtener los máximos beneficios, que busquen la satisfacción de las necesidades de una determinada población. Es importante destacar que el uso de la tierra debe ajustarse a las potencialidades y limitaciones del terreno, así como la dinámica poblacional, todo en miras a un desarrollo sustentable.

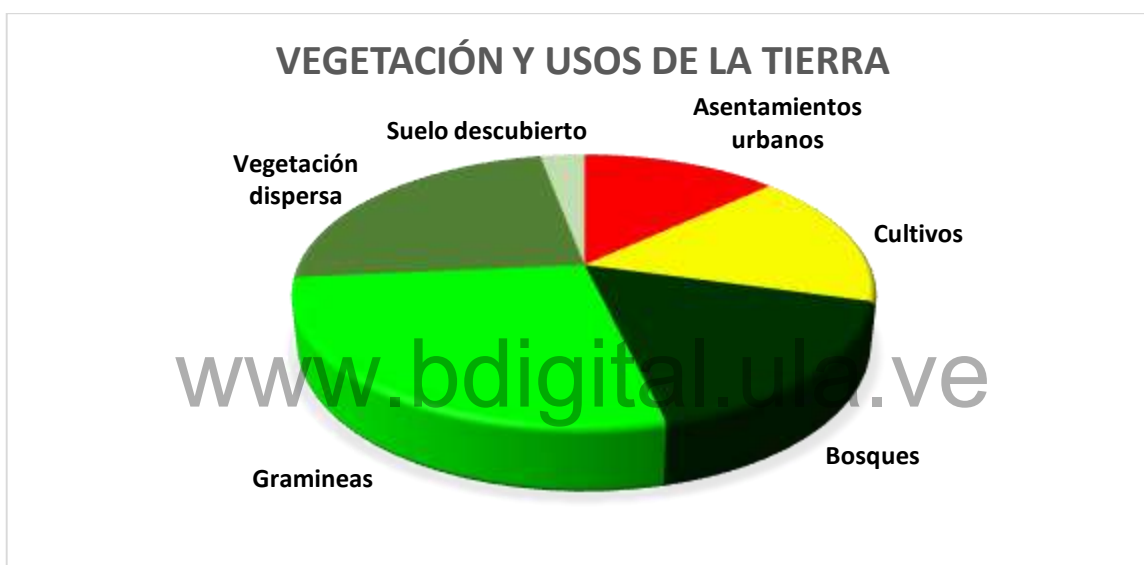
En la zona de estudio se identificaron seis unidades de cobertura, las cuales son: asentamientos urbanos, cultivos, bosques, gramíneas, vegetación dispersa y suelo descubierto; cuya descripción y porcentajes dentro de la superficie total, se pueden apreciar en la tabla 4.2 y figura 4.6. De estos resultados se puede observar que las áreas utilizadas para pastoreo y espacios abiertos con presencia de gramíneas predominan en la zona con un 27.26%, seguido por zonas con vegetación dispersa con un 23.5%. Mientras que los asentamientos urbanos solo representan un 13.08 % de la extensión total del área de estudio. Además de esto se presentan zonas utilizadas en su mayoría para la agricultura influyendo significativamente en la inestabilidad del terreno; debido a la presencia de sistemas de riego y aguas servidas establecidos de forma indebida que podrían saturar los suelos; en el último lugar se tienen las zonas desprovistas de vegetación las cuales representan tan solo un 2.96% del área total (figura 4.7).

Tabla 4.2. Descripción y distribución porcentual de las unidades de vegetación y usos de la tierra.

Unidad Vegetal y uso de la tierra	Descripción	Porcentaje
Asentamientos urbanos	Se incluyen las áreas ocupadas por usos urbanos, los cuales tienen influencia sobre la dinámica de los movimientos en masa.	13.08%
Cultivos	Áreas agrícolas con alto grado de intervención, cultivos sin técnicas de conservación de suelos.	16.18%
Bosques	Involucra el bosque denso primario distribuido en la parte media - alta de las subcuencas, resaltantes en algunas vertientes de los parques nacionales. Se incluyen las plantaciones forestales de pino.	17%
Gramíneas	Áreas utilizadas para pastoreo y espacios abiertos con presencia de gramíneas (sin presencia abundante de cobertura arbórea). Susceptibles a los procesos erosivos y la activación o reactivación de movimientos en masa.	27.26 %
Vegetación dispersa	Se corresponde con áreas que presentan una mezcla de usos agrícolas y construcciones dispersas principalmente en relieve de vertientes y colinas.	23.5 %

<p>Suelo descubierto</p>	<p>Suelos intervenidos cuya recuperación de vegetación secundaria no ha podido regenerarse. Áreas con presencia de afloramientos rocosos, que impiden el crecimiento de vegetación. Áreas descubiertas de vegetación y sin uso, en ocasiones sin capa de suelo, totalmente degradadas, con procesos hidrogeomorfológicos y movimientos de masa activos.</p>	<p>2.96 %</p>
---------------------------------	---	---------------

Fuente: Elaboración propia. Modificado de Ramírez 2014.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.6 Distribución de la unidades de vegetación y usos de la tierra dentro del área de estudio.

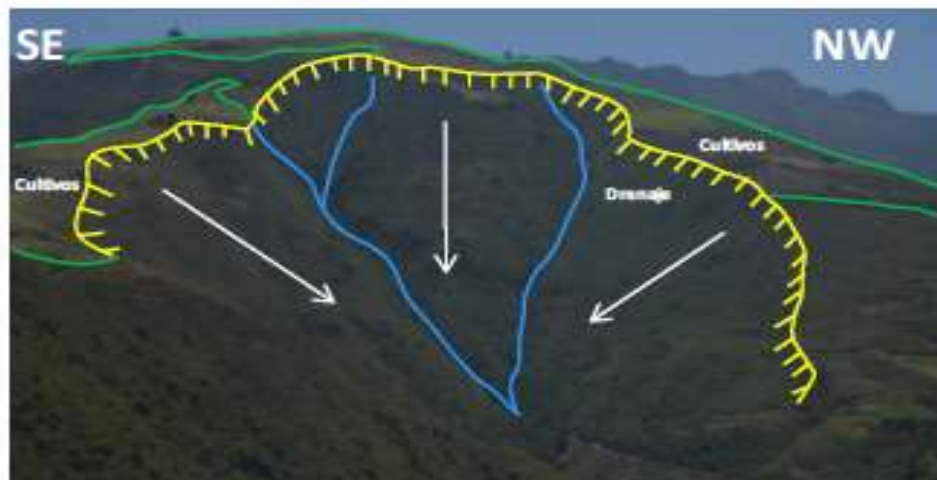
4.1.1.4 Procesos hidrogeomorfológicos.

Definido por aquellas zonas que son propensas a la ocurrencia de eventos hidrogeomorfológicos y está directamente influenciada por el relieve. Dentro del área de estudio mayormente se presentan deslizamientos de tipo rotacional (figura 4.8), lo que podría ocasionar debilitamiento y desestabilización del material, que junto a pendientes lo suficientemente inclinadas, podría generar un movimiento ladera abajo.



Fuente: Elaboración propia.

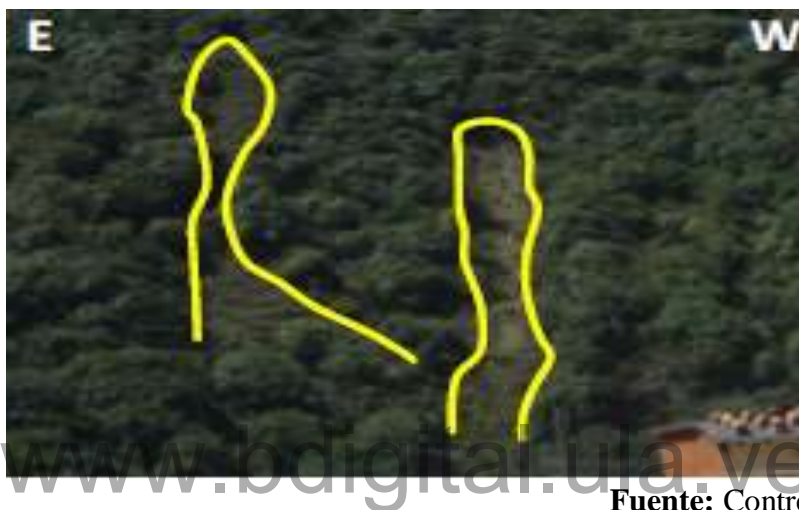
Figura 4.7 Vegetación y usos de la tierra de la zona de interés.



Fuente: Contreras y Salas, 2018.

Figura 4.8 Deslizamiento rotacional de gran tamaño sin presencia de masa deslizada. No se encuentra activo.

De igual manera, se observan numerosas cárcavas y flujos en vertientes inclinadas cercanas a Mucurubá; los cuales pueden representar una amenaza al momento de presentarse fenómenos climáticos extremos, como lluvias torrenciales o lluvias prolongadas, que permitan el movimiento pendiente abajo del material suelto y meteorizado. Finalmente se presentan procesos areales de tipo derrumbe (figura 4.9), relacionadas directamente con el colector principal de la zona (rio Chama), el cual socaba las bases de ciertos taludes, modificando su geometría y ocasionando la caída vertical del material no consolidado (Contreras y Salas, 2018).

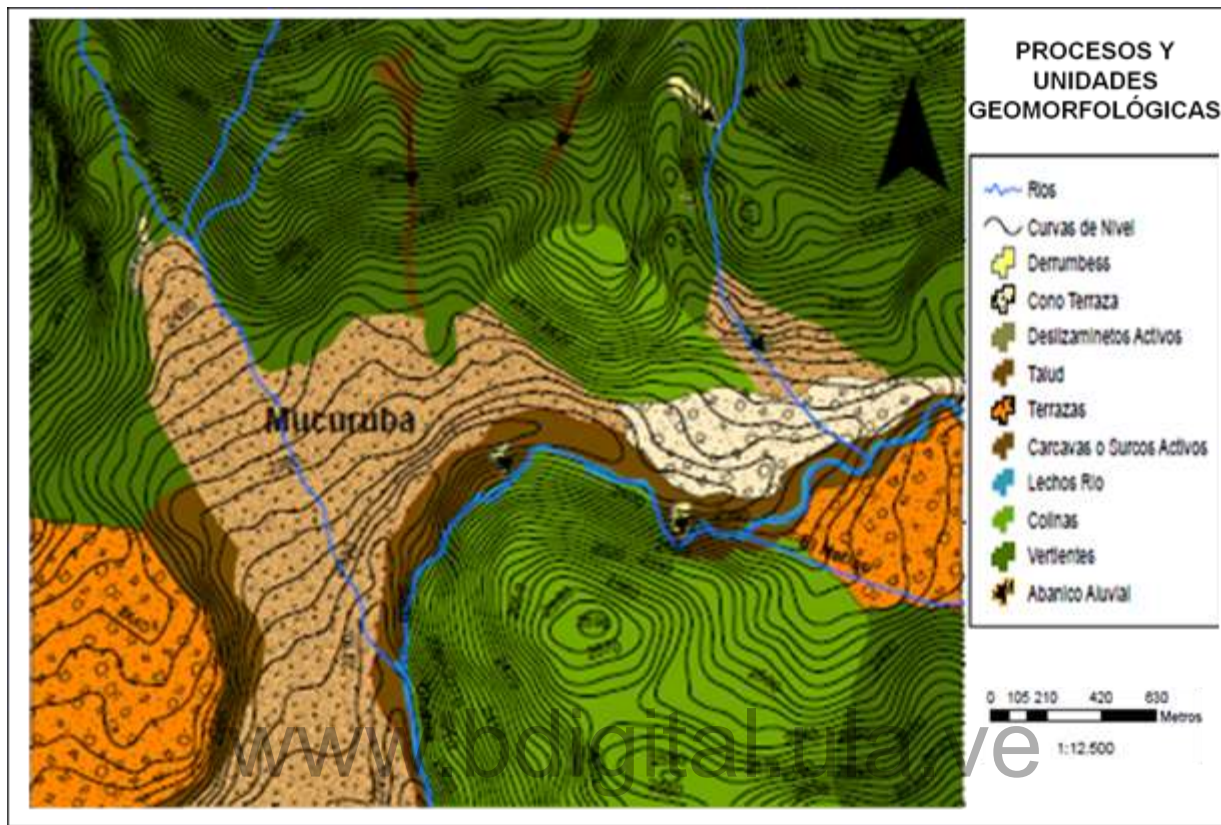


Fuente: Contreras y Salas, 2018.

Figura 4.9 Procesos como este se observan repetitivamente en las vertientes más cercanas a la población de Mucurubá, con pendientes moderadas.

Las unidades y procesos geomorfológicos que se establecieron en la zona de estudio fueron las siguientes: conos terrazas, talud, terrazas, lechos del rio, colinas, vertientes y abanico aluvial, como unidades geomorfológicas; y derrumbes, deslizamientos activos, cárcavas o surcos activos, como procesos geomorfológicos, respectivamente. Todas estas unidades se pueden visualizar en la (Figura 4.10), y su descripción y distribución porcentual se aprecian en la tabla 4.3 y la figura 4.11.

Teniendo como resultado que la mayor concentración de los procesos se encuentra en las vertientes inclinadas las cuales tienen una extensión del 40.84% del área total y en las zonas de talud, los cuales ocupan un 7.42%, respectivamente. Ambas unidades tienen como característica importante, la mayor posibilidad de que el terreno se desestabilice ya que el relieve tiene altas pendientes, el material está suelto (talud) y las rocas moderadamente meteorizadas (vertientes). Adicionalmente, las cárcavas o surcos activos son los procesos geomorfológicos con mayor porcentaje de afectación en la zona de interés con un 0.86%, los cuales representan cauces naturales por donde se concentra y corre el agua proveniente de las precipitaciones.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.10 Procesos y unidades geomorfológicas de la zona de interés.

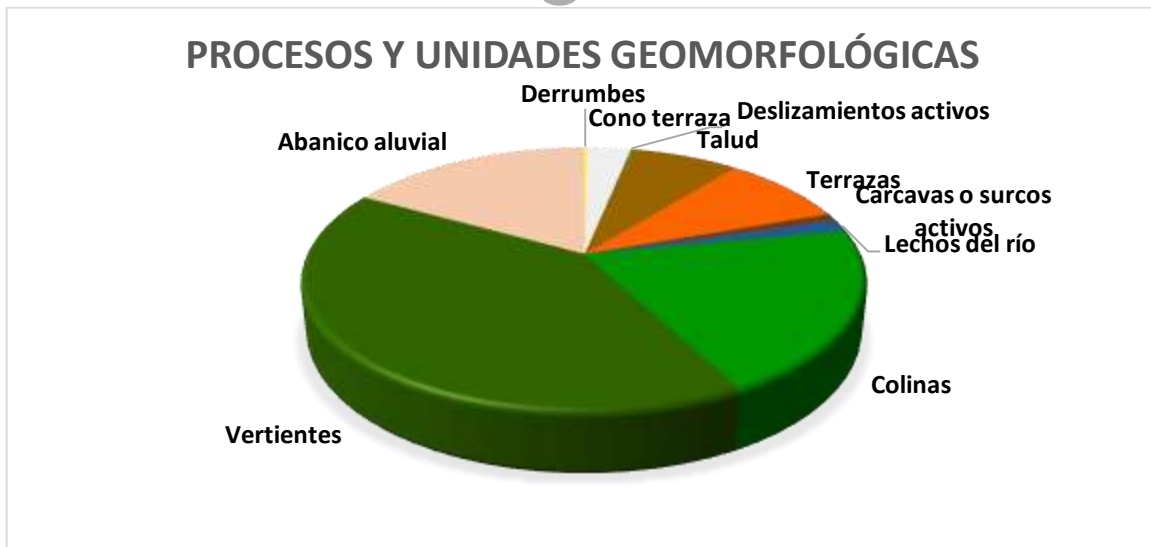
Tabla 4.3. Descripción y distribución porcentual de los procesos y unidades geomorfológicas.

Unidad Vegetal y uso de la tierra	Descripción	Porcentaje
Derrumbes	Se definen como procesos gravitacionales que constituyen caídas libres muy rápidas de bloques o masas rocosas independientes	0.26 %
Cono Terrazas	Depósitos coluvio-aluviales altos, con espesores considerables de topografía plana a suavemente inclinadas, bordeados por taludes y vertientes.	2.93 %
Deslizamientos activos	Son movimientos de masas de suelo o roca que deslizan, moviéndose sobre una o varias superficies de rotura netas, al superarse la resistencia al corte de estas superficies.	0.13 %

Talud	Formas del relieve extremadamente inclinadas que representan cortes y desniveles considerables, compuestas por sedimentos no consolidados e inestables.	7.42 %
Terrazas	Depósitos de topografía plana a suavemente inclinadas, bordeados por taludes y vertientes.	8.79 %
Cárcavas o surcos activos	Sigue la pendiente máxima del terreno y constituye un cauce natural en donde se concentra y corre el agua proveniente de las lluvias	0.86 %
Lechos de río	Lechos de río en los fondos de valle.	1.61 %
Colinas	Las colinas son formaciones intermedias de forma redondeada y aplanada en sus cimas colindantes con vertientes y zonas bajas.	20.25 %
Vertientes	Topografía inclinada y muy inclinada con desniveles considerables	40.84 %
Abanicos Aluvial	Depósitos aluviales sobresalientes, de poca pendiente en contacto con terrazas y vertientes	16.87%

Fuente: Elaboración propia.

www.bdigital.ula.ve



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.11 Distribución de la unidades y procesos geomorfológicos.

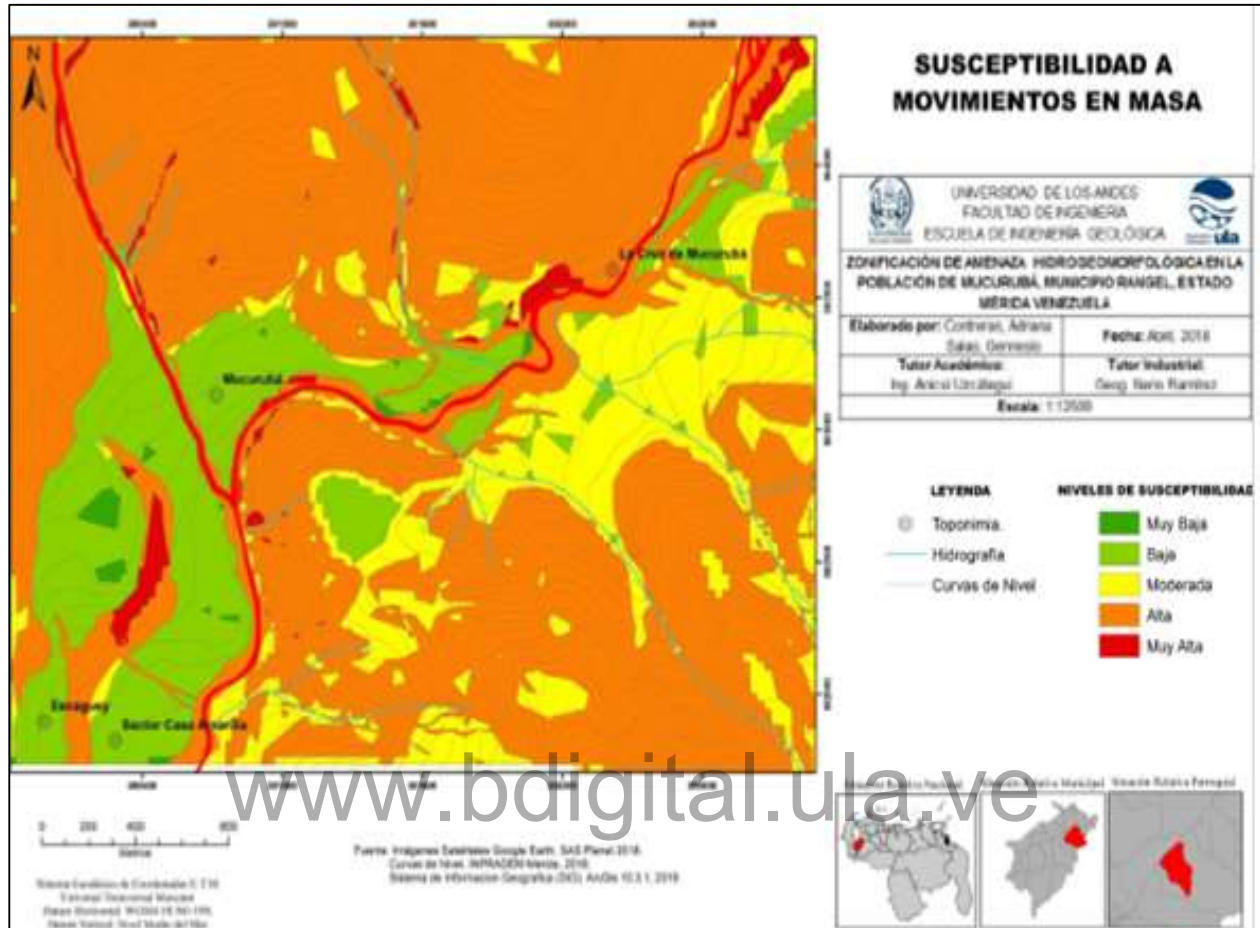
Estos porcentajes a pesar, de ser pequeños son importantes porque están justamente en los alrededores a las áreas en donde se concentra la mayoría de la población, pudiendo provocar un debilitamiento de las laderas y tener una afectación directa sobre la comunidad. En zonas de terrazas, abanicos aluviales y colinas, está casi ausente procesos geomorfológicos, principalmente por presentar relieves poco inclinados donde las posibilidades de desestabilización del terreno son muy bajas (figura 4.12).



Fuente: Contreras y Salas, 2018.

Figura 4.12 Unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio.

En cuanto a la zonificación de susceptibilidad a procesos hidrogeomorfológicos realizado por Contreras y Salas, 2018 (Figura 4.13), el área de estudio presenta una alta susceptibilidad a los movimientos en masa, con un 65,43%, lo que se traduce en zonas con pendientes de moderadas a altas, cercanas a vertientes y cursos de agua efectivos; así como zonas de talud, que en general tienen una vegetación escasa, haciendo del territorio un área que esta propensa a ser influenciada por los agentes externos meteorizantes, afectando las rocas presentes y por lo cual se deben tener altas restricciones al momento de su ocupación. La descripción de cada uno de los niveles de susceptibilidad se puede visualizar en la figura 4.13 y en la tabla 4.4.



Fuente: Contreras y Salas, 2018.

Figura 4.13 Susceptibilidad a movimientos en masa el área de estudio.

Tabla 4.4. Descripción de los niveles de susceptibilidad a movimientos en masa el área de estudio.

Muy Baja	Muy bajas restricciones al momento de construir edificaciones. Pendientes poco inclinadas a planas ($>5^{\circ}$ - 15°), donde geomorfológicamente predominan las terrazas y el uso de la tierra esta orientado a la agricultura y algunas zonas cubiertas de vegetación gramínea. Alejado de vertientes y cursos de agua principales y de bordes de taludes. La geología esta representada por sedimentos del cuaternario.
Baja	Bajas restricciones al momento de construir edificaciones, entre ellas, la separación de seguridad de 25 m en las proximidades de cauces efectivos de agua. Pendientes poco inclinadas (5° - 15°), ubicado mayormente en zonas de abanicos, terrazas y topes de colina. Cerca de vertientes. El suelo es utilizado principalmente para fines agrícolas y asentamientos urbanos. La geología se compone de sedimentos cuaternarios.

Moderada	Moderadas restricciones al momento de construir edificaciones. Pendientes entre poco (5° - 15°) y moderadamente inclinadas (15° - 25°). Zonas de abanicos aluviales coalescentes, donde se concentra la actividad agrícola y la vegetación es principalmente de tipo gramínea. Abarca pequeñas porciones de zonas de vertientes inclinadas. Cercano a drenajes intermitentes, que pueden activarse a través de fenómenos climáticos extremos. La geología está representada por sedimentos cuaternarios y en menor proporción rocas de la Asociación Sierra Nevada que muestran meteorización considerable.
Alta	Altas restricciones al momento de construir edificaciones. Pendientes entre inclinadas y muy inclinadas (25° - 100°) en las zonas de vertientes y moderadamente inclinadas (15° - 25°) en zonas de talud, las cuales se encuentran inmediatas al cauce principal, susceptible a crecidas vinculadas a eventos extraordinarios de precipitaciones. En las vertientes se concentran los procesos hidrogeomorfológicos observados. La geología se compone de rocas de la Asociación Sierra Nevada que se encuentran de manera general con un moderado grado de meteorización. La vegetación es en su mayoría de tipo gramínea o de matorral, pudiéndose encontrar zonas agrícolas.
Muy Alta	Muy altas restricciones al momento de construir edificaciones, especialmente en las cercanías del cauce efectivo principal del área (río Chama). Pendientes inclinadas y muy inclinadas (25° - 100°), que abarcan pequeñas porciones de zonas de vertientes muy inclinadas y zonas de talud. La geología está representada por rocas meteorizadas de la Asociación Sierra Nevada y sedimentos cuaternarios recientemente depositados por el drenaje principal.

Fuente: Contreras y Salas, 2018.

4.1.1.5 Precipitación.

Las lluvias que provocan deslizamientos de tierra y otros procesos geomorfológicos, en condiciones climáticas como las que se presentan en la zona de estudio, clima semiárido frío y escasas precipitaciones, requieren ser eventos extraordinarios. Estos eventos pueden ocurrir dentro de la zona o en zonas superiores en este caso, cuenca del río Chama, y deben ser lo suficientemente fuertes como para saturar el suelo y provocar el movimiento de ladera abajo o crecidas inusuales del río. Para ellos se analiza la precipitación máxima horaria o diaria para comprender mejor su papel como desencadenante de estos procesos.

Al ser el área de estudio relativamente pequeña, la variable precipitación se evaluará como un todo, y no como un conjunto de unidades independientes. Esto se debe a que, si se presenta un evento climático como lluvias torrenciales, afectará a toda la zona de estudio por igual, sin importar las pequeñas variaciones locales. Para ello se tomó en cuenta tres datos referenciales de investigaciones previas y ponderados considerando los umbrales establecidos por Suarez (2009) (tabla 4.5).

Tabla 4.5. Pesos de los diferentes valores de precipitación para la evaluación de amenazas a procesos hidrogeomorfológicos.

Factor	Categoría	Peso	Peso Adaptado	Nivel de Amenaza
Máxima precipitación diaria	Más de 150 mm	1	5	Muy Alto
	100 a 150 mm	0.8	4	Alto
	50 a 100 mm	0.6	3	Moderado
	20 a 50 mm	0.2	2	Bajo
	0 a 20 mm	0	1	Muy bajo
Máxima Precipitación Horaria	30 a 40 mm	1	5	Muy Alto
	20 a 30 mm	0.8	4	Alto
	10 a 20 mm	0.6	3	Moderado
	5 a 10 mm	0.2	2	Bajo
	0 a 5 mm	0	1	Muy Bajo

Fuente: Modificado de Suarez (2009).

Las crecidas en la cuenca alta del río Chama a menudo son causadas por lluvias de baja intensidad, pero que abarcan una gran extensión y duran mucho tiempo. Un caso particular fue el ocurrido en 26 de junio de 1993, en el cual la lluvia duró 15 horas y se cree que la tormenta se originó en la cuenca del río Santo Domingo, según datos de la estación La Mitisus (ubicada cerca de la represa Páez). Aunque la causa de la crecida no se encontraba cerca de Mucurubá, sus efectos destructivos sí se sintieron en esa población y sus alrededores, por lo que se utiliza como referencia en este estudio (Contreras y Salas, 2018). Para ello, Silva (1993), utilizó datos de precipitaciones horarias de cuatro estaciones pluviométricas pertenecientes al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales Renovables (MARNR), y una estación climatológica y pluviométrica perteneciente al Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) (Tabla 4.6).

Tabla 4.6. Precipitaciones horarias de la tormenta del 26-06-93, desde las 0:00 hasta las 15:00 horas.

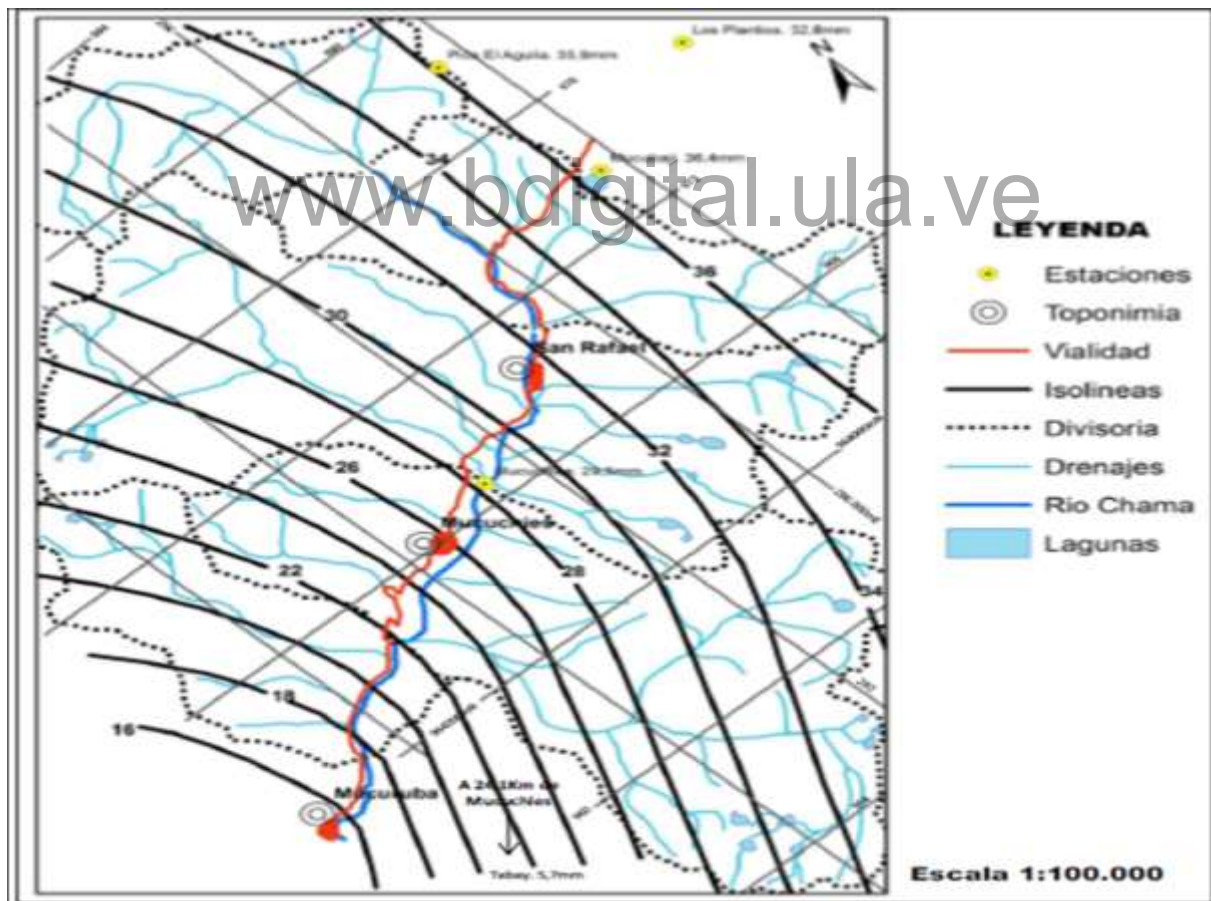
Precipitación Horaria en décimas de mm															
Hora															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
Estación Pico el Águila (MARNR)															
2	1	7	20	52	26	23	50	33	11	13	19	55	40	7	359
Estación Mucubaji (MARNR)															
0	8	25	49	39	17	31	43	14	13	51	18	30	21	5	364
Estación Mucuchíes (FONAIAP)															
0	7	36	29	14	32	34	22	9	15	42	32	10	5	8	295
Estación los Plantíos (MARNR)															
0	0	0	1	2	0	15	51	74	36	37	48	36	11	17	328

Estación Tabay (MARNR)															
16	1	7	1	3	12	7	4	1	0	4	1	0	0	0	57

Fuente: Modificado de Silva (1993).

Para este estudio, se utilizaron los datos de la estación meteorológica Mucuchíes, la más cercana a la zona de estudio. Durante las 15 horas que duró la tormenta, la estación registró un total de 29.5 mm de precipitación. Comparando este valor con los umbrales de máxima precipitación diaria propuestos por Suárez (2009), se observa que la precipitación se ubica en un nivel bajo de amenaza, con un peso de 2.

Observando el mapa de isoyetas de la tormenta creado por Silva (1993) (Figura 4.14), basado en las estaciones de la tabla 4.5, se observa que Mucurubá y sus alrededores se encuentran entre las isolíneas de 14 mm y 16 mm de precipitación. Al comparar estos valores con los umbrales de máxima precipitación horaria de Suárez (2009), se les asigna un peso de 3, que indica un nivel moderado de amenaza.



Fuente: Contreras y Salas, 2018. Modificado de Silva, 1993

Figura 4.14. Isoyetas de la tormenta del 26-06-93 con duración de 15 horas.

4.1.2 Factores sociales.

4.1.2.1 Percepción del riesgo.

La percepción del riesgo es una condición subjetiva que varía de un individuo a otro, es la forma en cómo perciben el riesgo desde su intuición y conciencia personal, y está en función de su experiencia personal o ajena. Es una variable que está ligada a la educación integral de la Gestión de Riesgos, a partir del intercambio de experiencias y enseñanzas sobre la reducción del riesgo de desastres y la preparación que tengan ante una situación de desastre.

En esta variable se considera: los conocimientos sobre los desastres ocurridos en el área, identificación de las amenazas naturales presentes y formas de actuación, y conductas en el momento de los eventos ocurridos. De esta forma se puede definir la proactividad de las personas sobre todo si ya han vivido un desastre y cuál sería la imagen que tienen sobre los desastres en el imaginario común (Ramírez y Rodríguez, 2013).

Al identificar las amenazas que enfrenta una comunidad, se pueden comprender mejor las causas que la hacen vulnerable a desastres. Esto permite a la población tomar medidas para reducir su riesgo y aumentar su capacidad de respuesta. Conocer los sitios seguros de la localidad es crucial para una evacuación rápida y efectiva en caso de emergencia. Si las personas saben dónde ir y cómo llegar, pueden actuar con calma y minimizar el tiempo de exposición al peligro. El conocimiento de los sitios potencialmente peligrosos dentro de la comunidad juega un papel crucial en la seguridad de las personas. Al evitar transitar por estas zonas, se reduce significativamente el riesgo de sufrir daños en caso de un desastre o evento adverso. Por otro lado, quienes no conocen o ignoran estos lugares de riesgo se encuentran en una situación vulnerable, ya que podrían ubicarse en zonas inadecuadas y aumentar su exposición a las amenazas presentes en su comunidad.

En resumen, identificar las amenazas y los sitios seguros de la comunidad empodera a las personas para actuar de manera proactiva ante los desastres, aumentando sus posibilidades de supervivencia.

Para conocer la percepción del riesgo en la población de Mucurubá, se diseñó un mecanismo de consulta que consta de 4 preguntas, de fácil discernimiento el cual puede ser observado en el Apéndice B. En esta consulta lo que se pretendía era conocer cuál era el conocimiento de las personas sobre eventos adversos que pudiesen afectar su territorio, en este caso en particular, los procesos hidrogeomorfológicos y si tenían alguna memoria colectiva en cuanto a dichos eventos. De igual forma se consultó sobre el nivel de preparación con el que contaba la población como respuesta a un evento de este tipo, tanto a nivel comunitario como institucional.

La consulta se realizó a 30 personas elegidas al azar sin distinción en edad, sexo y nivel educativo, en la comunidad de Mucurubá, cuyos resultados se muestran a continuación (Figura 4.15):

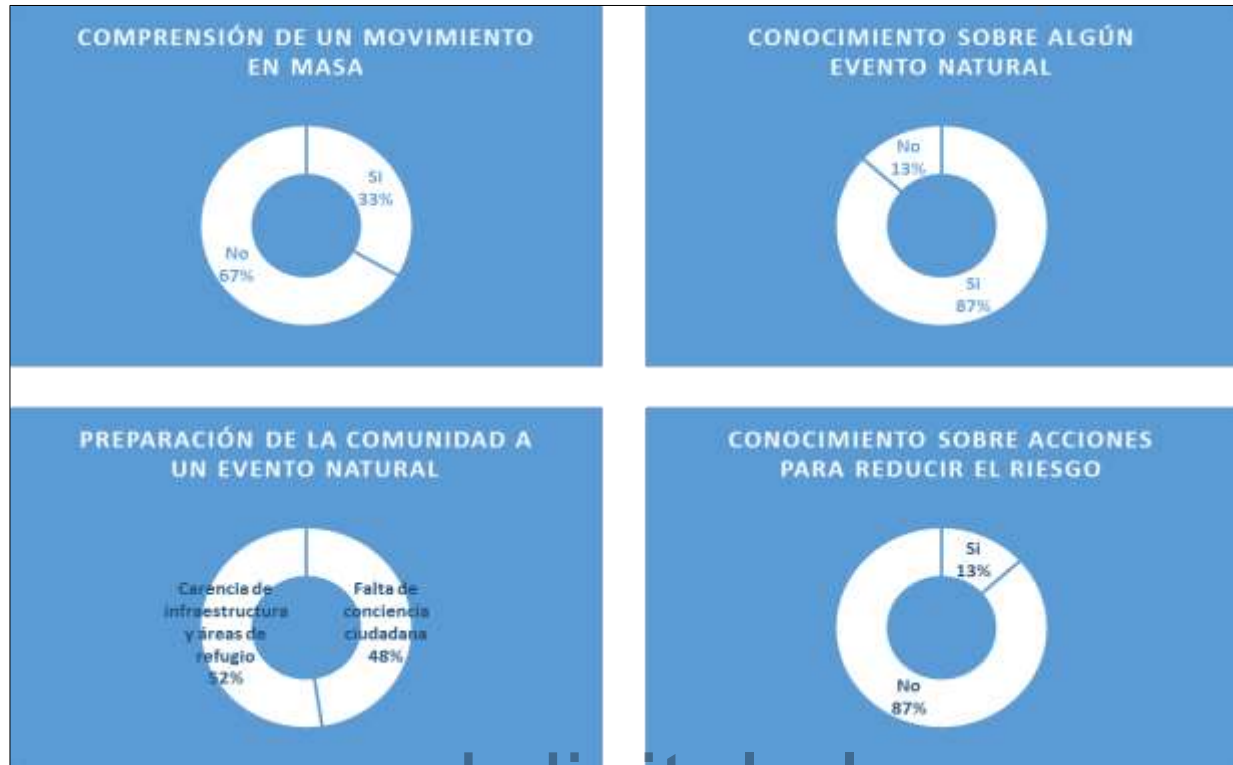


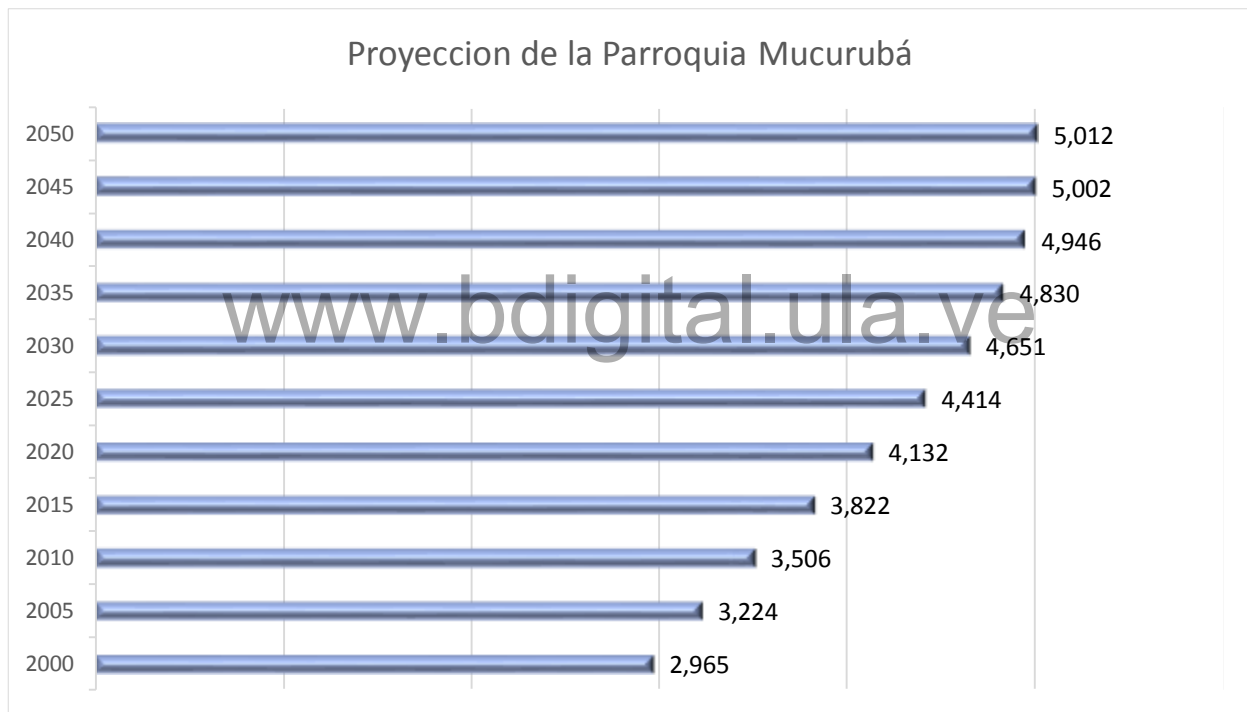
Figura 4.15. Resultados de la consulta realizada a la población de Mucurubá, relacionada a la percepción del riesgo. Fuente: Elaboración propia

De las consultas realizadas, se puede deducir que aproximadamente un 70% de la población desconoce lo que es un movimiento en masa, sin embargo, aunque no saben los aspectos conceptuales, si tienen conocimiento sobre eventos naturales que han afectado zonas aledañas a su comunidad principalmente en los sectores de Cacute y Valle Hermoso, ambas localidades situadas sobre la carretera trasandina y que afectan directamente la comunicación entre el estado Mérida y estados colindantes. En cuanto a la preparación de la comunidad ante la ocurrencia de un evento natural, el 100% de las personas consultadas, concuerdan que no están preparadas, cuya causa principal es la carencia de infraestructura y áreas de refugio (52%) y en segundo lugar a la falta de conciencia ciudadana. De igual manera, el conocimiento sobre la realización de acciones para reducir los daños ocasionados por eventos naturales, un 87% desconoce por completo si se está realizando alguna acción y el resto solo tiene conocimiento sobre obras de canalización que están realizando en la zona, evidenciando la ineficaz o carente educación integral de riesgo que se está realizando en la comunidad, indistintamente del nivel educativo; así como la nula conciencia personal y colectiva sobre eventos de tipo hidromorfológico ocurridos en la localidad.

4.1.2.2 Densidad poblacional.

Esta expresada como la cantidad de población o número de habitantes por unidad de superficie. En términos de vulnerabilidad, aquellas áreas con una concentración de población elevada, podría significar mayor cantidad de pérdidas humanas y materiales ante la ocurrencia de un evento adverso.

La parroquia Mucurubá posee un territorio que sirve de base para la vida y actividades productivas de la población local. Esta población se concentra principalmente en centros poblados como Mucurubá, Escaguey, La Ranchería y San Benito, mientras que la población dispersa se organiza en pequeñas aldeas distribuidas por el territorio. Esta parroquia concentra el 17.72 % de la población del municipio Rangel (con 23.312 habitantes, para el año 2020, según el Censo 2011), Conforme a las proyecciones del INE, se estima que al año 2025, se tengan unos 4414 habitantes (Figura 4.16).



Fuente: Elaboración propia, con base al censo 2011, INE.

Figura 4.16. Proyecciones de la población de la parroquia Mucurubá, desde 2000-2050.

En otro sentido, la parroquia de Mucurubá tiene una superficie aproximada de 91 km², para el año 2001 (INE), por lo que tendría para el año 2025 una densidad poblacional de 48.50 hab/km² (Figura 4.17) Esta consulta se realizó en un total de 824 viviendas de las cuales un 11.28 % muestran condiciones de hacinamiento, el cual es una condición que está relacionada con la sobreutilización de los servicios y con la dificultad o no de desalojo ante la ocurrencia de un evento hidromorfológico. Adicionalmente se tiene, que de acuerdo a la composición de los grupos de

edad, predomina la población adulta que concentra un 53.35%, seguida de la población joven con un 36.48% y la población de adultos mayores con 10.16%, respectivamente (Censo, 2011. INE), esta clasificación en función de los grupos de edad se basó en la establecida por Martín, 2005, en Ramírez y Rodríguez, 2013 (Tabla 4.7).



Figura 4.17. Imagen panorámica donde se puede observar la concentración de la población de la parroquia Mucurubá. **Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 4.7. Distribución de los grandes grupos por edad en una población.

Grandes Grupos	Grupos específicos	Edad (años)
Jóvenes	Lactantes	<1
	Primera infancia	1-5
	Niñez media	6-13
	Adolescentes	14-19
Adultos	Adultos	20-59
Adultos mayores	Adultos mayores	≥60

Fuente: Martín 2005, en Ramírez y Rodríguez 2013.

Estos datos relacionados a los grupos de edad es importante porque su distribución describe la composición de la población por su condición de ocupada o desocupada, lo cual es crucial para comprender la dinámica económica local. Además permite evaluar el impacto potencial en la economía si se pierde o afecta la mano de obra, determinando la cantidad de personas disponibles para un proceso de rehabilitación. Esta variable también es relevante para analizar la población dependiente, como ancianos y niños, que no forman parte de la fuerza laboral.

En el área bajo estudio la densidad de la población se concentra en un área aproximada de 19.55 km² cuya concentración población se puede observar el siguiente mapa (Figura 4.18).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.18. Concentración de la población.

4.1.3 Factores espaciales.

4.1.3.1 Edificaciones singulares.

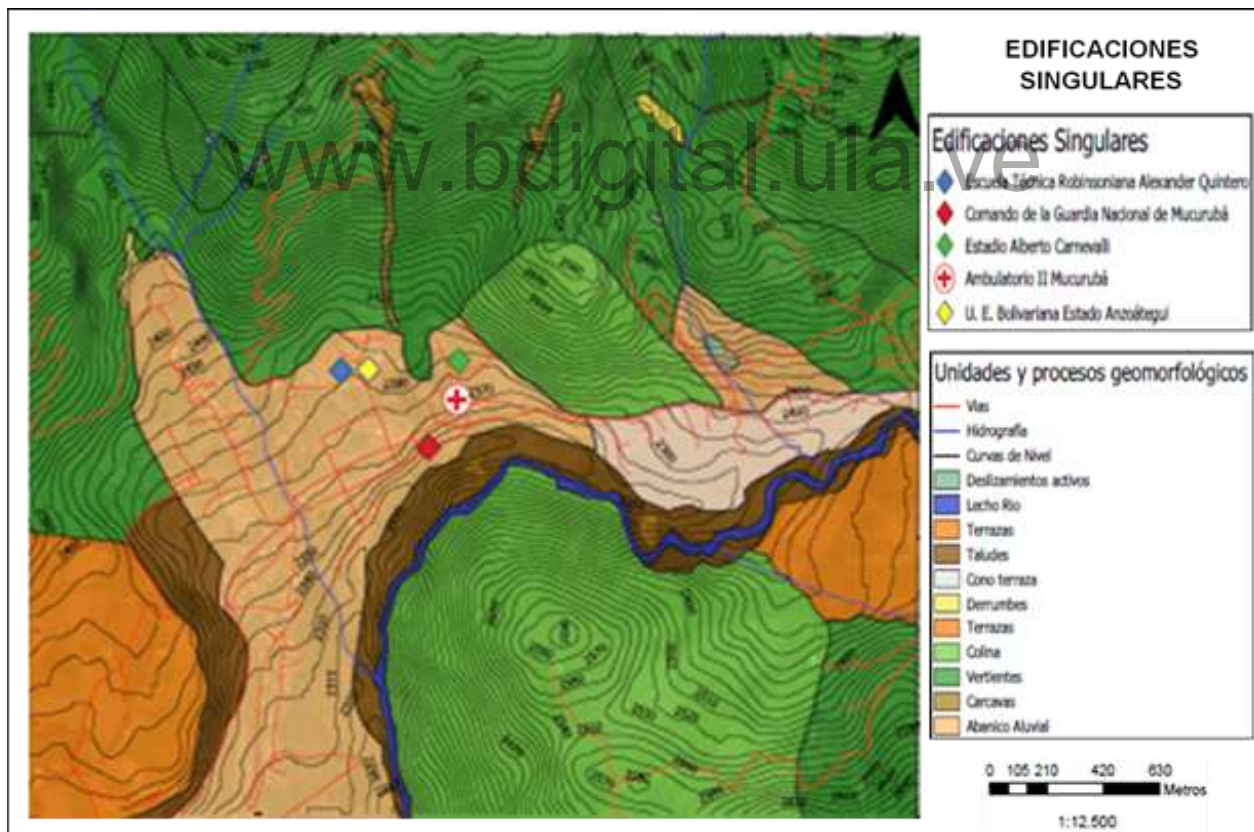
Referida a la ubicación de los centros de salud y sitios que puedan ser refugio en caso de un evento como por ejemplo centros deportivos y educativos; así como cuarteles militares. Para ello se tomó en cuenta variables como cercanía a procesos geomorfológicos activos y sobre que unidades geomorfológicas estén construidas; así como la pendiente, factor determinante en la estabilidad de una ladera. Teniendo como primicia que las edificaciones consideradas seguras serán aquellas que cumplen con las normativas vigentes de construcción, localizadas en zonas geológicamente estables o que cuentan con obras ingenieriles de contención (las ubicadas en cortes o terraplén).

En el área de estudio se cuenta con las siguientes edificaciones singulares (Tabla 4.8) cuya ubicación se puede observar en la figura 4.19.

Tabla 4.8. Distribución de los grandes grupos por edad en una población.

Tipo de Edificación	Nombre
Centro médico- asistencial	Ambulatorio II Mucurubá
Centro Educativo	U. E. Bolivariana Estado Anzoátegui (Cancha deportiva)
Centro Educativo	Escuela Técnica Robinsoniana Alexander Quintero
Brigada de Riesgo y Salud	U. E. Bolivariana Estado Anzoátegui
Centro deportivo	Estadio Alberto Carnevalli
Cuarteles militares	Comando de la Guardia Nacional de Mucurubá

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.19. Edificaciones singulares.

Tal como se puede evidenciar, la mayoría de las edificaciones singulares se encuentran ubicados en los sitios con una pendiente baja de 5 a 15° sobre el abanico aluvial, en la cual está asentada la gran parte de la población; no obstante existen edificaciones como el Comando de la Guardia Nacional de Mucurubá, ubicado inadecuadamente casi al borde del talud del río Chama, lo que conduce en gran frecuencia a que tanto en la época de lluvias (cuando el suelo se satura) como al momento de un evento sísmico, el material tienda a deslizarse o derrumbarse produciendo condiciones que conllevan a la pérdida de bienes y en el peor de los casos de vidas humanas.

Así mismo, los centros educativos (uno de los cuales alberga dentro de sus instalaciones la Brigada de Riesgo y Salud), se encuentran en el límite inferior de la principal cárcava activa que afecta la zona de estudio, haciendo que dichas edificaciones se encuentren expuestas a sufrir los daños provocados por un evento hidrogeomorfológico, ya que esta zona por tener poca vegetación y gran pendiente, pueden desencadenar flujos de agua y sedimentos, que dependiendo de la magnitud de la precipitación pueden generar daños aguas abajo, justo donde están ubicados los centros educativos.

4.1.3.2 Líneas vitales.

Para esta investigación las líneas vitales están referidas a la ubicación de las vías de acceso y servicios básicos con los que cuenta la población, tales como: vías principales y secundarias, redes de electricidad y telecomunicaciones, así como los sistemas de agua potable y alcantarillado; y las estaciones de servicio.

- **Sistema Vial.**

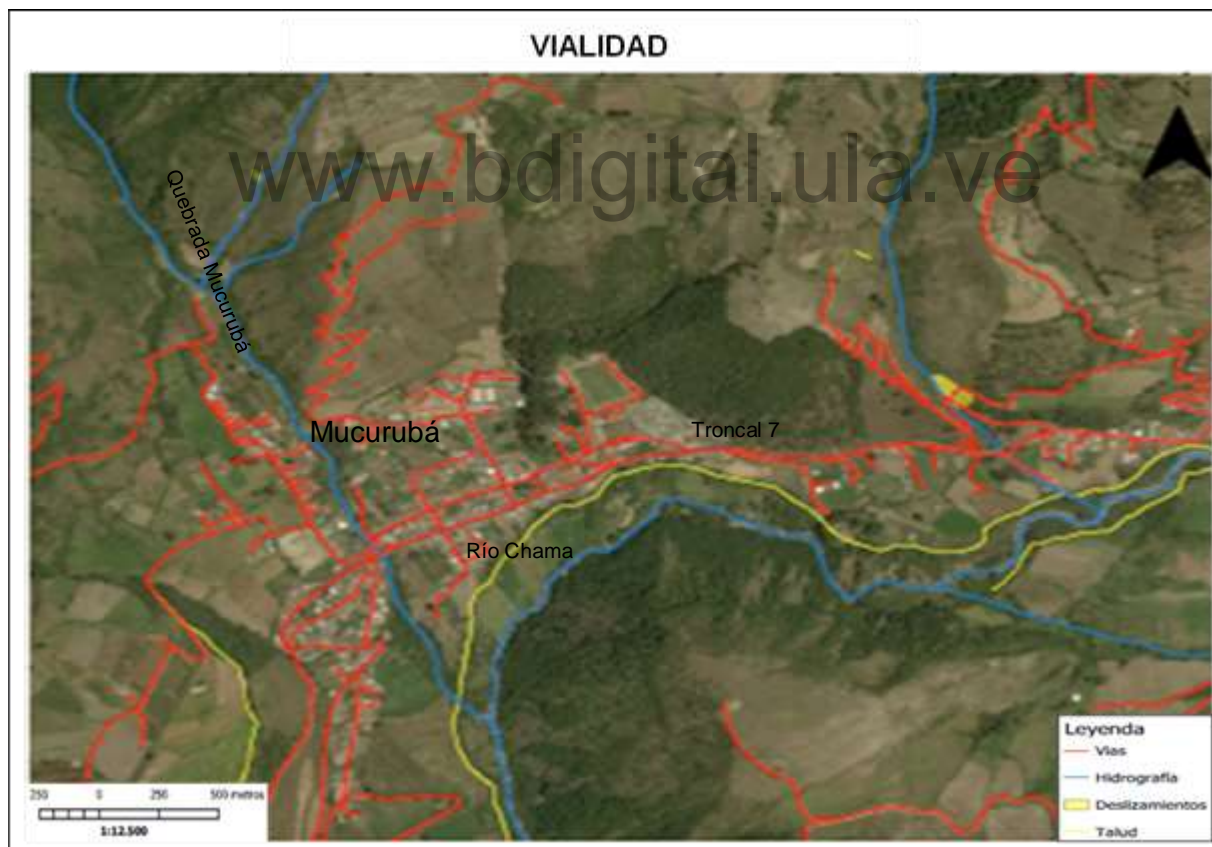
En el área de intereses se cuenta con una red de calles conformando un patrón cuadrulado (sobre todo en el casco central) cuyo desarrollo se da en sentido noroeste - sureste, limitado por el cauce del río Chama y por las laderas de montaña hacia el norte. Hay presencia de caminos secundarios que comunican el poblado con las zonas de cultivo, por lo general son caminos que no están asfaltados, lo cual puede representar demoras al momento de la movilización de los habitantes de este sector si llegase a ocurrir un evento hidrogeomorfológico. La vía principal que atraviesa el poblado de extremo a extremo, con una longitud aproximada de 1.5 kilómetros, forma parte de la carretera trasandina que comunica los estados Barinas y Trujillo con el estado Mérida (Troncal 7), siendo esta la vía de mayor importancia dentro del área (Figura 4.20).

Se puede evidenciar la presencia de movimientos en masa a las márgenes de la carretera, significando una posible condición de aislamiento de la población. Es importante señalar, que los sectores de la carretera principal (transandina) que atraviesa la población, se encuentra a un poco más de dos (2) metros de desnivel con respecto al lecho del río. Aunado a esto la población cuenta con un punto crítico dentro de su arteria vial, representado por un puente que pasa por encima de la quebrada Mucurubá, aumentando de esta forma el nivel de vulnerabilidad de la población antes

un evento adverso, ya que la misma se encuentra llena de material vegetal y grandes rocas que obstruyen el cometido de la estructura.

- **Sistema eléctrico**

Tanto el alumbrado público como el alumbrado doméstico en la zona son deficientes. A pesar de que la electricidad se genera en Santo Domingo, esta debe ser transmitida a El Vallecito antes de ser distribuida al páramo, lo que genera pérdidas y deficiencias en el suministro, ya que la generación de la electricidad proviene de un lugar remoto y la necesidad de transmitirla a través de una red eléctrica es insuficiente (Píetrangeli, 1999). Esto fundamentalmente por una falta de inversión en infraestructura eléctrica, trayendo como consecuencia una dificultad para transitar por las calles por la noche, el aumento de la inseguridad y la sensación de abandono por parte de las autoridades.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.20. Vialidad.

Para dar respuesta, el Gobierno Bolivariano del estado Mérida instaló un transformador de 50 KVA en el sector “La Cruz” de la parroquia Mucurubá para garantizar el bienestar en esta oportunidad de 65 familias de la población. Sin embargo, el suministro es muy poco en comparación con la demanda eléctrica, aunado al crecimiento poblacional y a la poca o casi nula planificación territorial.

La distribución en el consumo de energía eléctrica para el año 2006, según datos de CORPOANDES, Dossier municipal Rangel en Wolf, 2010; se puede detallar en la tabla 4.9, destacando que un 50% del consumo es residencial, seguido de un 19.31 y 15.23, en las instalaciones públicas y de uso comercial, respectivamente. Según estos datos las actividades agropecuarias no generan demanda eléctrica, ya que la mayoría todavía se realizan empleando técnicas rudimentarias.

En otro sentido, se puede decir que la red eléctrica es vulnerable a eventos hidromorfológicos, ya que los principales tejidos de distribución están a lo largo de las principales vías de comunicación y tal como lo vimos en el apartado anterior, estas tienen una probabilidad considerable a sufrir daños ocasionados por eventos de este tipo, lo que podría generar interrupciones en el servicio eléctrico con graves consecuencias para la población, necesitando medidas para mejorar la resiliencia de la red y minimizar los riesgos.

Tabla 4.9. Consumo de electricidad Municipio Rangel año 2006.

Cliente	Consumo (Kw)	Nº de clientes	%
Residencial	9.935.830	3886	50.09
Comercial	3.022.474	244	15.23
Industrial	1.911.270	4064	9.63
Actividades agropecuarias	0	0	0
Instituciones públicas	3.831.581	319	19.31
Alumbrado público	1.134.458		5.71
Total	19.835.613	8513	100

Fuente: Elaboración propia

- **Sistema de telecomunicaciones y de almacenamiento de gas combustible**

La población de Mucurubá cuenta con una subestación de CANTV y antena repetidora, a una cuadra de la plaza principal (figura 4.22) Sin embargo, el servicio no es bueno, y en épocas de lluvia no sirve (Píetrangeli, 1999).

En lo referente a al sistema de almacenamiento de gas combustible, dentro del área de estudio se encuentra ubicada una estación de servicio denominada E/S 1ero de Enero, que es la que surte de combustible a la población y comunidades aledañas, es importante destacar que la misma se encuentra sobre la vía principal, justo a la entrada del poblado (figura 4.21).

- **Sistema de agua potable**

El sistema de red de agua potable en la población de Mucurubá, de acuerdo a datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), para el Censo del 2011, se pueden observar en el siguiente grafico (Figura 4.22); en donde se evidencia que un 93.9 % de las viviendas les llega el agua por medio de acueductos o tuberías con una frecuencia del servicio de un 99%, es decir, que les llega agua todos los días; un 4.4% cuenta con pozo o manantial protegido; y un 1.16% hace la toma directa desde el cauce del rio y quebradas; el resto de la población cuenta con pozos con tubería o bomba o emplean otros mecanismos, representando tan solo el 0.50%, respectivamente.

Sin embargo, independientemente de la forma de abastecimiento de agua se tienen ciertas condiciones que afectan al sistema de forma general, como lo son: el abastecimiento se ve afectado en épocas de lluvia, en donde la amenaza por crecida pudiese afectar de forma directa el sistema de abastecimiento, adicionalmente la falta de mantenimiento en las tuberías del acueducto rural, hace que existan roturas y por consecuente fugas en el suministro de agua, provocando saturación en el suelo, disminuyendo la resistencia del material.



Fuente: Elaboración propia.

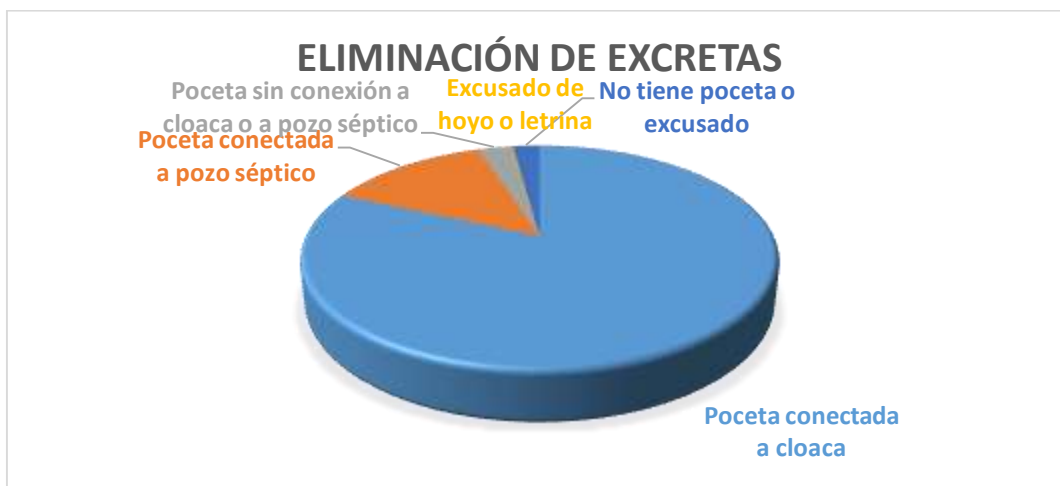
Figura 4.21. Sistema de telecomunicaciones y estaciones de combustible.



Fuente: Elaboración propia, con base al censo 2011, INE.
Figura 4.22. Sistemas de abastecimiento de agua de la población de la parroquia Mucurubá.

- **Sistema de agua residual**

En el caso del área de estudio, el sistema de aguas residuales está conformado por una red de colectores de las aguas negras, con una cobertura del 81.5% de la población de Mucurubá, mientras que el 13.3% recurren a pozo séptico; un 2.7% tienen excusado pero no están conectadas ni a cloacas ni a pozos sépticos; y un 2.2% simplemente no tiene, tal como se evidencia en la figura 4.23. (INE, Censo 2011). En algunos casos, estas aguas son vertidas directamente sobre los cursos de agua o al aire libre, disminuyendo la calidad de vida de los pobladores, generando focos de contaminación.



Fuente: Elaboración propia, con base al censo 2011, INE.
Figura 4.23. Sistemas de aguas servidas de la parroquia Mucurubá.

4.1.4 Factores económicos.

4.1.4.1 Actividades productivas.

La parroquia se caracteriza por ser esencialmente agrícola, en donde se produce principalmente papa, ajo y zanahoria. En las zonas altas, se cosecha cerca del 60% de la producción de papa del país, representando para el año 1999, una fuerza de trabajo del (65.43%), seguido por otras actividades tales como: servicios (17.23%), comercio (4.98%), transporte (3.16%), restaurantes y hoteles (2.88%), manufactura (2.15%), construcción (2.07%), otras actividades (0.76%), electricidad y agua (0.7%) y bancos y finanzas (0.65%) (Rosales 2006, en Brandt y Oviedo, 2007). La distribución en cuanto a superficie cosechada y producción agrícola por rubro en el municipio Rangel se observa en la siguiente tabla (tabla 4.10).

Tabla 4.10. Superficie cosechada y producción agrícola por rubro del Municipio Rangel año 2006.

Rubro	Cosechada	Valor (Bs) Producción
Cereales y Leguminosas		
Haba	10.25	84050.0
Trigo	73.25	329625.0
Frutales		
Fresa	5.02	487944.0
Hortalizas		
Acelga	0.25	3420.0
Ajo	644	34132000.0
Brócoli	52.75	1261950.89
Calabacín	122	2331328.5
Cebollín	85.75	1786344
Cilantro	22.75	1211931.77
Coliflor	56.50	1213581.02
Lechuga	67.25	1877620.0
Remolacha	31	561022.5
Repollo	109.25	2430856.2
Zanahoria	853.50	23198130.0
Raíces y Tubérculos		
Papa blanca	1090.75	23043184.5
Papa color	1337	35573360.0

Fuente: Modificada de Wolff, 2010.

La Producción Pecuaria y piscícola del municipio es considerada una actividad económica secundaria, cuyos datos se detalla en la tabla 4.11. Que dichas actividades representen la principal actividad productiva o fuente de ingresos de la zona, condiciona de cierta forma el crecimiento

económico de la población, ya que por ejemplo, los hogares que producen una mayor variedad de cultivos, obtienen un mayor nivel de ingreso por producción agrícola, así como los hogares que posean mayor capital físico, es decir, tierras y bienes. Por el contrario los hogares con mayor número de mujeres, o un capital financiero reducido tendrán menos niveles de ingreso por producción agrícola.

Tabla 4.11. Producción pecuaria y piscícola por rubro del Municipio Rangel año 2006.

Rubros	Nº de cabezas	Valor (Bs) Producción
Carne Bovina	1141	1249657.83
Carne Porcina	1912	464584.95
Trucha	245561	480738.49

Fuente: Modificada de Wolff, 2010.

Es por ello que para la zonificación de la sensibilidad hidrogeomorfológica se tomó en cuenta la ubicación de cultivos y áreas ganaderas, ya que son considerados la principal actividad económica y fuente de ingresos de la zona de estudio. Estas ubicaciones se pueden observar en la figura 4.7, destacando los porcentajes de uso de suelo; en el caso de los cultivos se tiene una distribución del 16.18% (figura 4.24), y las áreas con vegetación gramínea, que son zonas por lo general usadas para el pastoreo, representan un 27.26 % del área total (figura 4.25).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.24. Siembras de maíz en la parroquia de Mucurubá.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.25. Zonas con vegetación gramínea, con presencia de ganado vacuno en la parroquia de Mucurubá.

4.1.5 Factores institucionales.

De acuerdo al Proyecto Prevenimos Desastres Planificando Seguro, 2016 citado en Trimarchi, 2018, las principales causas desde el punto de vista institucional que pueden aumentar la cantidad de víctimas y daños materiales al momento de ocurrir un evento adverso, son las siguientes:

- Ausencia de continuidad de las políticas públicas, proyectos y programas emprendidos por los gobiernos municipales y otras instituciones existentes en el municipio.
- Debilidades institucionales vinculadas a la crisis de gobernabilidad que afecta al país en la actualidad.
- Insuficiente coordinación entre los actores institucionales que operan en el municipio.
- Ausencia de proyectos para el fortalecimiento institucional en los Planes Operativos Anuales de la municipalidad.
- Insuficiente aplicación de los instrumentos municipales que regulan la planificación y la gestión urbana.
- Falta de una visión sistémica, transversal e integradora vinculada a los riesgos ante desastres sacionaturales y tecnológicos.

- Falta de recursos humanos, materiales y financieros para apuntalar los estudios vinculados a la caracterización de amenazas o la actualización de este conocimiento.
- Falta de seguimiento y evaluación de los planes y estrategias aplicados al sector.
- Desaprovechamiento del potencial científico del que dispone la academia merideña en el campo de la gestión del riesgo.
- Choque de agendas en cuanto a las prioridades de acción.
- Construcción acelerada no sólo de la propia acción de los habitantes del municipio sino del mismo Estado que propicia la intervención de zonas sin evaluaciones sobre el riesgo ante desastres o en otras claramente calificadas como riesgosas.
- Legislación laxa en materia de cumplimientos urbanos, retiros, construcción y otros aspectos referidos a la ocupación del territorio y la edificación en tales espacios.

4.1.5.1 Capacidad de respuesta y equipamiento.

Referida a la capacidad de respuesta de organismos encargados y su equipamiento al momento de la atención primaria, luego de haber ocurrido un evento hidromorfológico. En el caso del área de interés el organismo de respuesta primaria constituido por Protección civil y administración de desastres - ZOEDAM Mérida, se encuentra ubicado en la población de Mucuchíes a unos 13 km de distancia, el cual no cuentan con vehículos activos para dar respuesta y solo su traslado se hace en motocicletas, influenciando directamente en el traslado de heridos ya que en caso de haberlos, la movilización se hace de forma particular.

4.1.5.2 Capacitación de los funcionarios.

En cuanto a los conocimientos de los funcionarios públicos de todos los niveles y los voluntarios, sobre la gestión integral del riesgo es adecuado. Este personal institucional cuenta con una serie de programas impartidos a la comunidad, con la finalidad de incrementar el conocimiento de qué hacer y cómo reducir los daños, en el caso de ocurrir un evento hidromorfológico. Estos programas son los siguientes:

- Plan familiar para emergencias.

Tiene como finalidad preparar y capacitar a los grupos familiares, a partir de 4 pasos: Detectar (reducir o evitar riesgos al interior o exterior de la casa), Diseñar (rutas de evacuación, salidas seguras y puntos de reunión), Ante el riesgo inminente (tomar la mejor decisión entre permanecer en casa o salir de ella) y Organiza (realizar simulacros de emergencia familiar).

- Plan comunitario de atención de emergencia y desastres.

Está conformado por comunidades organizadas, bajo orientación de Protección Civil, tomando en cuenta la ley nacional de Protección Civil y la ley de los Consejos Comunales. Estas personas tiene como fin reducir riesgos y aumentar la seguridad de su sector, estos están capacitados y organizados para favorecer medidas preventivas y diagnósticos de posibles amenazas existentes en la comunidad y así minimizar los efectos de los mismos.

- Plan de atención de emergencias, zona andina.

Prepara la comunidad ante fuertes precipitaciones, indicando una serie de recomendaciones dentro de las cuales tenemos: mantener la calma; mantenerse alejado de zonas vulnerables o que han sido afectados por eventos anteriores; retirarse de edificaciones, árboles o postes eléctricos que pudiesen colapsar; si la vivienda se encuentra ubicada en la orilla del talud, desalojar preventivamente y avisar a los organismos de seguridad; y evitar trasladarse a pie por calles o avenidas inundadas.

- Comités comunitarios de Protección Civil, CCPC.

Son comités creados a partir de Consejos Comunales encargados de velar por el cumplimiento de actividades comunitarias relacionadas con la gestión de riesgo en un trabajo mancomunado con el Instituto de Protección Civil y Administraciones de Desastres del estado Mérida (INPRADEM), sectores de INPRADEM Direcciones de Protección Civil Municipales y Organizaciones Voluntarias adscritas a INPRADEM.

4.1.5.3 Capacidad médico asistencial.

La adecuada disposición y equipamiento de los centro de salud, supone una variable a favor en cuanto a la reducción de morbilidad y mortalidad asociada a un evento hidrogeomorfológico.

En la zona de interés en el ámbito de la salud se tiene que la parroquia Mucurubá, cuenta con un solo ambulatorio tipo II, el cual cuenta con un personal de atención limitado, imposibilitando la atención médica necesaria al momento de un evento adverso, la ubicación se puede observar en la figura 4.26.



www.bdigital.ula.ve

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.26. Capacidad médico asistencial.

4.2. Establecimiento de los niveles de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos y reclasificación de cada variable.

En el Capítulo II se define a la sensibilidad hidrogeomorfológica es la capacidad de soporte que tiene el medio en cuanto a la ocurrencia de procesos hidrogeomorfológicos, sin que esto perjudique de alguna manera el equilibrio ambiental, manteniéndolo en un nivel aceptable en su estructura y función, para ello es necesario la definición de una escala de valoración, para indicar el grado de susceptibilidad del medio en relación con el agente generador de perturbaciones, en este caso los procesos hidrogeomorfológicos.

Esta capacidad depende de cinco factores: geodinámicos, social, espacial, económico e institucional, en donde cada uno de estos factores tiene un peso específico en la determinación de la sensibilidad total de una zona. A continuación, el texto presenta los resultados de un análisis que evalúa la sensibilidad hidrogeomorfológica de la zona de interés, considerando los factores antes mencionados, haciendo uso de las tablas de reclasificación mencionadas anteriormente (tabla 3.1).

4.2.1 Sensibilidad hidrogeomorfológica de los factores geodinámicos.

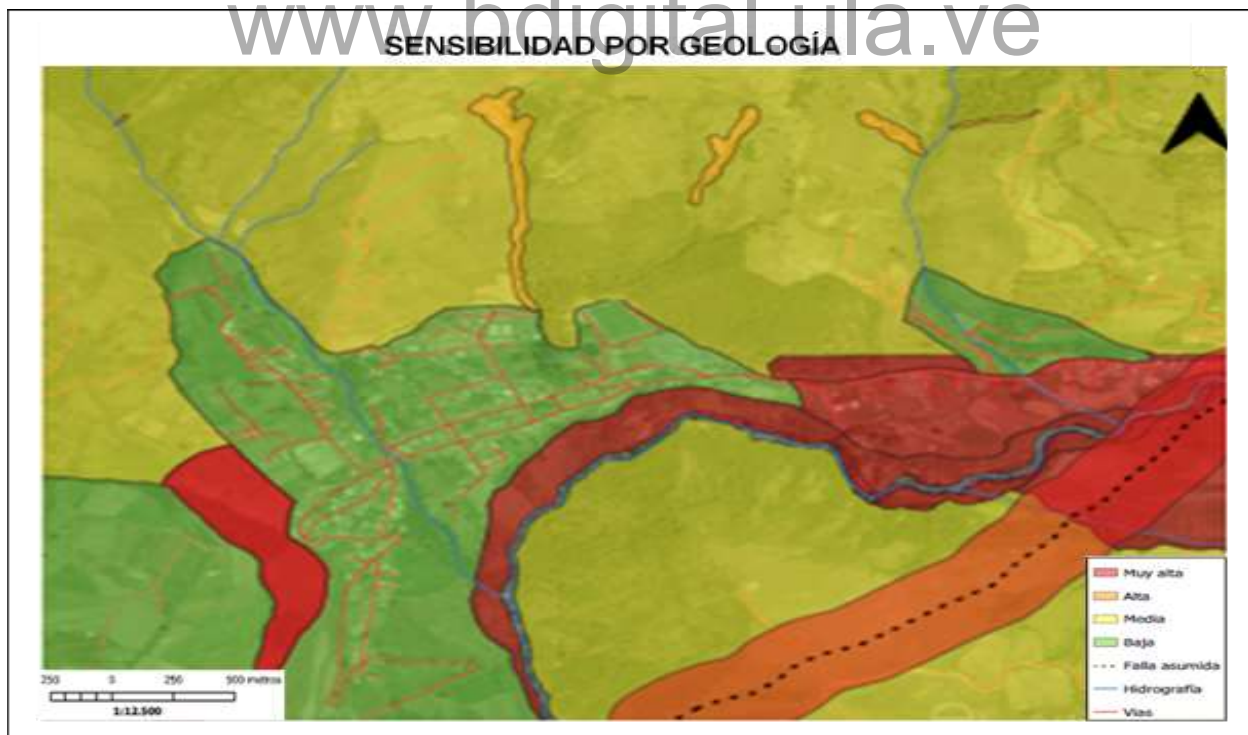
Viene representado por la geología, la pendiente, la vegetación y uso de la tierra, procesos hidrogeomorfológicos y la precipitación del área de estudio, respectivamente.

En cuanto a la geología, se observa la presencia de los cuatro rangos de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos, cuya descripción se puede observar en la tabla 3.1. Los porcentajes de afectación y su extensión se pueden observar en las figuras 4.27 y 4.28, y en la tabla 4.12.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.27. Distribución de la sensibilidad por geología en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.28. Sensibilidad por geología.

Tabla 4.12. Sensibilidad por geología en el área de estudio.

Sensibilidad por geología	% área de estudio
Baja	23.48
Media	58.37
Alta	0.59
Muy Alta	17.52

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que la sensibilidad media por geología corresponde a las zonas con presencias de rocas de la Asociación Sierra Nevada ocupando un 58.37% de la superficie total de la zona de interés, esto se debe a que dichas rocas se encuentran meteorizadas y fracturadas. Las zonas con muy alta sensibilidad, abarca un 17.52% de la superficie total y corresponden a los taludes y terrazas cercanos a los cursos de agua, así como los depósitos aluviales y áreas aledañas a la falla asumida, para ello se planteó un área de influencia de 250 m a ambos lados de la traza de la falla. Con respecto a la ubicación de la población, la misma se encuentra emplazada en zonas de baja sensibilidad, caracterizada por abanicos aluviales, representando un 23.48% del área total.

En cuanto a la sensibilidad por pendiente se tomó en cuenta los criterios descritos en la tabla 3.1, considerando los rangos establecidos por Suarez (1998), observando que la sensibilidad alta corresponde a pendientes de 25° a 45°, con un porcentaje del 48.6% (tabla 4.13 y figura 4.29) de la superficie total del área de estudio, seguido por la sensibilidad baja con un 26.06% con pendientes de 5° a 15° y es sobre la cual está emplazada la población de Mucurubá (figura 4.30).

Tabla 4.13. Sensibilidad por pendiente en el área de estudio.

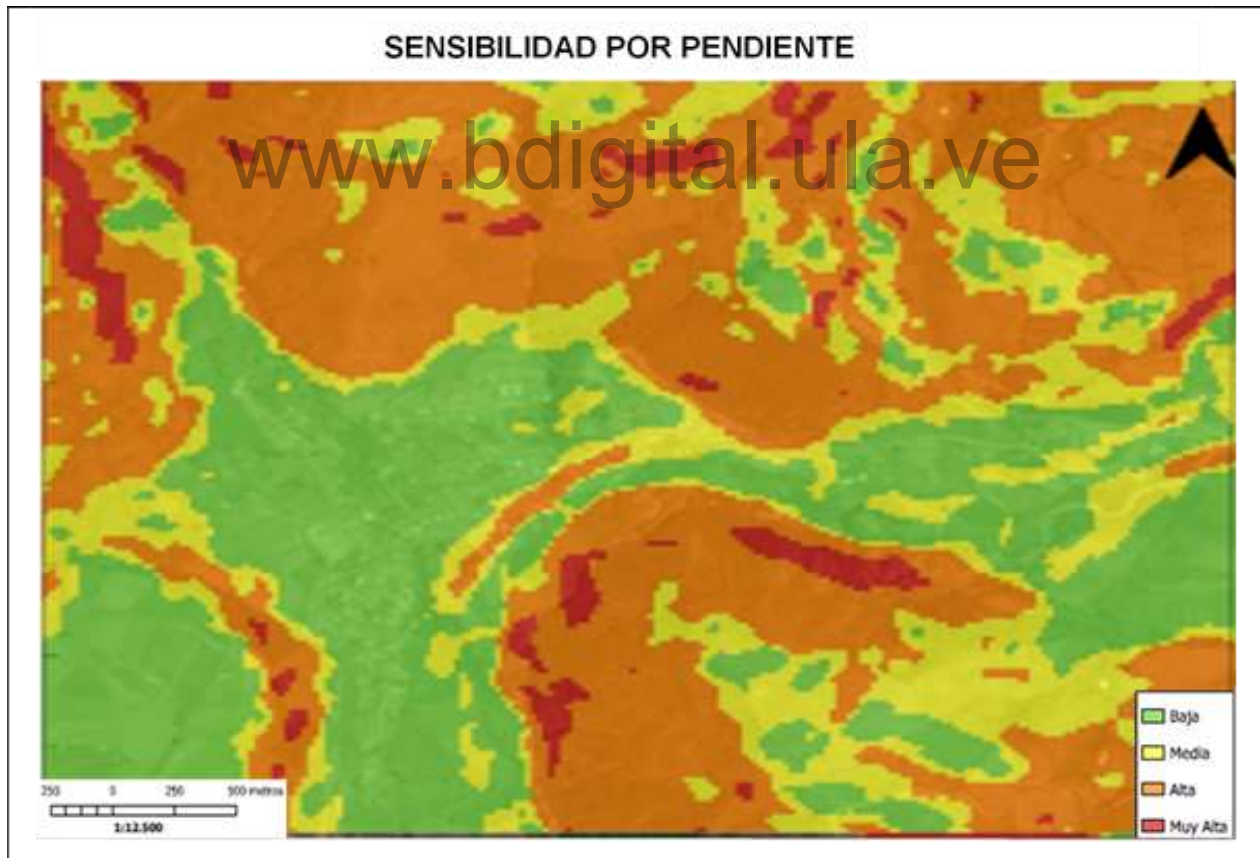
Sensibilidad por pendiente	% área de estudio
Baja	26.06
Media	20.42
Alta	48.6
Muy Alta	4.86

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.29. Distribución de la sensibilidad por pendiente en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.30. Sensibilidad por pendiente.

Respecto a la sensibilidad por vegetación y usos de la tierra, de acuerdo a los criterios descritos en la tabla 3.1, se tiene que la sensibilidad alta corresponde a las zonas intervenidas cuyo uso es de cultivos y gramíneas, lo cual representa las zonas de interés económico, con un porcentaje de afectación del 43.44% (tabla 4.14 y figura 4.31) de la superficie total del área de estudio, estos tipos de vegetación no proveen al terreno de una buena estabilidad, debido a que no son muy densos, permitiendo que agentes meteorizantes como el agua actúen y degraden el material del suelo, debido a la presencia fundamentalmente de sistemas de riego; la sensibilidad media cuenta con un 36.58% correspondientes a las zonas donde están ubicados los asentamientos urbanos y áreas con vegetación dispersa; las zonas boscosas ocupan un 17% y los suelos descubiertos tienen un porcentaje de afectación del 2.96%, correspondiendo a la sensibilidad muy alta (figura 4.32).

Tabla 4.14. Sensibilidad por vegetación y usos de la tierra en el área de estudio.

Sensibilidad por vegetación y usos de la tierra	% área de estudio
Baja	17
Media	36.58
Alta	43.44
Muy Alta	2.96

Fuente: Elaboración propia.

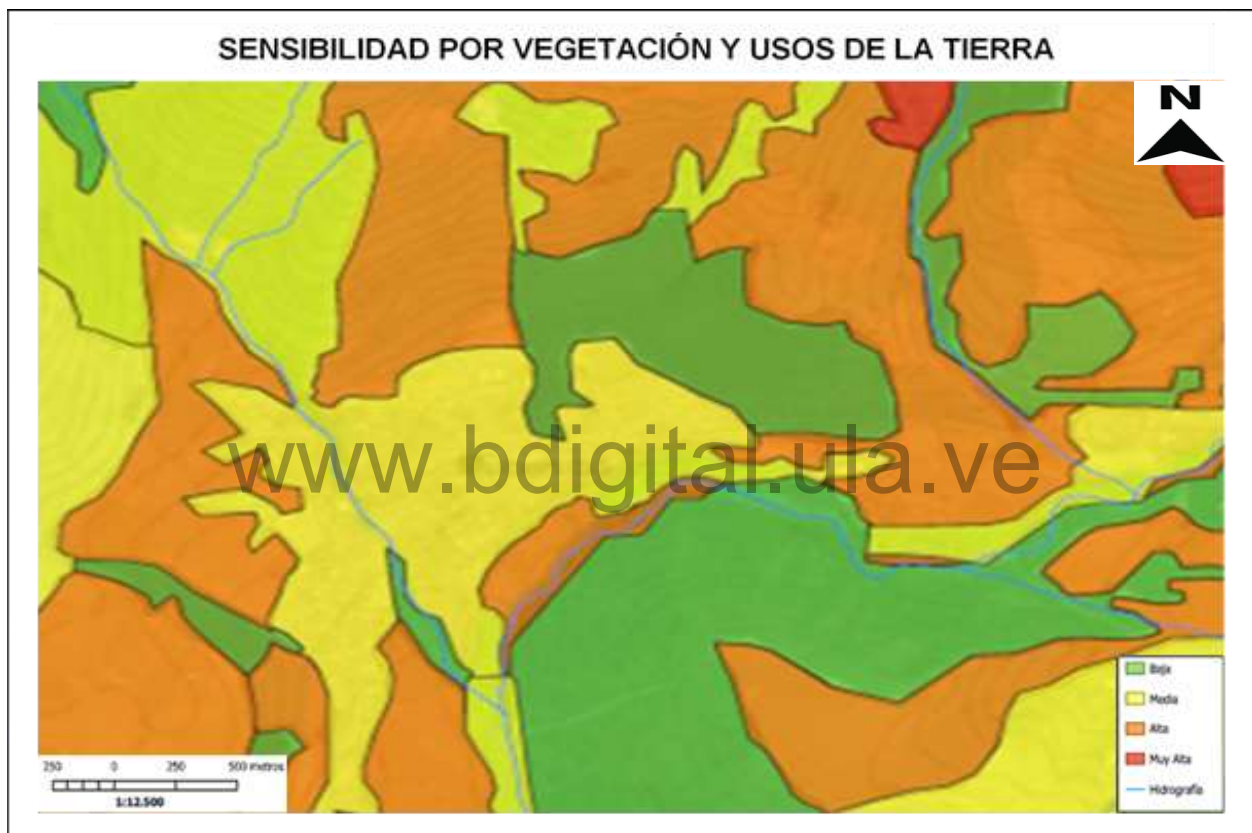


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.31. Distribución de la sensibilidad por vegetación y usos de la tierra en el área de estudio.

De los procesos y unidades geomorfológicas, los niveles muy altos se concentran en los, taludes, cárcavas, deslizamientos, derrumbes y en el lecho del río, con un 10.28%, donde las posibilidades de que el terreno se desestabilice son mayores ya que el relieve es considerablemente abrupto. Las

áreas que presentan sensibilidad baja se encuentran representadas en las zonas de terrazas, como terrazas y abanicos aluviales, principalmente por encontrarse en relieves poco inclinados donde las posibilidades de desestabilización del terreno son muy bajas, sobre estos terrenos es donde se encuentra establecida la mayor parte de la población (figura 4.34), esta sensibilidad tiene un porcentaje del 28.59%, respectivamente. Los niveles medio y alto, están representados por las colinas y vertientes, respectivamente, con un 20.25% y 40.84%, del área de interés. (Tabla 4.15 y figura 4.33). Estas áreas, deben ser consideradas como zonas no aptas para asentamientos humanos ni para actividades que puedan poner en peligro la vida y las propiedades.



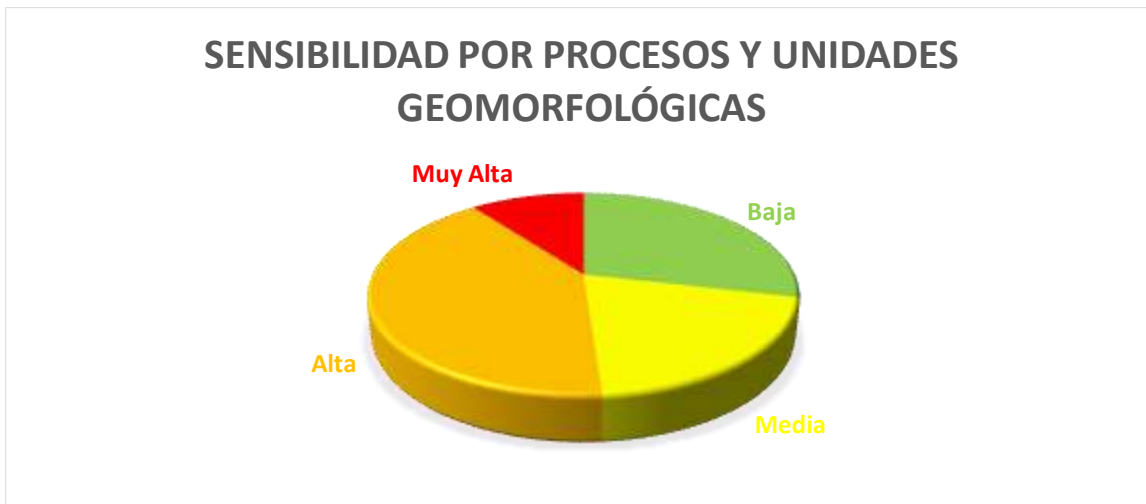
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.32. Sensibilidad por vegetación y usos de la tierra.

Tabla 4.15. Sensibilidad por procesos y unidades geomorfológicas.

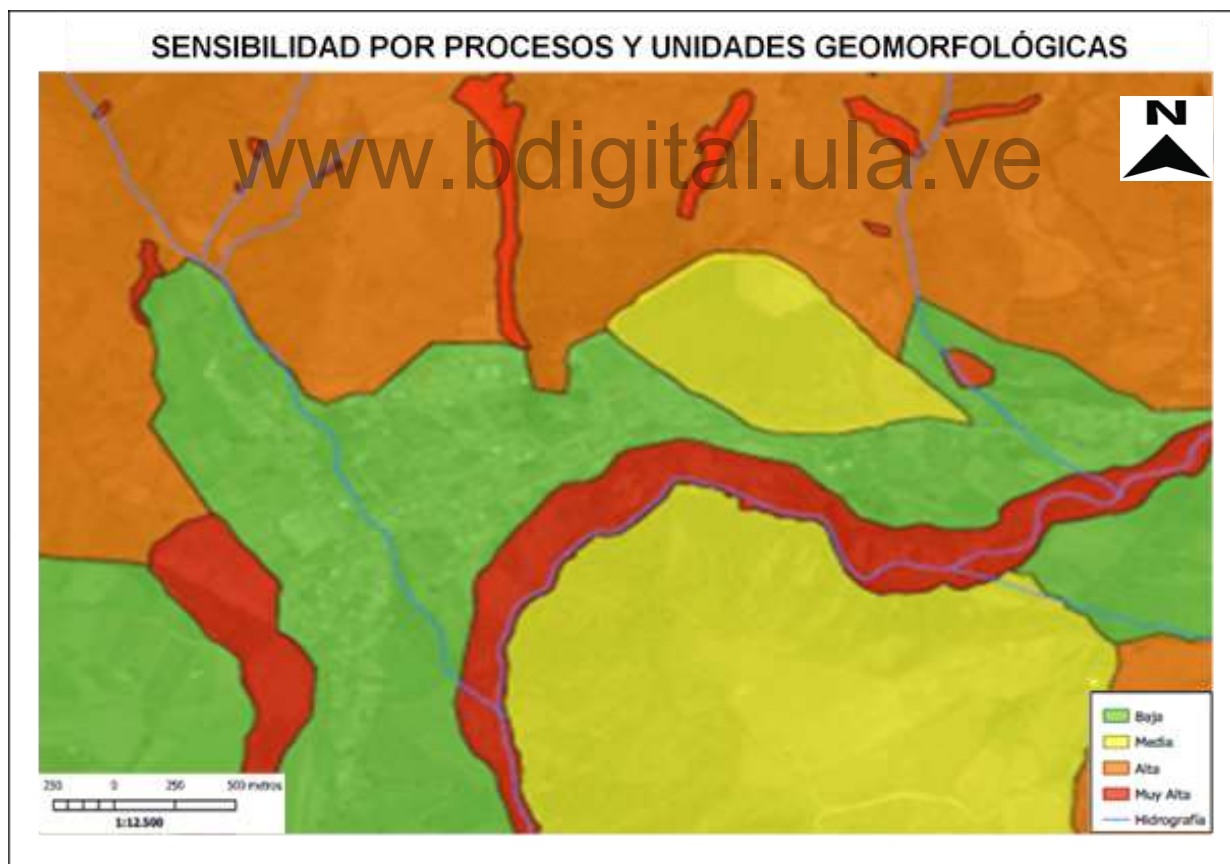
Sensibilidad por procesos y unidades geomorfológicas	% área de estudio
Baja	28.59
Media	20.25
Alta	40.84
Muy Alta	10.28

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.33. Distribución de la sensibilidad por procesos y unidades geomorfológicas en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.34. Sensibilidad por procesos y unidades geomorfológicas.

A pesar de ser una zona seca con pocas lluvias, se evaluó la posibilidad de eventos climáticos extremos en las áreas cercanas, que podrían generar lluvias intensas y saturación del suelo. Como se indicó en la metodología de la investigación, se tomó como referencia varios escenarios distintos para evaluar dicha variable, obteniendo como menos favorable de ellos, el del mapa de isoyetas generados por Contreras y Salas (2018), donde se logra apreciar que la zona de estudio se encuentra entre las isolíneas de 14 mm y 16 mm de precipitación, los cuales al comparar estos valores con los umbrales de máxima precipitación horaria de Suárez (2009), y dispuestos en la tabla de reclasificación 3.1; se les asigna un peso de 3, que indica un nivel medio de sensibilidad. (Figura 4.35).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.35. Sensibilidad por precipitación.

4.2.2 Sensibilidad hidrogeomorfológica de los factores sociales.

Está representado por la percepción al riesgo por parte de la población y por los datos demográficos del área de interés.

En cuanto a la percepción del riesgo de la población, inventariada por medio de una encuesta (Apéndice B), se pudo observar que aproximadamente un 70% de la población desconoce lo que

es un movimiento en masa. De esas personas el 100%, concuerdan que no están preparadas ante un evento de este tipo, cuya causa principal es la carencia de infraestructura y áreas de refugio (52%) y en segundo lugar a la falta de conciencia ciudadana. De igual manera, el conocimiento sobre la realización de acciones para reducir los daños ocasionados por eventos naturales, un 87% desconoce por completo si se está realizando alguna acción y el resto solo tiene conocimiento sobre obras de canalización que están realizando en la zona.

Si bien la mayoría de la población no tiene un conocimiento técnico de los movimientos en masa, han sido testigos de eventos naturales cercanos. Sin embargo, ninguno de los encuestados se considera preparado para enfrentar una emergencia de este tipo, atribuyéndolo principalmente a la carencia de refugios y a la falta de conciencia ciudadana. Además, la gran mayoría desconoce las medidas preventivas que se implementan, revelando una clara deficiencia en la educación en gestión del riesgo.

De acuerdo a lo descrito anteriormente y a los juicios de reclasificación mostrados en la tabla 3.1, se tiene que la zona de estudio tiene una sensibilidad media en función a la percepción del riesgo por parte de la población (Figura 4.36).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.36. Sensibilidad por percepción del riesgo.

La parroquia de Mucurubá, con una extensión territorial de aproximadamente 91 km², proyecta para el año 2025 una densidad poblacional de 48.5 habitantes por kilómetro cuadrado. Un análisis de 824 viviendas reveló que el 11.28% de ellas se encuentran en condiciones de hacinamiento, lo cual podría comprometer la capacidad de evacuación de sus habitantes ante eventos como deslizamientos o inundaciones. En función de esto y de la ubicación de la concentración poblacional dentro del área de estudio (Figura 4.18) se tiene que la zona tiene una sensibilidad alta ante la ocurrencia de eventos hidromorfológicos, tal como se puede observar en la Figura 4.37, ocupando un área aproximada de 19.55 km²; adicionalmente, se presentan zonas de baja sensibilidad referida a aquellas cuyas condiciones de uso son restringidas, en principio por sus altas pendientes.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.37. Sensibilidad por concentración poblacional.

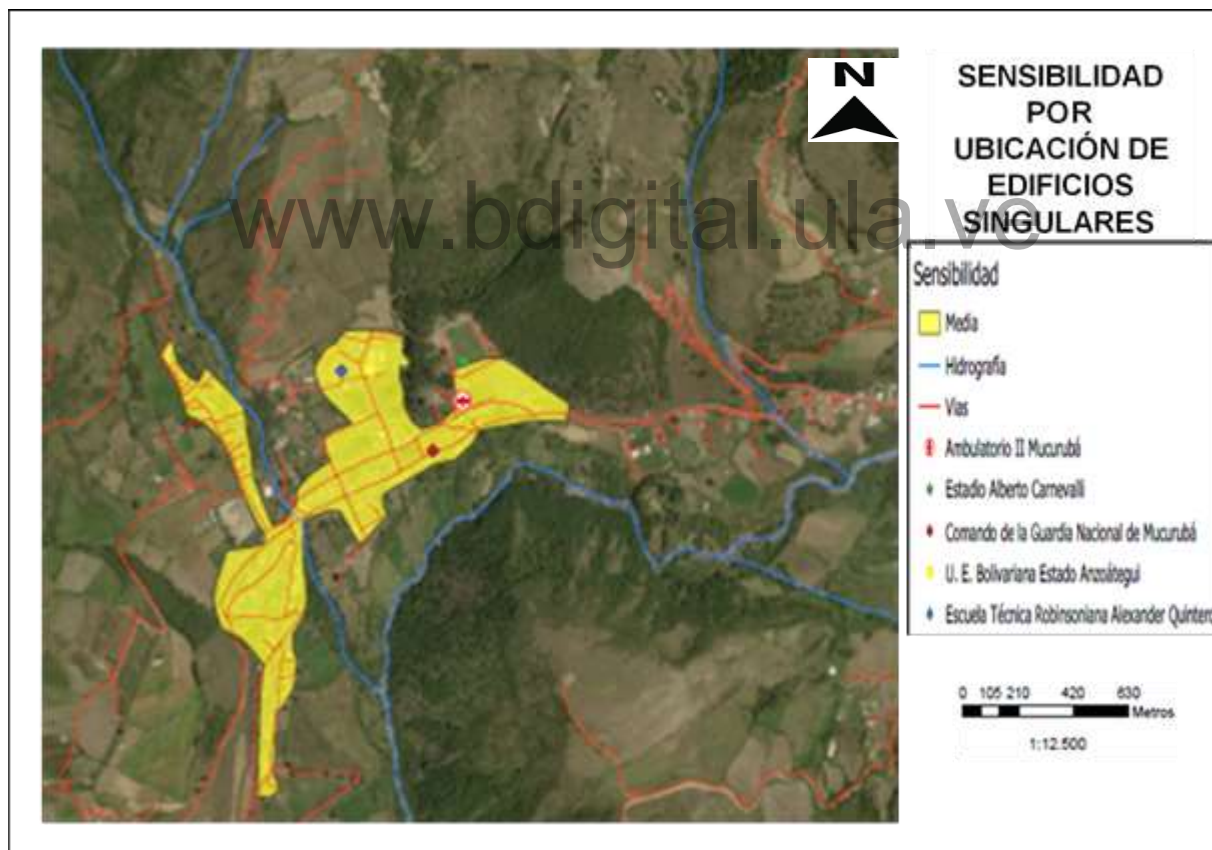
4.2.3 Sensibilidad hidromorfológica de los factores espaciales.

Los factores espaciales para esta investigación están constituidos por la ubicación de las edificaciones singulares como lo son los centros de salud, centros educativos y deportivos, y los cuarteles militares; y por la distribución de las líneas vitales de la zona de estudio, tales como vías

de acceso, redes de electricidad y telecomunicaciones, sistemas de agua potable y alcantarillado y estaciones de servicio.

Como se pudo evidenciar en la figura 4.20, referente a la ubicación de las edificaciones singulares se tiene que la mayoría de los edificios importantes se sitúan en zonas planas sobre el abanico aluvial, donde vive la mayor parte de la población. Sin embargo, hay excepciones como el Comando de la Guardia Nacional, ubicado peligrosamente cerca del talud del río Chama. Esta ubicación lo expone a deslizamientos, especialmente durante las lluvias o sismos, poniendo en riesgo vidas y propiedades.

De acuerdo a esta situación y lo establecido en la tabla 3.1, se tiene una sensibilidad media a procesos hidromorfológicos por ubicación de edificaciones singulares, ya que se encuentran en pendientes moderadas y alejadas de los cauces efectivos que se encuentran dentro del área de estudio (Figura 4.38).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.38. Sensibilidad por ubicación de las edificaciones singulares.

Por su parte las líneas vitales se evaluaron de forma conjunta teniendo como resultado que la zona de estudio posee vías de acceso algunas principales (carretera trasandina) la cual se encuentran ubicada en su mayoría sobre terrenos planos pero a escasos 2 metros de desnivel con respecto al lecho del río Chama, mientras que las vías secundarias están ubicadas sobre vertientes escarpadas, pudiendo ser afectadas al momento de ocurrir un evento hidromorfológico. En cuanto a las redes de electricidad y telecomunicaciones se tiene que para ambas sus principales tejidos de distribución están a lo largo de las principales vías de comunicación, por lo cual como ya lo describimos anteriormente pueden ser afectadas por un evento adverso, así como a la estación de combustible que surte a la población (figura 4.21). En lo referente a los sistemas de agua potable y alcantarillado, aun cuando la población tiene acceso al agua potable casi en su totalidad de tiempo, las lluvias podría afectar el suministro al aumentar el riesgo de crecidas que pueden dañar el sistema de abastecimiento. Además, las tuberías sin mantenimiento se rompen, causando fugas y saturando el suelo, lo que debilita las infraestructuras.

En función de lo descrito anteriormente y siguiendo los juicios establecidos en la tabla 3.1, se tiene que el área de estudio tiene un nivel de sensibilidad bajo con un 70 % (Tabla 4.16 y Figura 4.39), y representa aquellas zonas alejadas de la población con escasa vías de acceso, la sensibilidad media y alta, tienen un porcentaje de afectación del 16.29 % y 10.54%, respectivamente, mientras que la sensibilidad muy alta ocupa un 2.41%, siendo un porcentaje relativamente bajo del área total pero es donde se encuentra ubicada gran parte de población (Figura 4.40).

Tabla 4.16. Sensibilidad por líneas vitales.

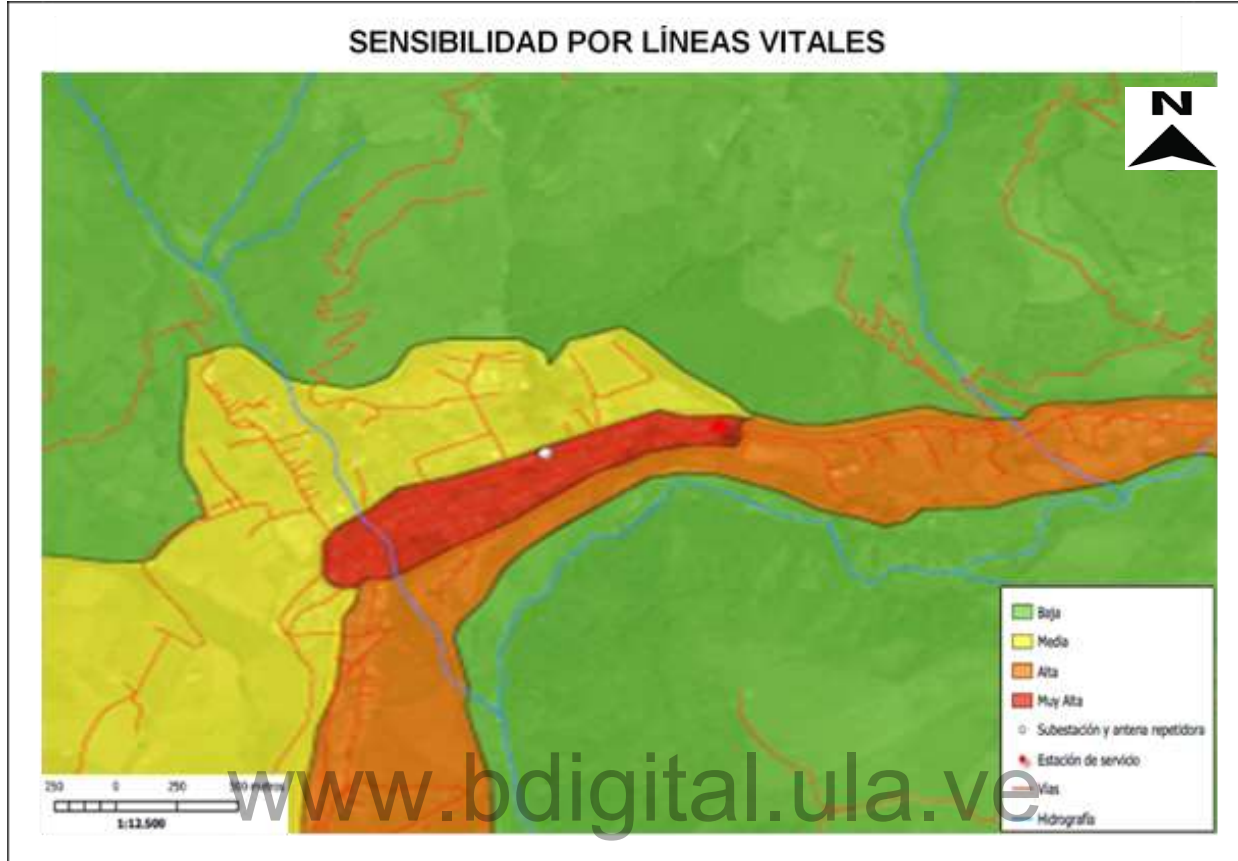
Sensibilidad por líneas vitales	% área de estudio
Baja	70.74
Media	16.29
Alta	10.54
Muy Alta	2.41

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.39. Distribución de la sensibilidad por líneas vitales.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.40. Sensibilidad por ubicación de las líneas vitales.

4.2.4 Sensibilidad hidrogeomorfológica de los factores económicos.

La principal actividad económica que se desarrolla en el área de interés es la actividad agrícola y ganadera, por lo que en esta oportunidad se tomó en consideración la ubicación relativa de las áreas destinadas para el cultivo y para la ganadería, caracterizada por tener una vegetación de tipo gramínea, con respecto a los principales procesos y unidades geomorfológicas previamente identificados.

Tal como se puede evidenciar en la tabla 4.17 y en la figura 4.41, siguiendo los criterios establecidos en la tabla 3.1, se tiene que la sensibilidad media es la que tiene mayor porcentaje de afectación, ocupando un 69.29% del área considerada para la agricultura y ganadería, teniendo como característica principal que se encuentran alejadas de cauces de ríos y quebradas; seguido por la sensibilidad baja con un 22.22% referida a los cultivos establecidos en terrazas y por último se tiene la sensibilidad alta y muy alta, con porcentajes de 5.06% y 3.,41%, respectivamente, referida a la ubicación de los cultivos sobre los cauces de los ríos o aledaño a ellos (figura 4.42).

Tabla 4.17. Sensibilidad por actividades productivas.

Sensibilidad por actividades productivas	% área de estudio
Baja	22.22
Media	69.29
Alta	5.06
Muy Alta	3.41

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.41. Distribución de la sensibilidad por actividades productivas.

4.2.5 Sensibilidad hidrogeomorfológica de los factores institucionales.

El último factor a evaluar dentro de la sensibilidad hidrogeomorfológica es el institucional, cuyas variables de análisis son la capacidad de respuesta y equipamiento con el que cuentan las instituciones del estado para dar respuesta al momento de ocurrir un evento adverso, la capacitación de los funcionarios, referida a los conocimientos que tienen tanto los funcionarios, voluntarios y público en general sobre la gestión integral del riesgo; y por último la capacitación medico asistencial, asociada a la disposición y dotación de centros de salud que sirvan para dar la atención a los heridos y víctimas en general de un evento adverso. Esta sensibilidad analizará cómo las acciones humanas se ven afectadas por los eventos hidrogeomorfológicos y cuán capaces son las comunidades de recuperarse a ellos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.42. Sensibilidad por ubicación de las actividades productivas.

Tal como se describió en el apartado 4.1.5 y de acuerdo a los juicios de reclasificación (Tabla 3.1) en cuanto a la capacidad de respuesta y equipamiento, el área de estudio tiene una sensibilidad alta, ya que a pesar de que existen organismos de respuesta, estos no están en condiciones óptimas para brindar su servicio, principalmente por la carencia de vehículos que permitan el traslado de los funcionarios e incluso de los heridos a sitios seguros (Figura 4.43); la capacitación de los funcionarios el área tiene una sensibilidad hidromorfológica media, ya que en la población si existen diversos planes y programas cuyo fin es preparar a la población sobre qué hacer antes y durante un evento adverso (Figura 4.44); y por último la capacitación medico asistencial tiene una sensibilidad alta ya que los centros de salud con el que dispone la población no es óptima, destacando que carece de un personal suficiente que puedan brindar la atención adecuada a los heridos (Figura 4.43).



Fuente: Elaboración propia.

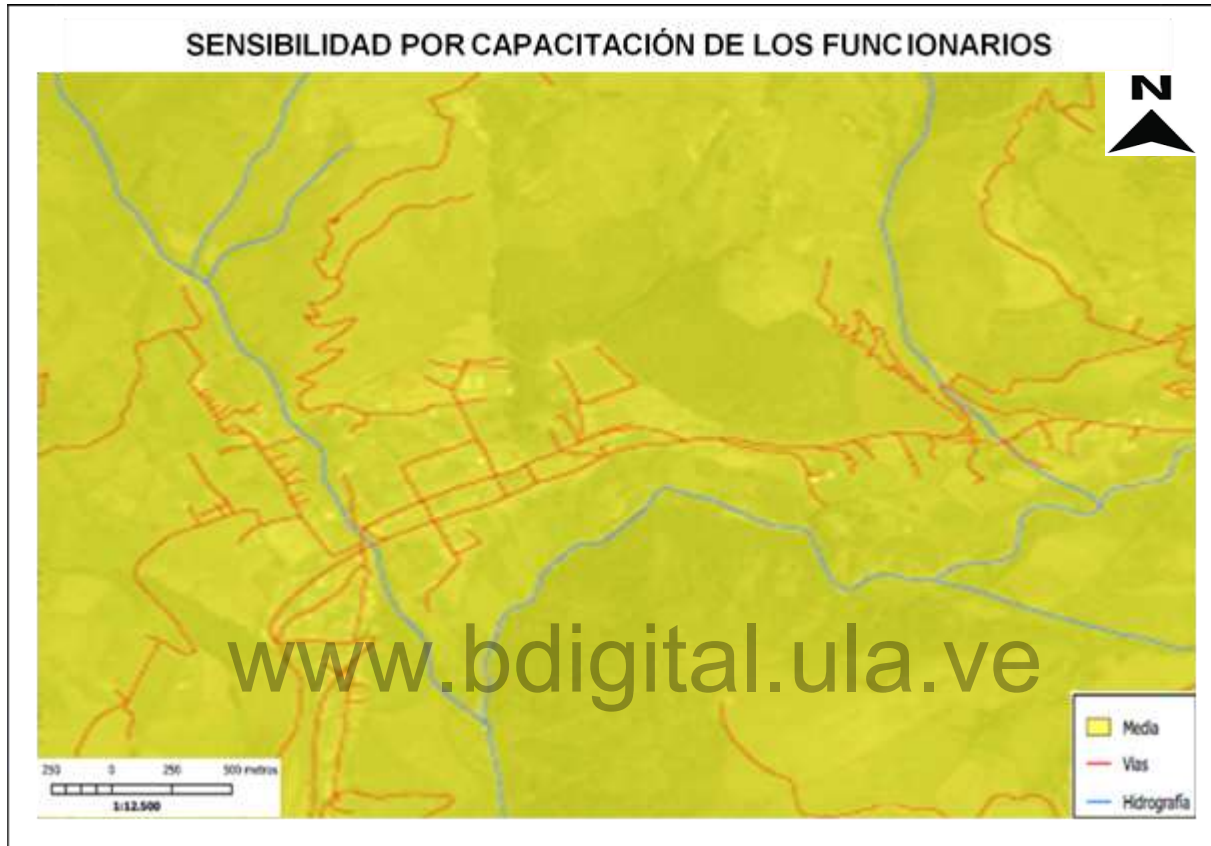
Figura 4.43. Sensibilidad por capacidad de respuesta y equipamiento y por capacitación médico asistencial.

4.3. Ponderación de los factores a través de las matrices de comparación.

Partiendo de la herramienta de las matrices de comparación aplicada a cada uno de los expertos, en total quince (15) (Figura 3.2), se realizó el cálculo correspondiente del peso de cada una de las variables de cada factor que influye en la determinación de la sensibilidad hidromorfológica. Estos resultados se pueden observar en la tabla 4.18. En el Apéndice C se presenta una explicación detallada de la metodología utilizada para determinar el valor de ponderación de cada uno de los factores considerados en el análisis.

Al analizar los pesos asignados a cada variable, se observa que los factores geodinámicos concentran el 48.38 % del total, seguido por los institucionales con el 19.31 %. Los factores sociales y espaciales, tienen porcentajes de 15.64% y 12.48%, respectivamente; y en último lugar está el factor económico con un 4.19% (Figura 4.45). En cuanto a las sensibilidades específicas, la mayor

ponderación corresponde a los procesos hidrogeomorfológicos (10.94 %), seguida por la pendiente con un 10.26% y la precipitación con un 9.83%.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.44. Sensibilidad por capacitación de los funcionarios.

Los factores que fueron considerados con menor peso para la determinación de la sensibilidad hidrogeomorfológica fueron la ubicación de las edificaciones singulares con un 5.30% y la ubicación de las actividades productivas con un 4.19%.

Tabla 4.18. Pesos obtenidos para cada variable de cada factor para determinar la sensibilidad hidrogeomorfológica.

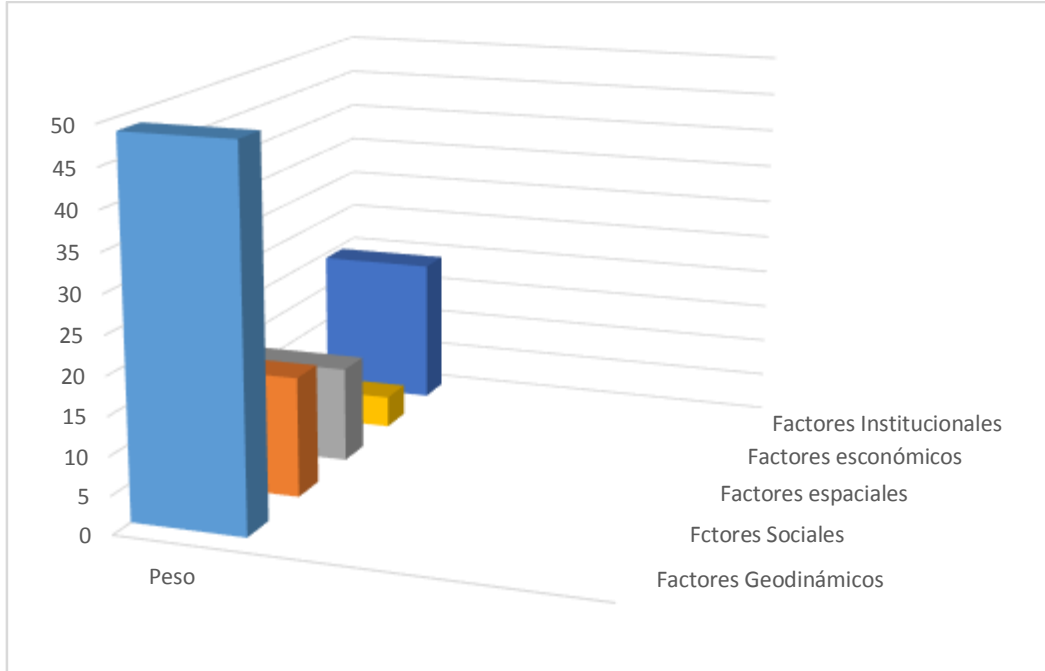
	Variables	Frecuencia total	Peso total de cada variable	Peso porcentual de cada variable (% de importancia)
1	Sensibilidad por Geología	104	0.09	8.89

2	Sensibilidad por Pendiente	120	0.10	10.26
3	Sensibilidad por Vegetación y usos de la tierra	99	0.08	8.46
4	Sensibilidad por Procesos hidrogeomorfológicos	128	0.11	10.94
5	Sensibilidad por Precipitación	115	0.10	9.83
6	Sensibilidad por Percepción del riesgo	84	0.07	7.18
7	Sensibilidad por densidad poblacional	99	0.08	8.46
8	Sensibilidad por ubicación de edificaciones singulares	62	0.05	5.30
9	Sensibilidad por la ubicación de líneas vitales	84	0.07	7.18
10	Sensibilidad por ubicación de actividades productivas	49	0.04	4.19
11	Sensibilidad por la capacidad de respuesta y equipamiento	79	0.07	6.75
12	Sensibilidad por capacitación de los funcionarios	75	0.06	6.41
13	Sensibilidad por capacidad médico asistencial	72	0.06	6.15
Σ			1	100

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Diseño de la ecuación propuesta para la zonificación de sensibilidad hidrogeomorfológica.

Una vez obtenidos los pesos correspondientes para cada variable de cada factor, se procedió a diseñar la ecuación para el cálculo de la sensibilidad hidrogeomorfológica, de acuerdo a lo establecido en la ecuación 3.4, quedando de la siguiente manera (tabla 4.19).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.45. Orden de importancia de los factores de la sensibilidad hidrogeomorfológica.

www.bdigital.ula.ve

4.5. Mapa de zonificación de la sensibilidad hidrogeomorfológica de la población de Mucuruba.

Utilizando la metodología de análisis multicriterio, se integraron los mapas de sensibilidad de cada factor ya ponderados para obtener un mapa final que representa la sensibilidad hidrogeomorfológica del área de estudio (Tabla 4.20 y Figuras 4.46 y 4.47).

Tabla 4.19. Pesos obtenidos de cada factor para determinar la sensibilidad hidrogeomorfológica.

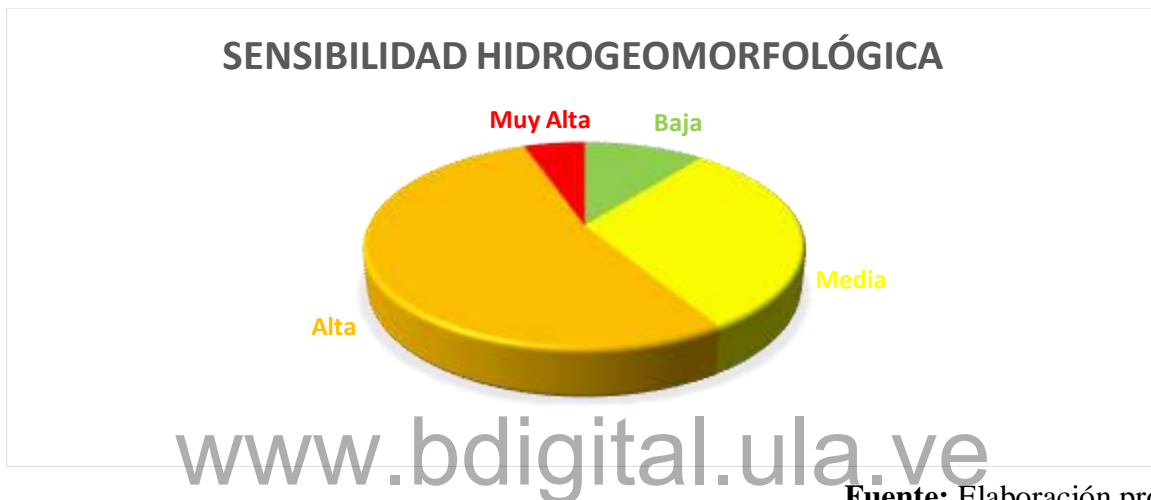
Sensibilidad hidrogeomorfológica (Sph)	
Factores	Peso %
Geodinámico (Fg)	48.38
Sociales (Fs)	15.64
Espaciales (Fep)	12.48
Económicos (Fe)	4.19
Institucionales (Fi)	19.31

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.20. Sensibilidad hidrogeomorfológica del área de estudio.

Sensibilidad hidrogeomorfológica	% área de estudio
Baja	10.65
Media	30.61
Alta	53.35
Muy Alta	5.37

Fuente: Elaboración propia.

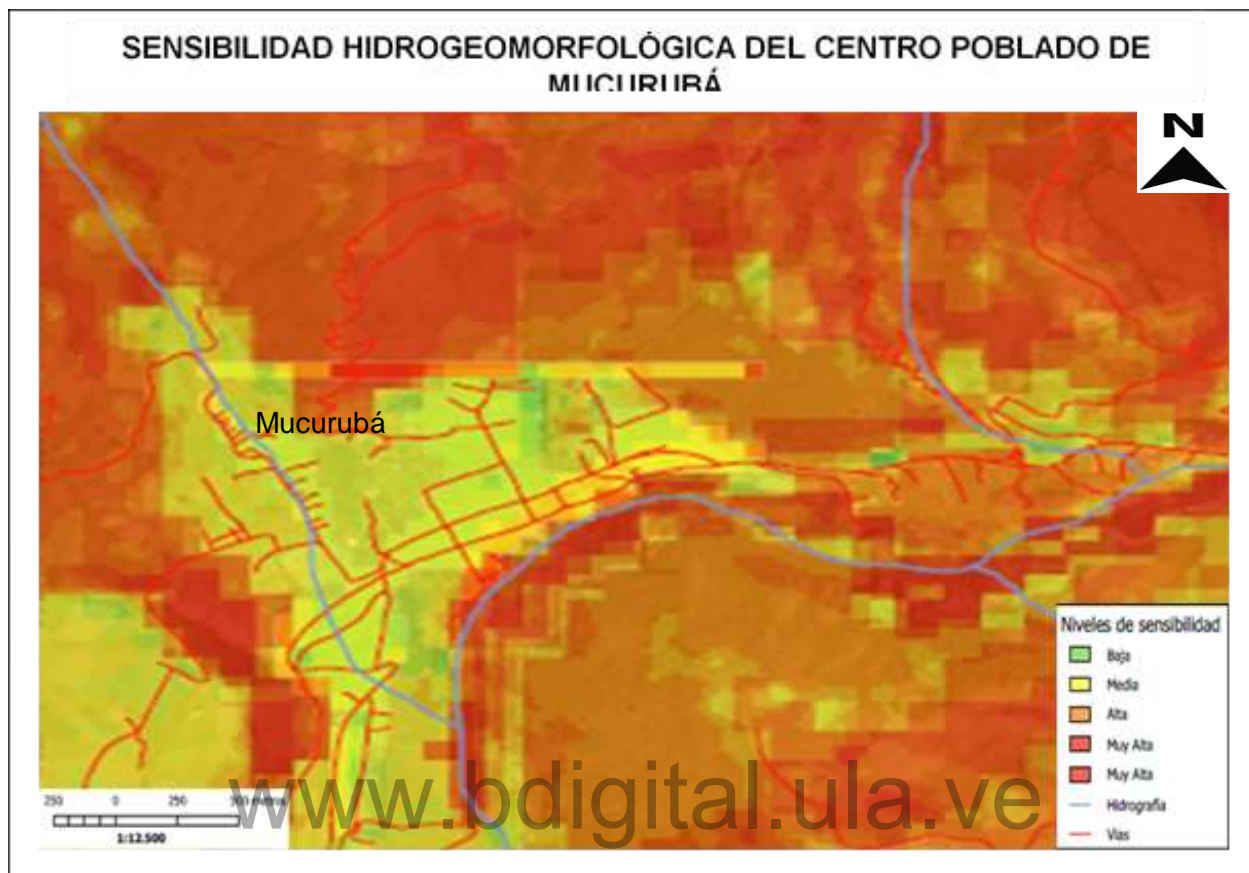


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.46. Distribución de la sensibilidad hidrogeomorfológica del área de estudio.

Tal como se puede observar las zonas con sensibilidad hidrogeomorfológica alta es la que tiene mayor porcentaje de afectación dentro del área de estudio, ocupando un 53.35% de la superficie total, estas tienen como característica común que corresponde a cárcavas en afloramientos de la Asociación Sierra Nevada y en material cuaternario, con pendientes muy inclinadas entre 25° - 45°. Estas áreas por lo general están destinadas a la agricultura y vegetación de tipo gramínea; y a zonas geomorfológicamente representadas por zonas de colinas y cono terrazas.

En segundo lugar se tiene en el territorio una sensibilidad hidrogeomorfológica media, representando un 30.61% de la superficie total, estas zonas están constituidas en gran parte por afloramientos compuesto por rocas de la Asociación Sierra Nevada, de tipo gneis, anfibolitas y esquistos, medianamente meteorizadas y fracturadas, con pendientes moderadamente inclinadas entre 15° - 25°. La vegetación es dispersa y sobre ella hay presencia de urbanismos. Estos asentamientos se ubican en las terrazas y abanicos aluviales, pudiendo modificar con su presencia, la dinámica de los suelos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.47. Mapa de sensibilidad hidrogeomorfológica de la población de Mucurubá.

En tercer lugar se tiene la sensibilidad hidrogeomorfológica baja con un 10.65% del territorio total, correspondiendo a zonas de abanicos aluviales y zonas con material aluvial (de tipo gravas y arenas), con pendientes poco inclinadas entre 5° - 15° . Sobre ella también se encuentra emplazada gran parte de la población sobre todo en las terrazas.

Por último, se tiene que las zonas que tienden a sufrir mayores consecuencias al momento de ocurrir un evento de tipo hidrogeomorfológico, ya que su capacidad de amortiguar es reducida, corresponde al 5.37% de la superficie total, estando representada por la sensibilidad muy alta. Estas zonas son las áreas de taludes en material cuaternario, compuestas por sedimentos no consolidados e inestables y zonas de vertientes. Con pendientes extremadamente inclinadas mayores a $>45^{\circ}$. Así como en zonas con suelo descubierto y en el cauce del río. Sobre estas áreas es donde están manifestados la mayoría de los procesos hidrogeomorfológicos que afectan la región, tales como deslizamientos, derrumbes y cárcavas o surcos.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La probabilidad de ocurrencia de eventos de tipo hidrogeomorfológico, se ha incrementado en los últimos años debido en gran medida a los asentamientos no planificados de la población que ocupa zonas no recomendadas para dicho uso, tal como ocurre en la mayoría de las poblaciones de media montaña. Partiendo de esta premisa y del análisis cada una de las variables que se consideraron para la determinación de la sensibilidad hidrogeomorfológica se puede concluir lo siguiente:

- El presente estudio propone una metodología innovadora que, además de considerar el uso actual y futuro del territorio, incorpora un análisis de sensibilidad ambiental. Este enfoque permite evaluar la vulnerabilidad de un área ante eventos de tipo hidrogeomorfológico, teniendo en cuenta no solo las características físico- naturales, si no que considera el aspecto social, espacial, económico e institucional, que interactúan de forma conjunta dentro de un territorio.
- De los cinco factores considerados para la determinación de la sensibilidad hidrogeomorfológica se tiene que los factores geodinámicos son los que generan mayor influencia sobre el análisis con un porcentaje de afectación del 48.38%, de este factor las unidades y procesos geomorfológicos son las que genera mayor influencia, con un peso de 10.94% seguido la pendiente con un 10.26%. Mientras que el factor económico es quien genera menor afectación en el análisis con un porcentaje de 4.19%, representado por la ubicación de la actividades productivas.
- Al aplicar la metodología propuesta sobre la población de Mucurubá se puede observar que el asentamiento urbano se encuentra sobre una superficie cuya sensibilidad hidrogeomorfológica es de media a baja, sin embargo la zona se halla emplazada en un entorno de alta pendiente (25° - 45°), lo que la vuelve susceptible a procesos geomorfológicos que podrían activarse ante eventos naturales extremos como sismos de gran magnitud o periodos prolongados de lluvias intensas. La inestabilidad de los suelos en estas áreas representa un riesgo considerable para la población asentada en la zona.
- Resulta evidente que los municipios cuentan con una amplia capacidad de acción en la gestión de riesgos y desastres, los cuales con apoyo y la dotación tanto a los funcionarios que dan respuesta a dichos eventos como a los centro de salud, pueden incrementar considerablemente el porcentaje de afectación de dichos factores sobre la sensibilidad hidrogeomorfológica.
- La conversión de estos estudios en políticas públicas constituye un eje central para las instituciones encargadas de gestionar riesgos socio-naturales y resulta de vital importancia para los organismos promotores de la construcción. Esta transformación fomenta la

coordinación de esfuerzos para lograr una ordenación territorial y un desarrollo urbano sostenibles, con el objetivo de minimizar la creación de nuevos asentamientos en zonas de alto riesgo, considerando las características propias de cada región.

- Los productos cartográficos obtenidos en este tipo de estudios son indispensables para el aprovechamiento de las tecnologías de información geográfica. La construcción y mantenimiento de bases de datos geográficos accesibles y dinámicas son clave para la ejecución de nuevas iniciativas enfocadas en la mitigación de riesgos.
- La zonificación de áreas en función de la sensibilidad ante procesos hidromorfológicos a través de cartografía especializada constituye un instrumento clave para la socialización de información geoespacial. Esta herramienta permite tanto la toma de decisiones en zonas con limitaciones naturales para el uso del suelo, como la educación y sensibilización de la población sobre los riesgos a los que están expuestos.
- El Proceso de Análisis Jerárquico (AHP) es una herramienta de modelación flexible y adaptable, diseñada para satisfacer las necesidades específicas de cada organización. Esta metodología no solo permite medir la consistencia en la toma de decisiones, sino también comprender la estructura del problema mediante una representación jerárquica.

5.2. Recomendaciones

www.bdigital.ula.ve

Basándose en los resultados obtenidos de esta investigación y en las conclusiones hechas, se recomienda lo siguiente:

- La sensibilidad hidromorfológica, es una característica intrínseca de cada territorio, por lo que el grado de importancia de cada una de las variables consideradas pueden variar de un lugar a otro, es por ello que esta metodología debería tener una constante revisión y actualización, a fin de incorporar los cambios que se produzcan en el área, así como las modificaciones derivadas de la implementación de nuevos planes o programas.
- Es imperativo que las políticas públicas prioricen inversiones en educación y formación ambiental, más allá de las medidas de emergencia. Esto contribuirá a fortalecer el capital social y sentar las bases para un desarrollo sostenible. Sin embargo, el éxito de estas acciones depende de una transformación cultural profunda, que implique un cambio en la percepción del riesgo por parte de la población y de las autoridades.
- Se hace indispensable elaborar protocolos de emergencia y diseñar programas de recuperación y reconstrucción para corregir las falencias existentes y fortalecer la capacidad de respuesta ante situaciones de crisis. Cuando no es factible mitigar los factores de riesgo, se deben implementar medidas para reducir la vulnerabilidad de las instituciones y sistemas frente a estos.

- Difundir los resultados de esta investigación a las comunidades del área de estudio, a través de instituciones como el Instituto de Gestión de Riesgos y Administración de Desastres del Estado Mérida, con el objetivo de concientizar a la población sobre los peligros a los que están expuestas y promover la adopción de medidas preventivas.
- En vista de la información desactualizada que existe en cuanto a los datos de precipitación y considerando las variaciones climáticas existentes en la actualidad, se recomienda tomar en cuenta la variable del índice de agresividad climática en el contexto de escenarios de cambio climático dentro del factor precipitación, con la finalidad de obtener resultados más certeros y adaptados a la realidad climática existente.

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Medellín (2009). Amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones en el valle de Aburrá. Formulación de propuesta de gestión. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.

Albarrán H., Molina N. (2008). Estudio geográfico de la parroquia Mucurubá municipio Rangel del estado Mérida: bases para su desarrollo agroindustrial y turístico. Trabajo Final de Grado. Universidad de Los Andes. Mérida Venezuela.

Algermissen, S.T. "Integration, Analysis, and Evaluation of Hazard Data" en Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazard Training Program, Open File Report 84-760 (Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 1984). [En línea] Consultado en marzo del 2024. Disponible en: <https://www.oas.org/DSD/publications/Unit/oea65s/ch16.htm>

Alvarado M., Cantos G., Pérez E., Audermard, F. (2015). Cartografía Neotectónica de la falla de Boconó entre Tabay y la Toma, Mérida – Venezuela. Boletín de Geología. 37(2): 47 – 55.

Bustamante D., Pérez L. (2015). Análisis de sensibilidad ambiental con fines de ordenamiento territorial en la parroquia Gonzalo Picón Febres del municipio Libertador del estado Mérida. Trabajo Final de Grado. Universidad de Los Andes. Mérida Venezuela.

Contreras A., Salas, G. (2018). Zonificación de amenazas hidrogeomorfológicas de la población de Mucurubá, municipio Rangel, estado Mérida, Venezuela. Trabajo Final de Grado. Universidad de Los Andes. Mérida Venezuela.

Gajardo, E. (n.d.). [En línea] Consultado en febrero del 2024. Disponible en: <http://www.funvisis.gob.ve/:http://www.funvisis.gob.ve/archivos/www/terremoto/Papers/Doc033/doc033.htm>

González de Vallejo L., Ferrer M., Ortuño L., Oteo C. (2002). Ingeniería Geológica. Editorial PEAESON. Madrid. España.

Instituto de Estudios Regionales y Urbanos (2009). Diseño de metodología para la inclusión de la variable riesgo ambiental en los planes urbanos. Caso de aplicación: Santa Cruz de Mora, estado Mérida. Universidad Simón Bolívar. Informe Síntesis.

Instituto Nacional de Estadística (2011). Censos de población y vivienda. [En línea]. <http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=98&Itemid=51> [Consulta: 02 octubre 2019].

Márquez K., Delgado F., Pérez J., Ochoa J. (2013). Sensibilidad ambiental: una proximidad metodológica para validad Estudios de Impacto Ambiental. Caso de estudio: San Felipe II, estado Trujillo, Venezuela. Revista Forestal Latinoamericana, 28 (Único): 77-106.

Norma Venezolana COVENIN 3661: 2001. Gestión de riesgos, emergencias y desastres. Definición de términos.

Piétrangelli, R. (1999) Desarrollo local y calidad ambiental: legislación ambiental y desarrollo urbano en el medio rural. Tesis para Magister en Desarrollo Urbano Local mención Gestión Urbana. Universidad de los Andes. Mérida - Venezuela

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2012). Conceptos generales sobre gestión del riesgo de desastres y contexto país. Experiencias y herramientas de aplicación a nivel regional y local. PNUD Chile.

Proyecto Multinacional Andina: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de geología y minería. Publicación geológica multinacional N° 4.

Ramírez C., Rodríguez Y. (2013). Estimación de la vulnerabilidad social ante la ocurrencia de eventos hidrogeomorfológicos, microcuenca Guayabal, cuenca del río Mocotíes. Trabajo Final de Grado. Universidad de Los Andes. Mérida Venezuela.

Ramírez N. (2014). Evaluación de una metodología para zonificar áreas susceptibles a ser afectadas por movimientos de masa en la ciudad de Mérida Venezuela.

Sandia L., y Henao A., (2001). Sensibilidad ambiental y sistemas de información geográficas. Centro Interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial (CIDIAT). Mérida Venezuela.

Soto N. (2019). Zonificación de susceptibilidad ante procesos hidrogeomorfológicos en la microcuenca de la quebrada la Honda, municipio Sucre, estado Mérida, Venezuela. Trabajo Final de Grado. Universidad de Los Andes. Mérida Venezuela.

Trimarchi Y. (2018). Procedimiento para la zonificación de sensibilidad sísmica. Caso de estudio: área del Municipio Libertador del estado Mérida. Tesis de Maestría. Centro Interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial (CIDIAT). Universidad de los Andes, Mérida Venezuela.

Wolf, B. (2010). El proceso de rendición de cuentas en los consejos comunales: una propuesta para su evaluación en el marco las organizaciones comunales del municipio Rangel del estado Mérida” (2006-2008). Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Maestría en Ciencias Contables. Universidad de los Andes. Mérida - Venezuela

Zulaica L., Ferraro R., y Fabiani L. (2009) Índices de sensibilidad ambiental en el espacio periurbano de Mar del Plata [En línea]. Geograficando, 5(5). Disponible en: http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.4449/pr.4449.pdf.

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

APÉNDICES

www.bdigital.ula.ve

www.bdigital.ula.ve

APÉNDICE A. Instrumento de consulta aplicada a los especialistas para la determinación del peso de los factores para el análisis de sensibilidad a procesos hidrogeomorfológicos.

Preámbulo

A nivel mundial, los eventos hidrogeomorfológicos, que desencadenan procesos como los deslizamientos en masa, son los que más daños y víctimas causan a las poblaciones y al medio ambiente. Venezuela, se ve especialmente afectada por este problema en las zonas montañosas de los Andes y las del Centro-Norte. En áreas con relieve accidentado, dos factores influyen en la inestabilidad de las laderas: el primero es la acción humana, que altera el paisaje, y segundo los fenómenos naturales, como la gravedad y la acción del agua superficial y/o subterránea.

La Sensibilidad Ambiental se refiere a la susceptibilidad de los componentes ambientales a cambios o transformaciones por actividades humanas o procesos naturales. La valoración de la Sensibilidad Ambiental se basa en dos criterios: la capacidad de respuesta de los componentes ambientales a las actividades humanas y su susceptibilidad a procesos naturales de desestabilización.

En este estudio, la Sensibilidad Ambiental se define como la capacidad del medio para soportar procesos hidrogeomorfológicos sin afectar el equilibrio ambiental. Se busca determinar la importancia de las áreas a considerar como prioritarias en la gestión integral de riesgos, considerando la complejidad de factores geodinámicos, de exposición, de fragilidad socioeconómica e institucional. Para ello, se define una escala de valoración que indica el grado de susceptibilidad del medio a los procesos hidrogeomorfológicos.

Directrices

Para determinar la importancia de los parámetros en el análisis de Sensibilidad a Procesos hidrogeomorfológicos, se presenta una matriz de comparación por pares. Esta matriz contiene trece (13) criterios relevantes para la evaluación. Cada especialista debe evaluar la importancia de cada criterio en función de su experiencia y conocimiento, permitiendo de esta forma obtener los pesos ponderados para cada criterio.

Para ello se solicita que complete las celdas en blanco de la siguiente matriz. Comparando el primer criterio (en las filas) con el segundo criterio (en las columnas) y eligiendo el que considere más importante. Repita este proceso para todos los criterios hasta completar la matriz.

A continuación se presenta la descripción de cada una de las variables a considerar para que pueda servir de referencia en el momento de la ponderación.

- Sensibilidad por geología: se consideran el tipo de roca predominante, el estado de meteorización y fractura que presente, propiedad que condiciona directamente en la resistencia del material, así como la presencia de fallas geológicas y diaclasas.
- Sensibilidad por pendiente: teniendo en cuenta que la inclinación de las vertientes aumenta la dinámica de los procesos hidrogeomorfológicos.
- Sensibilidad por vegetación y usos de la tierra: un suelo totalmente cubierto por una masa boscosa es más estable y menos susceptible a la activación de procesos hidrogeomorfológicos. Las zonas desprovistas de vegetación poseen mayor susceptibilidad a la activación de movimientos en masa.
- Sensibilidad por procesos hidrogeomorfológicos: está referido a las zonas propensas a un evento hidrogeomorfológico, determinado por la forma del relieve, por ejemplo, cárcavas, cauces, deslizamientos, taludes, entre otros.
- Sensibilidad por precipitación: se considera la cantidad de agua que puede precipitarse sobre un lugar por hora.
- Sensibilidad por percepción del riesgo: está referida a la educación integral de la Gestión de Riesgos de la comunidad, a partir del intercambio de experiencias y enseñanzas sobre la reducción del riesgo de desastres. También se toma en cuenta la preparación de la población ante una situación de desastre.
- Sensibilidad por concentraciones demográficas: mayor concentración demográfica mayor número de afectados por un evento hidrogeomorfológico.
- Sensibilidad a edificaciones singulares: se refiere a la ubicación de centros de salud y sitios que puedan ser refugio en caso de un evento como por ejemplo centros deportivos y educativos.
- Sensibilidad por líneas vitales: toma en cuenta la ubicación del sistema de agua potable, almacenamiento de gas combustible, sistemas eléctricos y de comunicación, así como las vías de acceso principal.
- Sensibilidad por actividades productivas: considera la ubicación relativa de las principales actividades productivas de la zona, en este caso de cultivos y áreas ganaderas.
- Sensibilidad por capacidad de respuesta y equipamiento: es la capacidad de respuesta de organismos encargados y su equipamiento al momento de la atención primaria, luego de haber ocurrido un evento hidrogeomorfológico.
- Sensibilidad por capacitación de los funcionarios: son los conocimientos de los funcionarios públicos de todos los niveles y los voluntarios, mediante la educación sobre la gestión integral del riesgo.
- Sensibilidad por capacidad médico asistencial: la adecuada disposición y equipamiento de los centros de salud, supone una variable a favor en cuanto a la reducción de morbilidad y mortalidad asociada a un evento hidrogeomorfológico.

Tabla A1. Matriz de comparación por pares para determinar la Sensibilidad a Procesos hidromorfológicos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Sensibilidad por Geología	Sensibilidad por Pendiente	Sensibilidad por Vegetación y usos de la tierra	Sensibilidad por Procesos hidromorfológicos	Sensibilidad por Precipitación	Sensibilidad por Percepción del riesgo	Sensibilidad por densidad poblacional	Sensibilidad por ubicación de edificaciones singulares	Sensibilidad por la ubicación de líneas viales	Sensibilidad por ubicación de actividades productivas	Sensibilidad por la capacidad de respuesta y equipamiento	Sensibilidad por capacitación de los funcionarios	Sensibilidad por capacidad médico asistencial
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													

Fuente: Elaboración propia

www.bdigital.ula.ve

APÉNDICE B. Instrumento de consulta aplicado a las personas en la población de Mucurubá, con la finalidad de conocer el nivel de percepción del riesgo que tienen en relación a los desastres naturales, específicamente a los procesos hidrogeomorfológicos.



**CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E
INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA, VENEZUELA**

**SENSIBILIDAD HIDROGEOMORFOLÓGICA: UNA PROPUESTA
METODOLÓGICA. CASO DE ESTUDIO POBLACIÓN DE MUCURUBÁ,
MUNICIPIO RANGEL, ESTADO MÉRIDA – VENEZUELA**

**INSTRUMENTO DE CONSULTA
PERCEPCIÓN DE LA COMUNIDAD ANTE EL RIESGO
HIDROGEOMORFOLÓGICO**

1. ¿Ha escuchado o tiene algún conocimiento de lo que es un movimiento en masa? De ser afirmativo ¿sabe usted que la población es vulnerable ante la presencia de dichos movimientos?

2. Tiene conocimiento alguno sobre eventos naturales que usted conozca o haya escuchado que hayan ocurrido en la ciudad.

3. ¿Considera que la ciudad está preparada para una situación de desastre? Si o No. Si es no, se debe a que razones:
 - a. Falta de conciencia ciudadana
 - b. Carencia de infraestructura y áreas de refugio

4. ¿Se están ejecutando algunas acciones con la finalidad de reducir los peligros naturales en la ciudad? ¿Quién lo está ejecutando?

•

www.bdigital.ula.ve

APÉNDICE C. Cálculo de los pesos correspondientes para cada variable de cada factor considerado para la determinación de la sensibilidad hidrogeomorfológica.

Tabla C.1. Selección de la importancia de las variables de cada factor por cada experto consultado

Variables/Expertos		Frecuencia (Fei)														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Sensibilidad por Geología	6	2	11	9	8	5	3	8	12	12	7	3	3	3	3
2	Sensibilidad por Pendiente	5	9	9	12	8	9	6	7	11	8	8	5	7	7	7
3	Sensibilidad por Vegetación y usos de la tierra	3	9	7	10	8	8	1	9	5	3	4	5	10	10	7
4	Sensibilidad por Procesos hidrogeomorfológicos	5	11	12	8	10	9	8	8	8	10	6	9	11	7	6
5	Sensibilidad por Precipitación	11	12	9	10	10	8	4	2	6	9	6	4	8	8	8
6	Sensibilidad por Percepción del riesgo	7	9	8	7	7	4	9	8	9	7	3	4	1	0	1
7	Sensibilidad por densidad poblacional	3	7	6	6	10	4	6	6	8	10	6	6	9	6	6
8	Sensibilidad por ubicación de edificaciones singulares	5	5	2	5	3	1	5	4	5	5	8	1	3	8	2
9	Sensibilidad por la ubicación de líneas vitales	6	5	4	3	2	6	8	3	6	2	9	5	10	9	6
10	Sensibilidad por ubicación de actividades productivas	0	1	1	5	1	5	3	9	1	0	9	5	3	4	2
11	Sensibilidad por la capacidad de respuesta y equipamiento	10	2	4	2	4	8	8	5	2	4	3	6	7	4	10
12	Sensibilidad por capacitación de los funcionarios	9	3	2	1	7	5	7	7	2	4	1	8	5	4	10
13	Sensibilidad por capacidad médico asistencial	8	3	3	0	0	6	10	2	3	4	0	8	7	8	10

Tabla C.2. Peso de cada variable de cada factor por cada experto consultado

Variables/Expertos	Peso de cada factor (Ve i)															Peso total de cada variable
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1 Sensibilidad por Geología	0.08	0.03	0.14	0.12	0.10	0.06	0.04	0.10	0.15	0.15	0.15	0.09	0.04	0.04	0.04	0.09
2 Sensibilidad por Pendiente	0.06	0.12	0.12	0.15	0.10	0.12	0.08	0.09	0.14	0.10	0.12	0.10	0.06	0.09	0.09	0.10
3 Sensibilidad por Vegetación y usos de la tierra	0.04	0.12	0.09	0.13	0.10	0.10	0.01	0.12	0.06	0.04	0.05	0.06	0.13	0.13	0.09	0.08
4 Sensibilidad por Procesos hidrogeomorfológicos	0.06	0.14	0.15	0.10	0.13	0.12	0.10	0.10	0.10	0.13	0.08	0.12	0.14	0.09	0.08	0.11
5 Sensibilidad por Precipitación	0.14	0.15	0.12	0.13	0.13	0.10	0.05	0.03	0.08	0.12	0.10	0.08	0.05	0.10	0.10	0.10
6 Sensibilidad por Percepción del riesgo	0.09	0.12	0.10	0.09	0.09	0.05	0.12	0.10	0.12	0.09	0.04	0.05	0.01	0.00	0.01	0.07
7 Sensibilidad por densidad poblacional	0.04	0.09	0.08	0.08	0.13	0.05	0.08	0.08	0.10	0.13	0.08	0.08	0.12	0.08	0.08	0.08
8 Sensibilidad por ubicación de edificaciones singulares	0.06	0.06	0.03	0.06	0.04	0.01	0.06	0.05	0.06	0.06	0.10	0.01	0.04	0.10	0.03	0.05
9 Sensibilidad por ubicación de líneas vitales	0.08	0.06	0.05	0.04	0.03	0.08	0.10	0.04	0.08	0.03	0.12	0.06	0.13	0.12	0.08	0.07
10 Sensibilidad por ubicación de actividades productivas	0.00	0.01	0.01	0.06	0.01	0.06	0.04	0.12	0.01	0.00	0.12	0.06	0.04	0.05	0.03	0.04
11 Sensibilidad por capacidad de respuesta y equipamiento	0.13	0.03	0.05	0.03	0.05	0.10	0.10	0.06	0.03	0.05	0.04	0.08	0.09	0.05	0.13	0.07
12 Sensibilidad por capacitación de los funcionarios	0.12	0.04	0.03	0.01	0.09	0.06	0.09	0.09	0.03	0.05	0.01	0.10	0.06	0.05	0.13	0.06
13 Sensibilidad por capacidad médico asistencial	0.10	0.04	0.04	0.00	0.00	0.08	0.13	0.03	0.04	0.05	0.00	0.10	0.09	0.10	0.13	0.06