

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

INSTITUTO DE GEOGRAFÍA Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS NATURALES

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS SOCIONATURALES



GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES DE ENTES
PRESTADORES DE SERVICIO DE AGUA POTABLE. CASO DE
ESTUDIO: SUBSISTEMA MUCUJÚN, ACUEDUCTO
METROPOLITANO DE MÉRIDA

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

Autor: Geog. Ana J. Quintero

Tutor: Msc Ing. Annie Lobo

Mérida, abril 2024.

Reconocimiento

Índice

Agradecimiento.....	10
Resumen	11
CAPITULO I. MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. Introducción	12
1.2. Planteamiento del problema.....	13
1.3. Objetivos.....	15
1.3.1. General	15
1.3.2. Específicos.....	15
1.4. Alcances.....	16
1.5. Justificación	16
1.6. Localización del área de estudio	17
1.7. Aspectos físico-naturales relevantes de la sucuencia del río Mucujún	20
1.7.1. Condiciones del relieve y topográficas	20
1.7.2. Geología	20
1.7.3. La geología estructural a partir de sus rasgos e incidencia, representa uno de los elementos más destacables a los fines de la investigación.....	22
1.7.4. Geomorfología	23
1.7.5. Suelo y subsuelo	25
1.7.6. Clima	26
1.7.7. Hidrografía.....	26
1.7.8. Cobertura vegetal de la subcuenca	27
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	29
2.1. Marco conceptual.	29
2.1.1. Percepción del agua como recurso natural, monetario o social.	29
2.1.2. Gestión de riesgos, riesgos, amenaza y vulnerabilidad.	30
2.1.3. Planificación territorial y la gestión de riesgos.	30
2.1.4. La institucionalidad de la gestión pública en materia de gestión de riesgo.....	31
2.1.5. Gestión del recurso hídrico y su vinculación con la gestión de riesgos.	32
2.1.6. Gestión de riesgos en empresas hidrológicas.	33

2.1.7. Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable.....	34
2.1.8. Lineamientos en gestión de riesgos: creación de planes orientados a empresas hidrológicas.	36
2.2. Antecedentes de la investigación.	37
2.2.1. Trabajos realizados en la temática de investigación.	37
2.2.2. Investigaciones relacionadas con el área de estudio.....	40
2.3 Bases legales.....	42
2.3.1. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.	42
2.3.2. Ley de Aguas.	42
2.3.3. Ley de gestión de riesgos siconatunales.	43
2.3.4. Reglamento de la Zona Protectora de la Sub-cuenca del Río Mucujún (1986)	44
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	45
3.1. Tipo de investigación.	45
3.2. Diseño de la investigación.....	45
3.3. Población y muestra.....	45
3.3.1. Población.....	45
3.3.2. Muestra.	46
3.4. Esquema metodológico.	46
3.5. Proceso Metodológico.	46
3.5.1. Caracterización del sistema.	46
3.5.2. Caracterización del ente prestador del servicio de agua potable.	47
3.5.3. Análisis de vulnerabilidades.	47
3.5.3.1 Vulnerabilidad operativa.	47
3.5.3.2. Vulnerabilidad sanitaria.....	47
3.5.3.3. Vulnerabilidad administrativa.....	47
3.5.3.4. Vulnerabilidad de la red.....	48
3.5.3.5. Evaluación de las edificaciones para la estimación de la vulnerabilidad sísmica.....	51
3.5.4. Análisis de amenazas de la subcuenca del río Mucujún.....	61
3.5.4.1. Evaluación de la gestión del ente prestador del servicio ante emergencias.....	62

3.5.5. Evaluación de la gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable.	64
3.5.6. Definición de acciones correctivas y prospectivas en el ámbito institucional y gubernamental.....	66
CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS DE AMENAZAS Y VULNERABILIDAD AL SUBSISTEMA.	68
4.1. Caracterización del subsistema Mucujún.	68
4.2. Caracterización administrativa y organizacional de la empresa Aguas de Mérida C.A.	71
4.2.1. Reseña histórica.	71
4.3. Análisis de vulnerabilidades	74
4.3.1. Evaluación de las edificaciones para la estimación de la vulnerabilidad sísmica. .	78
4.4. Análisis de la gestión del ente prestador del servicio ante emergencias.	81
4.5. Caracterización de las amenazas de la subcuenca	82
4.5.1. Análisis de la amenaza geosísmica.	83
4.5.1.1. Composición de los sedimentos.....	84
4.5.1.2. Consolidación de los sedimentos.....	85
4.5.1.3. Cercanía a los taludes	87
4.5.2. Amenazas geomorfológica e hidrogeomorfológicas	91
4.5.2.1. Terraza de El Vallecito	91
4.5.2.2. Deslizamiento de la Vuelta de Lola.....	95
4.5.2.3. Movimiento de masa en la microcuenca el Escorial	98
4.5.2.3.1. Calidad del agua bajo la cota de ubicación del movimiento de masa.....	103
4.5.2.3.2. ¿Hubo afectación del subsistema Mucujún a partir de la activación del movimiento de masa en la microcuenca El Escorial?	105
4.6. Amenaza sanitaria	105
4.6.1. Fuga de gas cloro.....	105
4.7. Evaluación de la gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable.	110
CAPITULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS	112
5.1. Vulnerabilidad	112

5.1.1. Vulnerabilidad operativa.....	112
5.1.2. Vulnerabilidad sanitaria.....	112
5.1.3. Vulnerabilidad administrativa.....	113
5.1.4. Vulnerabilidad de la red.....	114
5.1.5. Vulnerabilidad sísmica.....	114
5.2. Amenaza.....	119
5.3. Gestión del ente prestador del servicio ante emergencias.	122
5.4. Análisis de los resultados de evaluación de la gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable.....	129
5.5. Acciones correctivas y prospectivas en el ámbito institucional y gubernamental	131
5.5.1. Sistema de alerta temprana.....	133
5.5.2. Coordinación interinstitucional y ciudadana.....	134
5.5.3. Búsqueda de nuevas fuentes.	135
5.5.4. Obras de captura y regulación en el movimiento de masa de la microcuenca El Escorial.....	136
5.5.5. Información a la población.....	138
5.5.6. Educación a los funcionarios de la empresa.....	138
5.5.7. Mantenimiento de equipos de emergencias ante riesgos sanitarios.	139
5.5.8. Redundancia en el sistema.	139
5.5.9. Manteamiento y adecuación de los equipos de potabilización.	140
5.5.10. Generar un fondo de reserva para eventos extraordinarios.	140
5.5.11. Calidad del agua.....	140
5.5.12. Pago por servicios ambientales hidrológicos.	142
5.5.13. Modificación en la configuración de zona ABRAE de la subcuenca y en su reglamento de uso.....	143
CAPITULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
6.1. De las vulnerabilidades.	146
6.2. De las amenazas.	147
6.3. De la gestión ante contingencias y situaciones de emergencias.	148
6.4. De la gestión prospectiva y correctiva.	149

6.5. De las acciones prospectivas y correctivas realizadas.	149
6.6. Recomendaciones.	149
Referencias citadas.....	152

Índice de tablas

Tabla 1. Unidades aflorantes en el área de estudio.	21
Tabla 2. Tipos de paisaje y sus características geológicas más relevantes	23
Tabla 3. Sistema de relieve de la subcuenca Mucujún.....	24
Tabla 4. Caracterización de los suelos de la subcuenca del río Mucujún	25
Tabla 5. Caracterización de los tipos de vegetación.....	27
Tabla 6. Cuestionario para la identificación de vulnerabilidades de la empresa hidrológica.	48
Tabla 7. Valores del índice de vulnerabilidad asociado a la antigüedad (I ₁).....	53
Tabla 8. Valores del índice de vulnerabilidad de edificaciones asociado al tipo estructural	53
Tabla 9. Valores del índice de vulnerabilidad en edificaciones asociado a irregularidades I _{3j}	55
Tabla 10. Separación entre edificaciones.....	56
Tabla 11. Valores del índice de vulnerabilidad de edificaciones asociado a la topografía y a los drenajes (I ₄).	57
Tabla 12. Índice de vulnerabilidad en edificaciones asociado al grado de deterioro.....	58
Tabla 13. Índices de vulnerabilidad (I _i) y pesos relativos (α_i) del subsistema Mucujún	59
Tabla 14. Valoración del índice de vulnerabilidad (I _v)	59
Tabla 15. Ponderación de pesos para cada tipo de vulnerabilidad	60
Tabla 16. Rangos de vulnerabilidad	60
Tabla 17. Componentes más vulnerables identificados dentro del subsistema Mucujún. .	61
Tabla 18. Probabilidad de impacto de la amenaza, grado de consecuencia y nivel de riesgo en los componentes más vulnerables.	61

Tabla 19. Análisis de las amenazas	61
Tabla 20. Evaluación de la gestión del ente prestador del servicio ante emergencias.....	62
Tabla 21. Gestión del ente prestador de servicio ante emergencias	64
Tabla 22. Evaluación de la gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable.....	64
Tabla 23. Gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable	66
Tabla 24. Acciones preventivas y correctivas a implementar en la empresa hidrológica. .	67
Tabla 25. Caracterización del subsistema Mucujún	70
Tabla 26. Análisis de vulnerabilidades al sistema.....	74
Tabla 27. Índices de vulnerabilidad	80
Tabla 28. Resultados obtenidos del cálculo de los índices asociados a la vulnerabilidad del subsistema Mucujún.....	80
Tabla 29. Análisis de la gestión ante emergencias del subsistema Mucujún	81
Tabla 30. Posibilidad de movimientos de masa causados por procesos geosismicos.....	84
Tabla 31. Comportamiento sísmico de los suelos en base a su consolidación	86
Tabla 32. Comportamiento de dispersión de gas cloro	106
Tabla 33. Características del tanque de almacenamiento de gas cloro	107
Tabla 34. Criterios de evaluación de la gestión prospectiva de la empresa Aguas de Mérida	110
Tabla 35. Criterios de evaluación de la gestión correctiva de la empresa Aguas de Mérida.	111
Tabla 36. Valores más altos obtenidos del cálculo de los índices asociados a la vulnerabilidad.....	114
Tabla 37. Resultados del análisis de vulnerabilidades del subsistema Mucujún.....	117
Tabla 38. Resultados obtenidos del cálculo de la vulnerabilidad al sistema	117
Tabla 39. Componentes más vulnerables identificados dentro del subsistema Mucujún	118
Tabla 40 Probabilidad de impacto de la amenaza, grado de consecuencia y nivel de riesgo en los componentes más vulnerables.	119

Tabla 41. Análisis de la amenaza al subsistema.	120
Tabla 42. Evaluación de la gestión del ente prestador del servicio ante emergencias.....	122
Tabla 43. Dotación sugerida de agua según el Alto comisionado de las Naciones Unidas para los refugiados.	124
Tabla 44 . Demanda de agua potable por sectores en caso de emergencia.	125
Tabla 45. Tiempo de recuperación de componentes del sistema en situaciones de peligro y emergencias	127
Tabla 46. Evaluación de la gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable.....	129
Tabla 47. Línea de acciones preventivas y correctivas a implementar en la empresa Aguas de Mérida C.A para atender el subsistema Mucujún	132
Tabla 48 Déficit máximo determinado por año periodo 1998-2020 en la ciudad de Mérida	135
Tabla 49 Cambio de uso y cobertura de la tierra, entre los años 2003 y 2022 en la subcuenca del río Mucujún.....	143

www.bdigital.ula.ve

Índice de figuras

Figura 1. Subcuenca del río Mucujún.	18
Figura 2. Delimitación subsistema Mucujún	19
Figura 3. Sistemas de fallas cercanos al subsistema Mucujún.	22
Figura 4. Esquema metodológico.....	46
Figura 5. Planilla de inspección de edificaciones.....	52
Figura 6. Construcciones en las cuales se considera vulnerabilidad asociada a la topografía.....	57
Figura 7. Planilla de inspección de edificaciones. Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin (El Vallecito). Fuente: elaboración propia (2023).	78
Figura 8. Planilla de inspección de edificaciones. Estanques de almacenamiento La Vuelta de Lola.	79
Figura 9. Diagrama de la vulnerabilidad de los componentes del sistema.	81

Figura 10. Comportamiento de los sedimentos ante un sismo, según su consolidación en la Terraza de Mérida. Fuente: modificado de Vivas (2002).....	88
Figura 11. Detalle de la terraza de Mérida y terraza El Vallecito, se observa que los niveles de susceptibilidad se encuentran entre VIII y X.	89
Figura 12. Rangos de riesgo de acuerdo a la cercanía al talud de la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin. Color Rojo distancia al talud entre 0 y 20 metros. Color Naranja distancia al talud entre 20 y 40 metros. Color amarillo: distancia al talud entre 40 y 60 metros. Fuente: elaboración propia a partir la imagen de google earth, 2023.	90
Figura 13 Rangos de riesgo de acuerdo a la cercanía al talud de los estanques de almacenamiento de la Vuelta de Lola. Color Rojo distancia al talud entre 0 y 20 metros. Color Naranja distancia al talud entre 20 y 40 metros. Color amarillo: distancia al talud entre 40 y 60 metros. Color amarillo: distancia al talud entre 40 y 60 metros. Fuente: elaboración propia a partir la imagen de google earth, 2023.	90
Figura 14. Vista del talud de la terraza del Vallecito y del canal erosivo producto de la descarga de agua de la planta de potabilización Dr. Enrique Bourgoin.	92
Figura 15. Mapa de sectorización para amenazas naturales basada en criterios geomorfológicos El Vallecito, estado Mérida. Fuente: modificado de Jiménez y Arismendi, 2009.	93
Figura 16. Detalle del mapa de sectorización para amenazas naturales en donde se ubica la planta de potabilización Dr. Enrique Bourgoin.....	94
Figura 17. Detalle del mapa de sectorización para amenazas naturales en donde se ubica el dique toma.....	94
Figura 18. Perfil geológico. Se observa la masa deslizada (1), Formación Mucujún, areniscas interestratificadas con limolitas (2), Formación Palmarito, pizarras y filitas (3), Cuaternario abanico aluvial (4) y el plano de falla con movimiento relativo (5) (falla de origen).	96
Figura 19 Perfil geomorfológico. Se observa la masa deslizada representada por el símbolo 1, abanico aluvial representado por el símbolo 2, paleozoico pérmico formación	

Palmarito, superficie aproximada de deslizamiento representada por el símbolo 4.	
Fuente: Ferrer y Ramírez (Trabajo Inédito) en Ramírez y Ferrer (inédito)	97
Figura 20. Caracterización del deslizamiento La Vuelta de Lola	97
Figura 21. Descripción del movimiento de masa por parte de protección civil en el año 2017.....	98
Figura 22. Caracterización del movimiento de masa en la microcuenca Escorial, vista área (drone). Fuente: Aguas de Mérida C. A (2023).	100
Figura 23. Caracterización del movimiento de masa en la microcuenca Escorial, in situ.	101
Figura 24. Conos de deyección en la microcuenca El Escorial	101
Figura 25. Ubicación del movimiento de masa en la microcuenca El Escorial (1) con respecto a las instalaciones del dique toma y desarenadores de Aguas de Mérida (2). ..	102
Figura 26 Microcuenca quebrada El Escorial (0,83 km ²), en donde se aprecia la corona del deslizamiento (0,28 km) la ubicación y la extensión del movimiento de masa (0,16 km ²).	103
Figura 27. Gráfica del promedio mensual de turbiedad registrado desde enero 2021 hasta agosto 2023. Fuente: Aguas de Mérida C.A en Díaz (2023).	104
Figura 28. Escenario más devastador realizado por la simulación en el programa ALOHA.	109
Figura 29 Cercanía al talud de las estructuras que forman parte del subsistema Mucujún izquierda, estanques de almacenamiento La Vuelta de Lola, derecha planta de potabilización Dr. Enrique Bourgoin.....	115
Figura 30. Posible ubicación de medidas estructurales (en verde y amarillo) y de bioingeniería (en rojo) sobre deslizamiento El Escorial.	137
Figura 31. Gráfico de coliformes fecales para el año 1988 en el río Mucujún.	141

Agradecimiento

A la ilustre Universidad de los Andes, por mantener las puertas abiertas y brindar el entorno propicio para el crecimiento académico y personal.

Al personal docente del Programa de Postgrado en Gestión de Riesgos, cuya guía experta y compromiso con la excelencia académica contribuyeron en el logro de esta meta.

A mi familia, por su apoyo constante, comprensión y aliento en los momentos difíciles.

A todos y cada uno de los que colaboraron en la realización de este proyecto.

¡Gracias!

www.bdigital.ula.ve

Resumen

El agua es un elemento esencial para la vida en el planeta, esta juega un papel primordial en la supervivencia de los seres vivos, el mantenimiento del medio natural y el desarrollo de las actividades humanas. Así, el agua potable es uno de los servicios básicos más importantes de la sociedad, también uno de los más complejos en su distribución, debido a que las estructuras de captación se sitúan generalmente lejos de los centros poblados a servir. Por ello, estas son sensibles y vulnerables a sufrir impactos generados por amenazas de índole geológico, geomorfológico, hidrológico e incluso socio tecnológicos. Este trabajo, engloba los resultados de la aplicación de una serie de procesos metodológicos que permitieron el análisis de la gestión de riesgos de desastres en entes prestadores de servicio de agua potable, teniendo como caso de estudio a la empresa pública Aguas de Mérida C.A, acueducto metropolitano de Mérida, subsistema Mucujún, por ser el abastecedor de más del 70% del agua potable de la ciudad de Mérida-Venezuela.

Entre las variables estudiadas, se encuentran las amenazas a las que está expuesto el subsistema, como la sísmica y geomorfológica sin dejar de considerar la vulnerabilidad sanitaria, administrativa y operativa del ente prestador de servicio; considerando adicionalmente, la evaluación de la gestión de desastres ante emergencias y la gestión prospectiva y correctiva de la institución pública administradora del servicio.

Los insumos obtenidos, permitieron identificar y proponer una serie de acciones con el fin de minimizar los niveles de riesgo de los componentes evaluados. Si bien, muchas de estas acciones pueden ser complejas y costosas debido a los daños esperados ante la ocurrencia de cualquiera de los eventos identificados, otras se enfocan en el capital humano, el cual es y será fundamental en el proceso de distribución de agua potable.

Palabras clave: Aguas de Mérida C.A, gestión de riesgos de desastres, amenaza, vulnerabilidad, gestión prospectiva, gestión correctiva.

MARCO DE REFERENCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 . Introducción

El abastecimiento de agua potable, es uno de los servicios básicos insustituibles e imprescindibles para las poblaciones tanto urbanas como rurales. Sin embargo, la ubicación de las estructuras de toma y las líneas de aducción y distribución, lejos de los centros de consumo y abastecimiento, conllevan a que los mismos estén expuestos a múltiples amenazas de índole hidrológico, geomorfológico y geosísmico.

Esto, se traduce en niveles de sensibilidad y vulnerabilidad variables, a los que pueden sumarse deficiencias del ente prestador de servicio, en cuanto a la capacidad operativa, de mantenimiento, entre otras variables que se traducen en riesgos y baja resiliencia del sistema.

Este trabajo, analizó la capacidad de gestión de riesgos de desastres de la empresa administradora del servicio de agua potable en la ciudad de Mérida, específicamente en el principal sistema de tratamiento y distribución de agua, el subsistema Mucujún, que abastece hoy cerca de doscientas mil personas, aproximadamente 80% de la población urbana del municipio Libertador.

A partir de la aplicación de una serie de encuestas e indicadores, se analizaron elementos claves como las amenazas físicas y antrópicas al subsistema, la vulnerabilidad física y administrativa de la institución, la gestión de riesgos ante emergencias y la gestión prospectiva y correctiva que subyace en todo el subsistema.

Tales insumos, permitieron identificar los elementos más vulnerables, calcular los tiempos de recuperación de cada componente del subsistema en caso de ocurrencia de eventos adversos y con ello formular una serie de acciones preventivas y mitigantes.

1.2. Planteamiento del problema

La ciudad de Mérida, por las características del lugar de emplazamiento, está expuesta a múltiples amenazas de índole hidrológica, geomorfológica y geosísmica. Los sistemas de abastecimiento de agua potable son muy sensibles y vulnerables a sufrir impactos generados por estas amenazas. Estos, pueden ser variables, dependiendo de la ubicación y estado de los elementos que los componen como líneas de aducción, plantas de potabilización, estructuras de captación, desarenadores, entre otros.

Institucionalmente, aun no hay claridad en torno a cómo integrar la política de gestión de riesgos de desastres en las mismas, así como la creación de un sistema integral y a la empresa, una mayor resiliencia. Primeramente, debido a que no existe una normativa específica en este ámbito y a la falta de información y recursos para la prevención, control y mitigación del riesgo.

Esto, puede verse reflejado a nivel interno en los entes prestadores de servicio de agua potable a través de la falta de planes orientados a la prevención y mitigación de desastres, en la poca o inexistente información histórica de eventos excepcionales ocurridos en el área de ubicación del sistema de agua potable, lo cual, repercute en la disminución de la capacidad del ente a actuar de manera verás coherente y efectiva ante un evento de magnitud considerable.

En este orden de ideas, al abordar el análisis del riesgo, se deben incluir el estudio de las variables físicas, económicas, sociales y ambientales, así como la valoración del impacto directo e indirecto de procesos naturales o tecnológicos que pueden llegar a causar daños en un sistema de agua potable, e inclusive a la población circundante, evaluados a partir del reconocimiento de las amenazas sobre el sistema y la evaluación de la vulnerabilidad de cada uno de los componentes del sistema de agua potable.

Para analizar los escenarios de riesgo, resultaba importante detectar las amenazas a las que está expuesto el subsistema Mucujún, dado su carácter de principal abastecedor de

agua potable de la ciudad de Mérida. En este sentido, se comenzó por definir y conceptualizar algunos términos y conceptos empleados en la investigación:

- Amenaza sísmica: Debido a la cercanía de fallas geológicas y estructurales que forman parte territorio por donde se desplaza el sistema de fallas de Boconó, es posible la afectación de estructuras como la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin y los estanques de almacenamiento de La Vuelta de Lola, considerando su vulnerabilidad física, así como la ubicación de estas estructuras con respecto al borde del talud de la terraza de la ciudad de Mérida y la terraza de El Vallecito.
- Amenaza sanitaria: La posible afectación de la estructura de la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin por un evento externo (por ejemplo, un gran movimiento de masa o vibraciones por eventos sísmicos) o por causa humana, que puede desencadenar un evento sanitario como es la fuga de gas cloro.
- Amenaza geomorfológica: La reactivación de un movimiento de masa de gran magnitud entre los poblados de Mucujún y San Benito podría generar la ruptura de la línea de aducción del acueducto de Mérida.
- Amenaza hidrológica: una crecida excepcional o vinculada a periodos de retorno del río Mucujún, podrían causar daños parciales o totales en la estructura del dique toma.

En base a ello se consideró formular las siguientes interrogantes:

- ¿La empresa hidrológica Aguas de Mérida C.A, cuenta con políticas y programas pertinentes para llevar a cabo una gestión integral del riesgo en los sistemas de abastecimiento de agua potable bajo su administración?
- ¿El personal de la empresa hidrológica Aguas de Mérida C.A, posee información sobre las amenazas a las que está expuesto el acueducto de Mérida, subsistema Mucujún, principal estructura conformante del Sistema Metropolitano Mérida?
- ¿El acueducto de Mérida, subsistema Mucujún, podría continuar operativo en caso de daños producto de la incidencia de amenazas geológico-geomorfológicas?

- ¿Cuáles son las medidas prospectivas y correctivas que se deben implementar en el subsistema Mucujún ante la activación de eventos de índole sísmico, sanitario o geomorfológico?

Para dar respuesta a estas preguntas, se formulan los siguientes objetivos:

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Analizar los elementos determinantes de la gestión de riesgos de desastres en entes prestadores de servicio de agua potable, a partir del diagnóstico de las amenazas y valoración de las vulnerabilidades del sistema. Caso de estudio: empresa Aguas de Mérida C.A, Acueducto Metropolitano de Mérida, Subsistema Mucujún.

1.3.2. Específicos

- Identificar las amenazas a las que está expuesto el subsistema Mucujún a partir de la caracterización geológica-geomorfológica.
- Analizar la vulnerabilidad administrativa, operativa, de la red, sanitaria y geosísmica del subsistema Mucujún.
- Examinar la capacidad de gestión del ente prestador de servicio de agua potable ante emergencias.
- Evaluar la gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable.
- Definir acciones correctivas y prospectivas en el ámbito institucional y de gobernanza ante la resiliencia para el mejoramiento de las condiciones físicas y capacidades técnicas y operativas del subsistema Mucujún.

1.4. Alcances

Este trabajo busco abordar la gestión de riesgos de desastres desde una arista de gran importancia como lo es la prestación del servicio de agua potable de una ciudad media de montaña. Con ello, se intenta hacer aportes técnicos y metodológicos a los estudios de detalle que se requieren para crear mayores condiciones de resiliencia técnica y operativa de sistemas de acueducto de la región montañosa venezolana.

1.5. Justificación

Los peligros, desastres naturales y socio tecnológicos son consecuencias de la exposición ante amenazas y de condiciones de riesgos no manejados, así como de “vacíos” que se generan en prácticas regulares y extraordinarias de procesos de desarrollo de la sociedad.

En la mayoría de los casos, estos resultan de procesos mal planificados y en consecuencia desacertadamente gerenciados que decantan en la desmejora de la calidad de vida de la población, a través del aumento de vulnerabilidad a amenazas tanto naturales como sociotecnológicas.

En este orden de ideas, resulta fundamental la inclusión del análisis y evaluación de la gestión de riesgos como un factor condicionante en la prevención, reducción y manejo de las consecuencias de estos eventos adversos sobre la población. La gestión de riesgos en este sentido, debe ser considerada como una herramienta de planificación y operativa eficiente, así como un componente íntegro y funcional del proceso de gestión del desarrollo global, sectorial, territorial, urbano, local comunitario o familiar (CONRED, 2011).

Al contar con el apoyo de un instrumento de gestión para garantizar un desarrollo sostenible y sustentable en el tiempo, ello repercutirá favorablemente en los procesos de mejoramiento de infraestructura, líneas vitales y servicios básicos en general, como lo son electricidad, gas doméstico y agua potable.

Para la OMS (1998), estas actuaciones cumplen una misión especial en el proceso de desarrollo y es un elemento esencial para garantizar las condiciones de salud y bienestar de la población, entendiendo que el impacto de un evento socionatural o tecnológico puede provocar la contaminación de las aguas, la ruptura en tuberías o estructuras, escasez de agua o incluso el colapso total del sistema.

Para la implementación de la gestión del riesgo de desastres, deben impulsarse una serie de actividades realizadas con anterioridad a la ocurrencia de los eventos esperados. Con esto si bien no se garantiza en forma definitiva la eliminación total del riesgo existente, es posible llegar a un estado en que el este sea manejable dentro de los parámetros del riesgo aceptable y de los recursos disponibles de los entes encargados (CONRED, 2011).

A la luz del caso del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Mérida, se observa la absoluta necesidad de diseñar una estrategia de gestión de riesgos como una práctica y un ejercicio táctico flexible y adaptable a las peculiaridades que puede presentar este sistema en específico.

www.bdigital.ula.ve

1.6. Localización del área de estudio

El subsistema Mucujún, parte del sistema de abastecimiento de agua potable Metropolitano de Mérida-Venezuela, está emplazado dentro de la subcuenca del río Mucujún, en territorios pertenecientes a las parroquias Gonzalo Picón Febres y Milla del municipio Libertador del Estado Bolivariano de Mérida. La mayor parte en áreas rurales de la zona protectora de la subcuenca del río Mucujún (1985) (figuras 1 y 2).

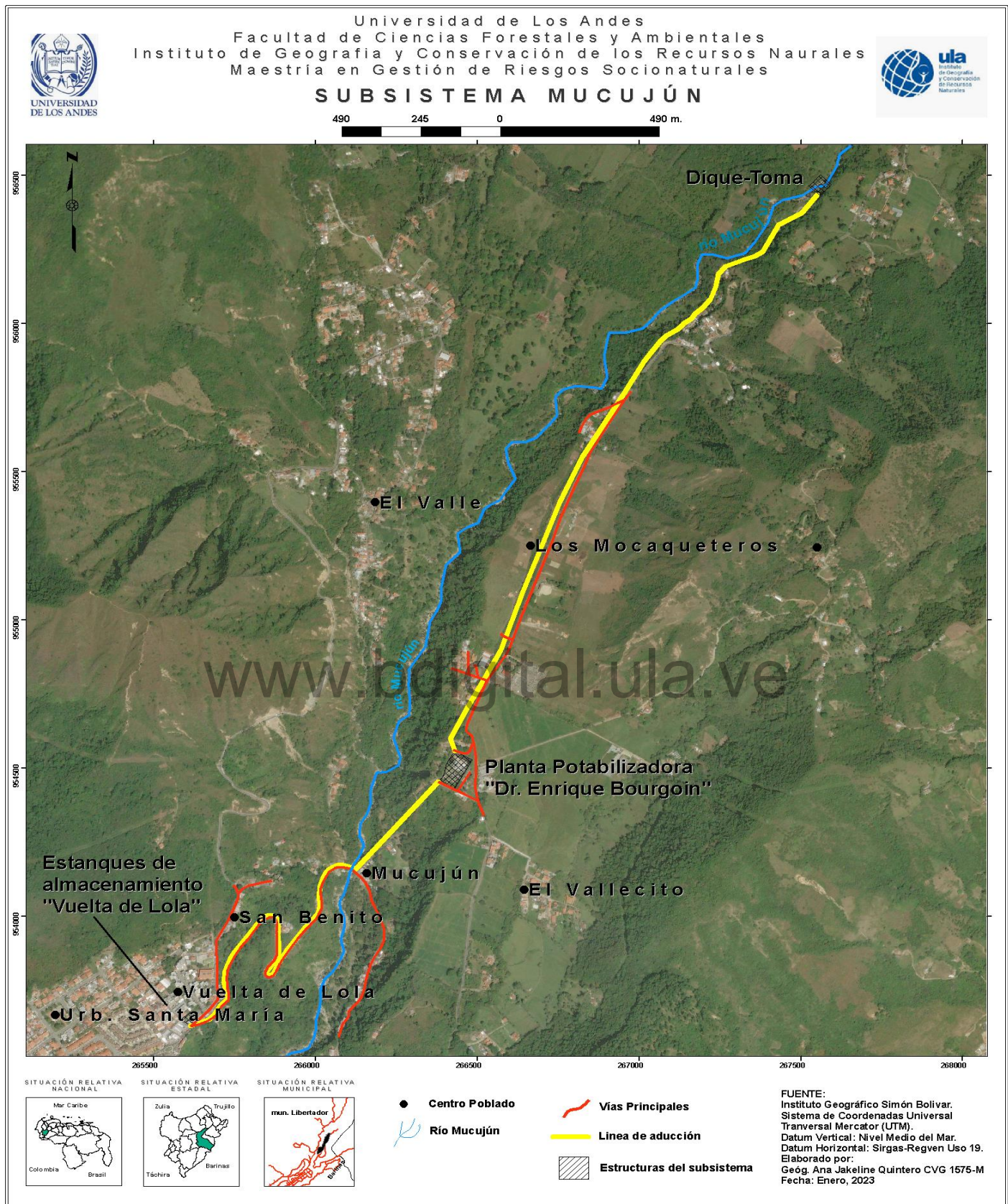


Figura 2. Delimitación subsistema Mucujún

Fuente: elaboración propia (2023).

1.7. Aspectos físico-naturales relevantes de la subcuenca del río Mucujún

1.7.1. Condiciones del relieve y topográficas

Cerca del 90% de la superficie total de la subcuenca del río Mucujún corresponde con estribaciones montañosas de la Sierra de La Culata, una serie de alineamientos de montañas altas y abruptas cuyas vertientes presentan más del 40% de pendientes. El restante 10% se trata de valles aluvionales de alta montaña creados por la dinámica de arrastre y deposición de deshielo y fluvio torrencial del río Mucujún y sus quebradas, particularmente las que se desarrollan en su margen derecha.

Según Schubert (1993), en Rodríguez (2012, p. 40), el relieve de la subcuenca del río Mucujún varía de acuerdo a la altitud. Es así, que el valle del río Mucujún se agranda a nivel de la cota 3000 m.s.n.m, coincidiendo con la terminación del relieve glacial en donde se convierte en un relieve modelado por procesos aluviales. La superficie del fondo de valle son pequeños conos de deyección coalescentes, cuya fuente de aporte son las rocas que se encuentran en la Sierra de la Culata. En la margen izquierda de la subcuenca, se encuentra la amplia terraza de El Vallecito con aproximadamente 80 metros de espesor formada durante el Pleistoceno Medio.

1.7.2. Geología

La Marca (1997) en Arismendi y Jiménez (2009), realizan la descripción geológica de la subcuenca del río Mucujún, encontrando en ella rocas que datan del Precámbrico hasta depósitos recientes (tabla 1).

Tabla 1. Unidades aflorantes en el área de estudio.

Unidad litodémica/Litoestratigráfica	Descripción litológica	Ubicación
Asociación Sierra Nevada Granodiorita del Carmen (Precámbrico)	Esquistos, gneis bandeados, cuarcitas. La granodiorita: roca feldespática-cuarzo-biotítica-moscovítica de grano medio	Vertiente Izquierda
Formación Palmarito (Carbonífero Superior Pérmico Medio)	Lutitas y margas limolíticas, lutitas pizarrosas con alto grado de meteorización	Vertiente Derecha
Formación Aguardiente (Cretácico Aptiense-Albiense)	Areniscas intercaladas con Calizas	Vertiente Derecha
Formación San Javier (Eoceno Medio)	Lutitas, areniscas glauconíticas, areniscas bioturbadas, capas calcáreas fosilíferas	Vertiente Izquierda
Formación Mucujún (Mio-Plioceno)	Secuencia alternante de areniscas, limolitas y lutitas	Vertiente Derecha
Depósitos fluvioaluviales (Cuaternario)	Depósitos recientes (Q ₀): Gravas y arenas no consolidadas en el fondo de valle y vegas de las quebradas aluvio coluviales en las laderas. Depósito Pleistoceno-Holoceno (Q ₃): peñones, gravas y arena con pocos finos, productos de aluviones en toda la terraza fluvioaluvial de El Vallecito y Mérida	Vertiente Derecha/ Vertiente Izquierda

Fuente: La Marca (1997), Arismendi y Jiménez (2009).

1.7.3. La geología estructural a partir de sus rasgos e incidencia, representa uno de los elementos más destacables a los fines de la investigación.

Audemard et al. (2007), en Nava (2009), señalan que el rasgo tectónico más importante del occidente del país es el sistema de fallas de Boconó, siendo esta, una parte del extremo occidental del sistema de fallas de Boconó-Morón-El Pilar, que se extiende con una orientación NE-SO, desde la depresión del Táchira hasta el poblado de Morón en el estado Carabobo, con una longitud de 500 kilómetros. Este sistema de cinemática transcurrente dextral cruza oblicuamente al eje de los Andes venezolanos.

En la ciudad de Mérida, Arismendi y Jiménez (2009), señalan la existencia de al menos tres fallas activas: falla del Mucujún, falla de La Hechicera y falla del Albarregas, que controlan el relieve y son las responsables del nivel de fracturamiento de las rocas (figura 3):

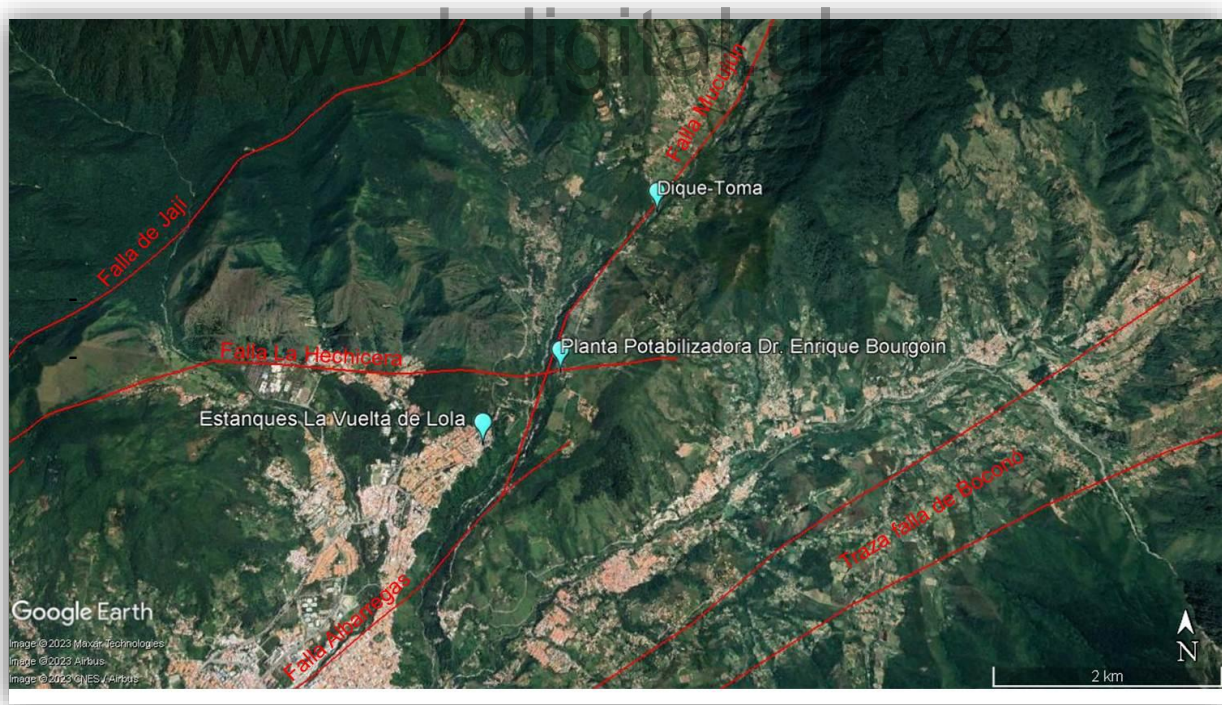


Figura 3. Sistemas de fallas cercanos al subsistema Mucujún.

Fuente: Arismendi y Jiménez (2009); Aranguren (2018). Imagen extraída de Google earth (2023).

- Falla La Hechicera: representa una estructura paralela al sistema de fallas de Boconó, de cinemática dextral que se extiende desde el sur-oeste hasta el norte de la ciudad de Mérida, exponiendo su traza desde el sector Pozo Azul (cerca de la vecina población de Ejido) hasta el sector El Vallecito. Este lineamiento, define el contacto Paleozoico-Terciario que separa a las formaciones geológicas Palmarito y Mucujún (Nieto y Vera, 2012).
- Falla Mucujún: según Nieto y Vera (2012) este sistema presenta alineamiento con el curso del río Mucujún, colocando en contacto rocas terciarias de la Formación San Javier y de la Formación Mucujún, con la Granodiorita del Carmen. Además, señalan la detección de actividad micro sísmica regular en esta falla.
- Falla Albarregas: esta falla, posee gran importancia, debido a su longitud (25-30 kilómetros) y su ubicación, ya que atraviesa a la ciudad de Mérida. Rengifo et al. (2006), señalan que su traza puede ser continuación o parte de la falla de Mucujún.

1.7.4. Geomorfología

Las variedades litológicas en conjunto con los procesos hidrogeomorfológicos determinan el relieve de la subcuenca. Esta, presenta un relieve montañoso en el que destacan según Rodríguez (2012), dos umbrales de pendientes críticos: menores a 15° y mayores a 27° . Los primeros asociados a la ocurrencia de movimientos de masa lentos, como la reptación y los segundos a movimientos de masa más complejos y extensos.

Florida (2004) en Ospino et al. (2012), hace una descripción de los elementos más característicos de la geomorfología de la subcuenca del río Mucujún de acuerdo a la geología (tabla 2) y el sistema de relieve (tabla 3).

Tabla 2. Tipos de paisaje y sus características geológicas más relevantes

Tipo de paisaje	Geología
Páramo	Está constituido por una formación de esquistos, gneis de grano grueso, asociación de ortogneises, gneis migmatitos con inyección de apilitas, se presentan algunos horizontes

	intrusionados de anfibolitas, permeabilidad muy baja, máximo riesgo sísmico (Predomina la Asociación Sierra Nevada).
Zona de transición	En esta existe una asociación de esquistos, gneis de grano grueso y asociación de ortogneises (Asociación Sierra Nevada) y granito tipo granodiorita del Carmen muy alterado, con permeabilidad baja y alto riesgo sísmico.
Montañas medias	Esta unidad presenta dos variantes: 1. Constituidas por rocas sedimentarias originadas de material clástico principalmente arcillas y lutitas grisáceas, irregularmente interespecificadas con areniscas argilaceas, permeabilidad muy baja con alto riesgo sísmico. 2. La segunda variante lo constituye el cerro El Escorial, cuya litología se identifica con granitos del tipo Granodiorita del Carmen muy alterado, biomoscovita con abundante cuarzo y biotita, permeabilidad baja y alto riesgo sísmico.
Valle alto húmedo-paramero	A este lo componen sedimentos de textura variable de origen fluvio –torrencial y fluvio - coluvial, siendo predominante en el perfil detritus originados de gneis, con ocurrencia de pegmatitas y cuarcitas, además existen bloques de areniscas con una matriz arcillosa, permeabilidad media, alto riesgo sísmico.

Fuente: Ospino et al. 2012.

Tabla 3. Sistema de relieve de la subcuenca Mucujún

Tipo de paisaje	Sistema de relieve
Páramo	Existen medios de ablación de montañas altas, abruptos, que conforman páramos glaciares. Cadenas sinclinales y anticlinales caracterizados por crestas en forma de riscos, circos glaciares y acumulaciones propias de la acción glaciár.
Zona de transición	Predomina la ablación de montañas medias y altas, abruptas, de estructura geológica compleja, asociado a relieves metamorfizados.
Montañas medias	Medios de ablación de tipo de montañas medias abruptas, de estructura geológica compleja, asociados a relieves metamorfizados en forma de cadenas de monoclinales caracterizados por crestas muy inclinadas, cimas planas, cortes y escarpes de fallas.
Valle alto	Está constituido por medios deposicionales originados por dinámica fluviotorrencial en

húmedo-paramero	edades diferentes del cuaternario, en forma de conos de deyección coalescentes alternándose con pequeñas extensiones de terrazas pleistocenas.
-----------------	--

Fuente: Ospino et al. 2012.

Los abanicos aluviales y los abanico - terrazas constituyen la principal forma del fondo del valle (Valverde, 1.980 en Colmenares, 2004), estos, se encuentran localizados hacia la vertiente izquierda del río Mucujún. En ellos destacan sus pendientes suaves y bordes irregulares, algunos con entrantes muy marcados. El talud del depósito aluvial terraza de El Vallecito es de 80 metros en la parte de menor desnivel y 130 metros en su parte mayor, con paredes fuertemente inclinadas que casi se acercan a la vertical (López, 1.971 en Colmenares, 2004).

1.7.5. Suelo y subsuelo

Florida (2004) en Ospino et al. (2012), describen los suelos en la subcuenca del río Mucujún de acuerdo a la altitud y la litología predominante (tabla 4):

Tabla 4. Caracterización de los suelos de la subcuenca del río Mucujún

Subcuenca	Altitud	Litología	Suelos predominantes
Alta	2.900-4-500	Está constituida por rocas (granito, gneis, esquistos y granodiorita)	Con pendientes de 30 a 50%, dominio de afloramientos rocosos.
Media	2.300-2.900	Rocas Sedimentarias (lutitas, areniscas, arcillas)	Una mezcla de entisoles con inceptisoles con pendientes de 20 a 40 %
Baja	1.400-2.300	Presencia de Formación Mucujún y El Valle, de fácil alteración litológica.	Presencia de entisoles, con pendientes de 10 a 20%.

Fuente: Ospino et al. 2012.

MOP (1977) en Nieto y Vera (2012), describen a los subsuelos de la terraza de Mérida en tres zonas con características geodinámicas propias:

- Zona superficial: formada por materiales heterogéneos con predominio de finos y gravas. El espesor del suelo oscila entre 4 y 16 metros. Algunos puntos poseen profundidades de hasta 18 metros. El nivel freático se encuentra a una profundidad media de 3 metros.
- Zona intermedia: en ella se encuentran peñones, cantos rodados y gravas con diversas composiciones de arenas y limos. Todos ellos producto de la meteorización de la Asociación Sierra Nevada. El espesor de esta capa varía entre 55 y 120 metros.
- Zona profunda: constituida por rocas fracturadas y roca sana, con profundidades que varían de 40 a 50 metros en áreas relativamente pequeñas.

1.7.6. Clima

Ramírez (2005), señala que las condiciones climáticas están determinadas por la confluencia de los vientos descendentes de la subcuenca del río Mucujún y de los vientos ascendentes que se trasladan a lo largo del cañón del río Chama, refiere valores de precipitaciones entre 1.600 y 1.700 mm al año en régimen bimodal, con máximos en los meses de mayo y octubre y mínimos en el mes de febrero. Dichas condiciones climáticas generan una región del tipo templada subtropical, con un desarrollo de la vegetación clasificada como bosque muy húmedo montano o selva nublada montano alto. Arismendi y Jiménez (2009), resaltan que estas condiciones mantienen abundante humedad en el subsuelo durante el año, que favorecen las actividades agropecuarias.

1.7.7. Hidrografía

El curso hídrico principal de la subcuenca es el río Mucujún, el cual nace del escurrimiento de varias lagunas de origen glacial en el páramo de La Culata y de las aguas de escorrentía de la zona de la subcuenca, llegando a tener una longitud de cauce de 31 kilómetros, con una pendiente media de cauce del 10% (Briceño 2009 en Ospino et al. 2012).

Los afluentes principales son las quebradas Las Verdes, El Arado, La Torre, El Robo, La Boba y La Cuesta todas en su margen derecha (MPPA, 1998 en Ospino et al. 2012). El patrón de drenaje es irregular, no definido.

Valverde (1980) en Rodríguez (2012), hace mención a que el escurrimiento superficial es incrementado por causa de una menor y más deficiente infiltración, acelerando el escurrimiento superficial. Este proceso tiende a alcanzar áreas de pendientes más bajas colmando el lecho del río principal con agua y sedimentos, provocando desequilibrios en el cauce del río Mucujún.

Es importante acotar, que la subcuenca del río Mucujún, es una Zona Protectora por decreto, un área bajo régimen de administración especial ABRAE desde el año 1985. Se administra bajo un reglamento de uso vigente desde el año 1986, el cual establece un caudal promedio de 0,9 m³/seg para el cumplimiento de las demandas del acueducto metropolitano, a lo que se le debe agregar una fracción correspondiente a un gasto o caudal, ecológico, el cual estimó Rodríguez (2012) en 0,21 m³/seg (Rodríguez, 2012).

1.7.8. Cobertura vegetal de la subcuenca

La vegetación en la subcuenca del río Mucujún (MPPA, 1983 en Ospino et al., 2012), varía según la altitud, encontrándose vegetación arbustiva de páramo, áreas de transición de bosques primarios y secundarios y vegetación rala en los alrededores del área urbanizada (tabla 5). El uso de la tierra en las cercanías del cauce del río Mucujún, se divide en uso residencial y turístico, así como uso agrícola y pecuario.

Tabla 5. Caracterización de los tipos de vegetación

Tipo de paisaje	Características
Páramo	Vegetación poco intervenida que se alterna con superficies lagunares y afloramientos rocosos.
Zona de	Bosque siempre verde de mediano dosel y mediana densidad con gradación hacia

transición	matorral y vegetación propia del páramo
Montañas medias	Alternancia de matorral siempre verde de mediano dosel y cobertura, con bosque siempre verde de mediano dosel y cobertura moderadamente intervenida, el cual tiende a desarrollarse en las zonas de mayor concentración de humedad.
Valle alto Paramero	Asociación de matorral ralo y superficie bajo pastos y cultivos
Valle alto húmedo	Pequeñas extensiones de bosques siempre verdes de mediano dosel y cobertura muy intervenida y ubicada a las márgenes del río

Fuente: Ospino et al. 2012.

www.bdigital.ula.ve

MARCO TEÓRICO

Para adquirir fundamentación teórica, se realizó una revisión de trabajos de investigación, trabajos aplicados y normativas legales que fungen como bases teóricas y conceptuales para la comprensión de este trabajo investigativo.

2.1. Marco conceptual

En este apartado, se hará referencia a una serie de conceptos asociados a la temática planteada, dando una visión clara y general de la misma:

2.1.1. Percepción del agua como recurso natural, monetario o social

El agua, además de ser un recurso natural no renovable, es un elemento que forma parte de la economía, esta última entendida como el conjunto de relaciones y actividades sociales encaminadas a la satisfacción de las necesidades humanas. La percepción de la dimensión económica del agua es una concepción actual, presentándose como un activo patrimonial que forma parte indisoluble de la base ecosistémica de la sociedad.

El éxito o fracaso de la gestión del agua parte del conocimiento de estos sistemas, así como la comprensión de la complejidad que estos puedan presentar. Es así, que el dominio sobre el recurso hídrico es transitorio y limitado. Transitorio, porque se tiene responsabilidad frente a las generaciones futuras para mantener, conservar e incluso mejorar el patrimonio heredado., y limitado porque se comparte este bien con otras especies.

La concepción del agua como patrimonio social tiene implicaciones importantes en la gestión del agua, que va más allá de la conservación del bien. La asignación de derechos privativos de usos necesarios para la circulación del agua por el sistema, así como la

producción y consumo, deben atender a principios de sostenibilidad (La-Roca, 2018), que van de la mano con la gestión de riesgo.

2.1.2. Gestión de riesgos, riesgos, amenaza y vulnerabilidad

La gestión de riesgos es el proceso orientado a formular planes y ejecutar acciones de manera consciente, 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 (LRSYT, 2009 en Chacón, et al. 2017 p. 8).

Venezuela asume la responsabilidad de hacer a la gestión de riesgos una política nacional, en el marco del Tratado Internacional de Sendai (2015-2030), el cual tiene como premisas: 1. Comprender el riesgo de desastres., 2. Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo., 3. Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia, y 4. Aumentar la preparación frente al riesgo de desastre a fin de dar respuesta eficaz para “reconstruir mejor” (Chacón, et al., 2017).

En este orden de ideas, Chacón, et al. (2017), se refieren al riesgo como una relación conformada por varios elementos, donde solo se puede controlar la vulnerabilidad y se deben conocer las amenazas presentes en el lugar. Por su parte la amenaza la describen como la probabilidad de que un fenómeno se presente con cierta intensidad en un sitio específico y periodo de tiempo definido pudiendo ser el mismo de origen natural, siconatural y antrópica. La vulnerabilidad, la entienden como el conjunto de condiciones inadecuadas de seguridad que presentan personas e infraestructura ante una amenaza potencialmente dañina estando la misma en función de la exposición, fragilidad y resiliencia de los elementos bajo amenaza.

2.1.3. Planificación territorial y la gestión de riesgos

Según PNUD (2012), la gestión es una dimensión íntimamente ligada a la planificación. Esta se desencadena a partir de la constatación de los impactos económicos o sociales, o

surge como necesidad de respuesta a un conjunto de demandas sociales asociadas a políticas gubernamentales o como efecto de un desastre siconatural.

Soms, (2007:31) en PNUD (2012), señala que la planificación es un proceso que remite a la gobernabilidad de un sistema (capacidad de gestión, posibilidad de alianzas y disponibilidad de recursos) y a aquellos factores de contexto (proyecto político, demandas sociales, modelo económico) que orientan y dan sentido a la propuesta estratégica de actuar ante determinadas condiciones territoriales.

El eje central para el diseño de una propuesta estratégica es el de lograr compromisos y alianzas con los principales actores sociales, en torno a un proyecto compartido, susceptible de ser evaluado, reconsiderado y modificado cuando las circunstancias lo ameriten.

En base a ello, la incorporación de la gestión de riesgos en la planificación y gestión del desarrollo requiere interpretar el modelo económico y de sociedad, determinar objetivos y prioridades, definir cursos de acción, lograr compromisos y alianzas con los principales actores sociales y definir acuerdos, establecer responsables y comprometer tiempo y recursos.

2.1.4. La institucionalidad de la gestión pública en materia de gestión de riesgo

Según Campos, et al. (2012), el concepto de institucionalidad de la gestión de riesgo se refiere tanto a la organización funcional de todas las instituciones del Estado, así como del régimen jurídico e institucional aplicable en este campo.

Lo institucional comprende la normativa aplicable a la gestión del riesgo, el sistema o conjunto de instituciones y procesos funcionales al respecto y la estructura y capacidad de los organismos que tienen responsabilidad de actuar. Entender el orden lógico y estratégico con que se organiza el Estado, en términos de la misión (debe hacer), del esquema organizacional (con quien hacer), son requeridos para el logro de su finalidad,

incorporándose de forma efectiva los criterios de gestión del riesgo en los distintos ámbitos territoriales y sectoriales de la gestión pública.

En este orden de ideas, bajo la perspectiva de la gestión pública, la gestión del riesgo debe ser adoptada tanto en el ámbito territorial como en el sectorial. Ella, está ligada a los requerimientos de desarrollo, de tal manera que contribuye al aseguramiento de los medios de vida y a la reducción de los factores estructurales que crean y sostienen condiciones de pobreza y vulnerabilidad. Es así, que se requiere incorporar en las políticas instrumentos y estrategias para el fomento del desarrollo territorial y sectorial, aspectos de detección, control y manejo del riesgo, así como la formulación y ejecución de proyectos específicos para su eliminación reducción o convivencia con él.

La implementación de los procesos de atención/acción debe partir de la evaluación y el conocimiento del riesgo. De allí que se recomienda realizar los mismos desde la fase de la idea-prefactibilidad de los proyectos, promoviendo con esto la visión prospectiva y evitando la generación de nuevos riesgos.

Por su parte, al mantenimiento y la operación a nivel de lo interno de cada organización, involucrará ajustar medidas correctivas a nivel de procesos técnicos y administrativos para reducir los riesgos existentes, finalizando con estrategias de protección financiera, formulación de proyectos sostenibles y la generación de capacidades operativas para el manejo de los desastres en caso de que estos se desarrollen.

2.1.5. Gestión del recurso hídrico y su vinculación con la gestión de riesgos

Soriano (2018), conceptualiza a la gestión como el manejo de un recurso natural o un bien. Para él, la planificación hidrológica establece las pautas generales para guiar las decisiones que cada día toman las autoridades competentes en la gestión del agua. Estas, se ven influenciadas por conflictos de competencia, presiones sociales o políticas, hasta por la inercia de la forma de proceder que han dominado el quehacer de la administración pública del servicio de agua potable (Hernández, 2018).

Es importante resaltar que la eficiencia de la gestión del recurso hídrico no se limita solo al aspecto económico, depende también de la capacidad de las empresas/organizaciones para hacer frente a las amenazas naturales, socionaturales y/o tecnológicas a las que puede estar expuesto el sistema, realizando esta tarea a través de la gestión de riesgos. La vinculación de ambos conceptos puede darse a partir de:

- a) La implementación de objetivos, encausados en la prestación del servicio con eficiencia y eficacia.
- b) Tomando como condicionante primario a la sostenibilidad ambiental, siendo esta garante de la prestación del servicio de agua potable a través del tiempo,
- c) Y a la meta, como consecución de la máxima eficiencia económica en el conjunto de las actividades que permitan el alcance de los objetivos y metas, mediante la incorporación de medidas preventivas y correctivas que permitan la sostenibilidad del sistema estructural, operativa y financieramente.

2.1.6. Gestión de riesgos en empresas hidrológicas

El manejo de los riesgos es indispensable en el sector hídrico, debido a que el recurso agua es variable, en términos temporales y espaciales, sujeto a eventos extremos (Rees, 2002). Es por ello, que la permanencia y calidad del servicio dependen, además del abastecimiento y de la infraestructura adecuada, de la capacidad del entre prestador de servicio de manejar situaciones complejas (FIODM, 2011).

En base a ello, la evaluación del riesgo en este ámbito debe incluir en forma prioritaria las amenazas naturales sobre el sistema y la vulnerabilidad de los diferentes componentes, es decir la predisposición de dichos elementos de sufrir daños en caso de ocurrencia de un evento importante.

Con respecto a ello, según la Comisión Europea y Ayuda Humanitaria et al. (2010), los eventos a considerar en el territorio nacional deberían ser: los hidrometeorológicos (sequías, ciclones tropicales), los hidrogeomorfológicos (crecidas torrenciales,

inundaciones, movimientos de masa tipo flujo) y geosísmicos (sismos, erupciones volcánicas, subsidencias, movimientos de masa, procesos erosivos). La ocurrencia de estos, derivarían en pérdidas y daños potenciales en el futuro con altas consecuencias y efectos en los sistemas de distribución de agua potable y en las fuentes abastecedoras.

Astorga (2011), menciona que la gestión de riesgos debe proponer:

- El reforzamiento de los sistemas y componentes que los integran para minimizar la afectación de estos por fenómenos de pequeña o mediana intensidad.
- El funcionamiento así sea de manera parcial de los componentes vitales del sistema luego de un evento adverso.
- Mantenimiento de la producción mínima y calidad de agua que permita el abastecimiento regulado del servicio en las áreas críticas, como hospitales.
- Contar con accesibilidad de recursos interna o externamente que permitan dar respuestas rápidas y efectivas para la rehabilitación de los sistemas en caso de desastre (mayor resiliencia técnica y operativa).

2.1.7. Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable

La vulnerabilidad de los sistemas de agua potable viene dada por la resistencia y capacidad de recuperación del mismo ante la ocurrencia de un evento adverso. En ellas también se incluye las medidas de prevención y mitigación a nivel operativo que la empresa prestadora de servicio tiene planificadas para tal fin.

Según la OPS/OMS (2004) en Astorga (2011), los sistemas de agua potable poseen características que los hacen vulnerables, como son:

- Condición de funcionamiento continuo: los sistemas de agua potable deben funcionar de manera continua 24 horas al día, 365 días al año.
- Ubicación de sus componentes en zonas de riesgo: algunos componentes deben ser ubicados en zonas de riesgo. Un ejemplo de ello, es la ubicación de las captaciones de aguas superficiales dentro o cerca de cauces de ríos y quebradas, expuestos a crecidas torrenciales., los tanques de almacenamiento ubicados en

zonas propensas a movimientos de masa., así como también, la presión demográfica en o cerca de la ubicación de diques, líneas de aducción, tanques de almacenamiento, entre otros componentes, debido a un deficiente o inexistente ordenamiento territorial.

- Extensión geográfica: los sistemas de agua suelen tener gran extensión, debido a que las ubicaciones de aguas aptas para consumo se encuentran lejos de los asentamientos poblacionales, además de que la ubicación de la población en áreas de difícil acceso, lo que obliga a que los sistemas de captación y distribución sean cada vez más complejos y extensos. Siendo más propensos a ser afectados por diferentes fenómenos naturales.
- Diseños pocos flexibles: la mayoría de los sistemas está diseñado para funcionar bajo condiciones específicas, las cuales se ven modificadas con la ocurrencia de un desastre. A esto hay que agregar que los sistemas pocas veces disponen de fuentes alternas o interconexiones que les permitan funcionar, lo cual aumenta significativamente su vulnerabilidad.
- Dependencia de otros sistemas: algunos componentes del sistema de agua potable dependen del continuo funcionamiento de otros sistemas como electricidad, carreteras, comunicaciones, entre otros.
- Dificultad de acceso a los componentes: la lejanía de los componentes y las condiciones de enterramiento de otros puede dificultar la inspección tanto en condiciones normales como de emergencia, obstaculizar los esfuerzos para implementar medidas de prevención y mitigación y retardar la rehabilitación del sistema y el restablecimiento del servicio en tiempo corto.
- Falta de medidas de prevención y mitigación: durante la concepción, diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y saneamiento, no se considera la posible ocurrencia de un evento adverso, por lo que al momento que este se manifieste, las condiciones intrínsecas del sistema no garantizan una adecuada y rápida recuperación del sistema (resiliencia).

2.1.8. Lineamientos en gestión de riesgos: creación de planes orientados a empresas hidrológicas

Resulta evidente que ante posibles eventos catastróficos que pudieran afectar a los sistemas de agua potable, será responsabilidad directa de las empresas prestadoras de servicios, encargarse de la atención a la emergencia y la rehabilitación del servicio, así como de la reconstrucción de la infraestructura afectada con miras a restablecer en el menor tiempo posible el servicio de agua potable, y el mantener o recuperar la estabilidad financiera y operativa de la empresa.

Sin embargo, el papel del Estado, por tratarse de un servicio público, es fundamental en los temas relacionados con la gestión de riesgos, por su relación con la población que pudiese ser afectada, así como por la vinculación de esta con empresas prestadoras de servicios vitales.

Entre los requerimientos con los que debe contar cualquier empresa prestadora de servicios esenciales, es necesaria una buena calidad de información respecto a descripciones y características físicas de su infraestructura, así como en términos de valoración económica y eventuales de costos de recuperación o reemplazo en caso de presentarse situaciones catastróficas o de daños. De igual manera, es vital conocer la exposición y vulnerabilidad de los diferentes componentes del sistema.

La percepción global del riesgo en las empresas del sector es importante debido a que de ella depende el éxito o fracaso en la aplicación de los planes integrales en gestión de riesgos. Según el Consorcio Evaluación de Riesgos Naturales-América Latina (2012), en las empresas latinoamericanas se han encontrado las siguientes disyuntivas:

- No existe un responsable de la administración o gerencia de riesgos dentro de la empresa.
- No hay una clara definición de los riesgos a los que está sometida la infraestructura de la empresa.

- Las empresas no cuentan con programas de prevención y atención de emergencias o planes de contingencia dentro de sus programas de seguridad.
- Así mismo, estas no cuentan con pólizas de seguro de todo riesgo que cubran contingencias relacionadas a movimientos sísmicos, de masas o lucro cesante.
- Las empresas no cuentan con indicadores de gestión en el tema de riesgos.

En base a lo antes expuesto, es importante, que, en la creación de lineamientos en gestión de riesgos como política específica en el sector hídrico, incluir los siguientes aspectos:

- Creación de información y conocimiento para mejorar la percepción del riesgo dentro de la empresa y en la población.
- Planes de prevención y mitigación del riesgo mediante la adopción de una serie de medidas estructurales y no estructurales que deben ser viables desde el punto de vista técnico, funcional, operativo y financiero.
- Planes de contingencia para la respuesta efectiva y eficiente cuando se presenten eventos adversos para atender a la población y garantizar la continuidad del servicio.
- Planes de rehabilitación y reconstrucción de los sistemas que incluyan mecanismos de recuperación definitiva del servicio.
- Elaboración de estrategias de protección financiera para las empresas del sector mediante mecanismos de retención y transferencia del riesgo.

2.2. Antecedentes de la investigación

2.2.1. Trabajos realizados en la temática de investigación

En este apartado, se describen los trabajos realizados en la temática de investigación, los cuales ayudaron a enriquecer el procedimiento metodológico y visualizar mejor las medidas de prevención y mitigación que requerían adelantarse.

Contreras et al., (1997) evalúan la vulnerabilidad del sistema de agua potable Tuy I de la ciudad de Caracas a través de métodos probabilísticos utilizando los efectos y la respuesta estructural en los componentes por sismos históricos. Esto, les permitió la selección de estrategias de prevención y reducción de los efectos sísmicos sobre el sistema. Este trabajo permitió analizar las diferentes estrategias para proyectarlas en esta investigación.

Manzur (2002), en el III curso internacional de microzonificación y su aplicación en la mitigación de desastres, plantea a la gestión de riesgos en los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, con un carácter sistémico para la reducción de la vulnerabilidad a partir de un enfoque multisectorial y multidisciplinario con estrategias concertadas y permanentes. Esta investigación, permitió observar los planteamientos en gestión de riesgos desde el trabajo multidisciplinario.

OPS (2004), elabora una guía que pretende orientar a las empresas prestadoras de servicio de agua potable ante la ocurrencia de un evento adverso., a partir del análisis de la vulnerabilidad de los sistemas y la aplicación de planes de prevención y mitigación, aunado a la preparación de mecanismos de respuesta ante emergencias y desastres en los mismos. Este trabajo brindo algunas herramientas para realizar una correcta evaluación de las vulnerabilidades del sistema analizado.

Larez (2010), elabora un instrumento que permite la valoración de la gestión institucional del riesgo en el sector agua y saneamiento del área Metropolitana de Mérida, identificando a las instituciones involucradas, caracterizando el área de estudio para la creación de los criterios de evaluación y la valoración de enfoques, finalizando con la evaluación y validación de los resultados por un grupo de expertos en el campo. Este trabajo, fungió como base para la evaluación de los puntos más sensibles de este trabajo de investigación, la evaluación de la gestión de riesgo en empresas de servicios básicos.

Astorga (2011), analiza el comportamiento del sistema de la red de tuberías de agua potable de la ciudad de Mérida ante eventos sísmicos de diferente intensidad. A partir de ello, estudia la capacidad resiliente del sistema, la probabilidad de ocurrencia de fallas, así

como la capacidad de respuesta de la empresa hidrológica para el restablecimiento del servicio. Este trabajo, brindo datos invaluable sobre el sistema, así como del comportamiento sísmico del sitio de ocupación de algunas infraestructuras, además, de algunos componentes a valorar.

El consorcio de Evaluación de Riesgos Naturales-América Latina (2012), realiza para Perú, un estudio de gestión de riesgo de desastre en empresas de agua y saneamiento, partiendo de la vulnerabilidad económica de este país causada por la ocurrencia de eventos sísmicos, aunado al grado de afectación que estos producen en la infraestructura. En este trabajo, a través de métodos probabilísticos se analizan medidas de reducción de riesgo de desastres, así como recomendaciones de políticas encaminadas hacia la gestión de riesgos en el sector hídrico. Este trabajo permitió estudiar el componente económico como pilar de la recuperación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua.

Cooperación Suiza en América Central (2013), realizan una guía que permitió la identificación de los niveles de vulnerabilidad de los sistemas de agua y saneamiento frente a amenazas naturales o antrópicas con el fin de promover la evaluación de riesgos en los proyectos de agua potable que permita un sistema resiliente y sostenible en el tiempo. De esta guía se extraen ciertos elementos para la evaluación de los componentes del sistema.

El Estado Mexicano, a través de la Comisión Nacional del Agua (2015), crea un manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento en el cual se establecen medidas preventivas y mitigantes frente a desastres naturales o antrópicos que puedan causar daños en la infraestructura de agua potable, así como lineamientos para la restitución del servicio en caso de emergencias. Este manual, brindo la base para la redacción de las medidas prospectivas y mitigantes ante las amenazas al subsistema.

Aguas de Manizales (2016), desarrolla un plan de seguridad del agua en el que evalúan los riesgos a partir del impacto de diferentes procesos, a través de la metodología de análisis de efecto y falla (AMEF), en la cual se catalogan los posibles eventos, consecuencias y la

valoración de frecuencia, severidad de impacto y capacidad de detección. A partir de los resultados obtenidos, establecen planes de acción a los riesgos catalogados como críticos y monitoreo y vigilancia para los riesgos menores. Este trabajo, es un ejemplo de aplicabilidad de la gestión de riesgos en sistemas de agua potable en Latinoamérica, del cual se extrajeron algunos elementos para este trabajo de investigación.

BID (2019), elabora una guía para la gestión del riesgo en sistemas de agua y saneamiento ante amenazas naturales, en la cual da directrices que permitirán a los entes relacionados con la distribución del vital líquido implementar un plan de gestión de riesgos en las fases de diseño, ejecución, operación y recuperación postdesastre. De esta guía se extrajeron algunos lineamientos para la elaboración de las propuestas finales.

(AYA-PNUD, 2019), realizan una guía con el fin de mejorar el abastecimiento de agua potable en Costa Rica, a través de las asociaciones administradoras de sistema de acueductos y alcantarillados comunales (ASADAS), a partir de la identificación y administración de los riesgos que pueden afectar a los sistemas abastecedores de agua potable, el desarrollo de procedimientos para la prevención y mitigación de riesgo y la respuesta a emergencias. Este trabajo brinda parte del procedimiento metodológico empleado, al ser una herramienta de fácil aplicación y entendimiento.

2.2.2. Investigaciones relacionadas con el área de estudio

A continuación, se refieren varios trabajos realizados en el área de estudio y áreas adyacentes de los que se extrajeron características biofísicas, de amenaza y susceptibilidad que contribuyeron con el alcance de los objetivos propuestos.

Vivas (2002), a partir del análisis de la amenaza sísmica, determinó que un sismo de magnitud 7 en la escala Richter podría afectar seriamente el sistema de agua potable de la ciudad de Mérida, debido a su disposición en un área con condiciones inestables del terreno aunado a las condiciones de sismicidad activa de la zona. Con ello, identificó la vulnerabilidad sísmica de los componentes críticos del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Mérida, planteando tres escenarios: el primero del

aislamiento y salida de servicio de la Planta Potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín, por localizarse en el corredor sísmico cercano al borde del talud., el segundo la salida de servicio de los tanques de almacenamiento La Vuelta de Lola, que al igual que el primero su vulnerabilidad está asociada a su localización próxima al borde de la terraza. El tercero, la salida de servicio de conducción de agua desde la Planta Potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín en El Vallecito a los estanques de La Vuelta de Lola, debido a la influencia e incidencia de movimientos a través de diferentes fallas geológicas en todo su tramo.

Varela (2007), realiza una caracterización del deslizamiento La Vuelta, ubicado en la entrada a la ciudad de Mérida, en el sector San Benito, analizando los condicionantes y desencadenantes en la creación de este movimiento de masa y las posibles consecuencias de la activación de este sobre la vialidad a partir de la obstaculización de la principal vía de acceso a la ciudad de Mérida, así como por la afectación que podría ocasionar a la línea de aducción del principal sistema de agua potable de la ciudad.

Jiménez y Arismendi (2009), realizan una zonificación de amenazas naturales por movimientos de masa e inundaciones en el poblado de El Vallecito, con el fin de obtener insumos para la planificación urbana. Los productos obtenidos tanto cartográficos como documentales permitieron el reconocimiento de los escenarios de riesgo construidos y los futuros, de acuerdo a la intervención que se realice en esta terraza.

Ospino, et al. (2012), realizan un análisis del sistema territorial de la subcuenca del río Mucujún, identificando diecisiete unidades ambientales de acuerdo a su grado de valor ecológico, paisajístico, funcional, productivo y científico. Se comprobó que la subcuenca cuenta con gran diversidad biológica endémica, con funcionalidad complementaria al ser productora de agua y gran valor productivo y turístico. Por su parte, se determinó que la intervención acelerada no planificada del territorio puede afectar seriamente la sostenibilidad ambiental de la subcuenca del río Mucujún.

2.3. Bases legales

Se presenta a continuación una concisa revisión de las bases legales que rigen a la gestión de riesgos a nivel nacional y la gestión del recurso hídrico en Venezuela.

2.3.1. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela

Artículo 55. Toda persona tiene derecho a la protección por parte del Estado a través de los órganos de seguridad ciudadana regulados por ley, frente 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

Artículo 140. El Estado responderá patrimonialmente por los daños que sufran los o las particulares en cualquiera de sus bienes y derechos, siempre que la lesión sea imputable al funcionamiento de la administración pública.

Artículo 281. Son atribuciones del Defensor o Defensora del Pueblo:

2. Velar por el correcto funcionamiento de los servicios públicos, amparar y proteger los derechos e intereses legítimos, colectivos o difusos de las personas, contra las arbitrariedades, desviaciones de poder y errores cometidos en la prestación de los mismos, interponiendo cuando fuere procedente las acciones necesarias para exigir al Estado el resarcimiento a las personas de los daños y perjuicios que les sean ocasionados con motivo del funcionamiento de los servicios públicos.

2.3.2. Ley de Aguas

TÍTULO III. De la prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes. Medidas para prevención y control.

Artículo 14. La prevención y control de los posibles efectos negativos de las aguas sobre la población y sus bienes se efectuará a través de:

1. Los planes de gestión integral de las aguas, así como en los planes de ordenación del territorio y de ordenación urbanística, insertándose los elementos y análisis involucrados en la gestión integral de riesgos, como proceso social e institucional de carácter

permanente, concebidos de manera consciente, concertados y planificados para reducir los riesgos siconaturales y cronológicos en la sociedad.

2. La construcción, operación y mantenimiento de las obras e instalaciones necesarias.

Análisis de riesgos

Artículo 15. El análisis de riesgos estará orientado a la prevención y control de inundaciones, inestabilidad de laderas, movimientos de masa, flujos torrenciales, sequías, subsidencia y otros eventos físicos que pudieran ocasionarse por efecto de las aguas. Asimismo, el análisis de riesgos considerará la prevención y control de las enfermedades producidas por contacto con el agua y las transmitidas por vectores de hábitat acuático

2.3.3. Ley de gestión de riesgos siconaturales

TÍTULO II De la gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos

Capítulo I Política Nacional de la Gestión Integral de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos

Artículo 7 Objeto de la Política Nacional

La política nacional de la gestión integral de riesgos siconaturales y tecnológicos es transversal a todas las instancias del Poder Público y a los particulares. Contiene el conjunto de lineamientos emitidos por el Estado dirigidos a evitar o disminuir los niveles de riesgos siconaturales y tecnológicos en todo el territorio nacional, y generar las capacidades para afrontar las emergencias y desastres, fomentando la incorporación activa de las instituciones privadas, así como la participación permanente de la comunidad.

Capítulo IV De los Escenarios de Riesgos Siconaturales y Tecnológicos

Artículo 24 Escenarios de Riesgo

A los efectos de esta Ley, se consideran escenarios de riesgo aquellos espacios físicos en los que convergen procesos naturales o tecnológicos causales de riesgo y actores sociales que contribuyen a potenciar las condiciones de riesgo existentes.

Artículo 25 Planes Especiales de Reducción de Riesgos

Los entes u organismos responsables de la generación de escenarios de riesgos de índole socionatural o tecnológico, emprenderán de manera expedita acciones a través de planes especiales para caracterizar y disminuir los niveles de vulnerabilidad en los escenarios de riesgos contruidos en los distintos ámbitos territoriales, detectados en los diagnósticos respectivos.

Artículo 26 Reducción de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos en Edificaciones Públicas

En toda edificación en la que funcionen dependencias o servicios públicos se deberán desarrollar esfuerzos para caracterizar y mitigar sus respectivos niveles de amenaza y vulnerabilidad. Será responsabilidad de las instituciones a cargo de cada uno de estos espacios, coordinar e instrumentar las acciones requeridas.

2.3.4. Reglamento de la Zona Protectora de la Sub-cuenca del Río Mucujún (1986)

El referido instrumento legal establece las normas para la administración, utilización, conservación, recuperación, inspección, vigilancia y resguardo de la Sub-cuenca del Río Mucujún declarada como Zona Protectora de cuencas hidrográficas (1985).

Es importante señalar que esta subcuenca posee vocación hídrica. Esta se inició en el año 1973, y desde el año 1986 existe un derecho legal de agua, que compromete un caudal de 900 l/s del río Mucujún y la quebrada La Cuesta para abastecer a la ciudad de Mérida población urbana del municipio Libertador del estado Bolivariano de Mérida.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

Este trabajo, se enmarca dentro de una *investigación descriptiva*, que según Arias (1999), consiste en la caracterización de un hecho o fenómeno para establecer su estructura o comportamiento. Para el análisis de la gestión de riesgos en entes prestadores de servicio de agua potable, es indispensable el indagar sobre las amenazas principales sobre el sistema abastecedor, así como en la vulnerabilidad de los diferentes componentes que lo integran, reconociendo la predisposición de estos elementos a sufrir daño en caso de ocurrencia de un evento importante.

3.2. Diseño de la investigación

Se trata de una *investigación de campo*, la cual se conceptualiza como la recolección de datos directamente de la realidad en donde ocurren los hechos, sin manipulación o control sobre las variables (Arias, 1999). La información utilizada para el cumplimiento de los objetivos propuestos fue levantada en campo, a partir de la inspección de las estructuras que forman parte del subsistema Mucujún, así como con la realización de entrevistas estructuradas al personal técnico, operativo y administrativo de la empresa.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La investigación se realiza en la empresa Aguas de Mérida C.A, acueducto metropolitano de Mérida, subsistema Mucujún.

3.3.2. Muestra

Estructuras y componentes que forman parte del subsistema Mucujún, principal abastecedor de agua potable de la ciudad de Mérida.

3.4. Esquema metodológico

El procedimiento metodológico fue dividido en seis (6) fases, se ilustran en la figura 4:

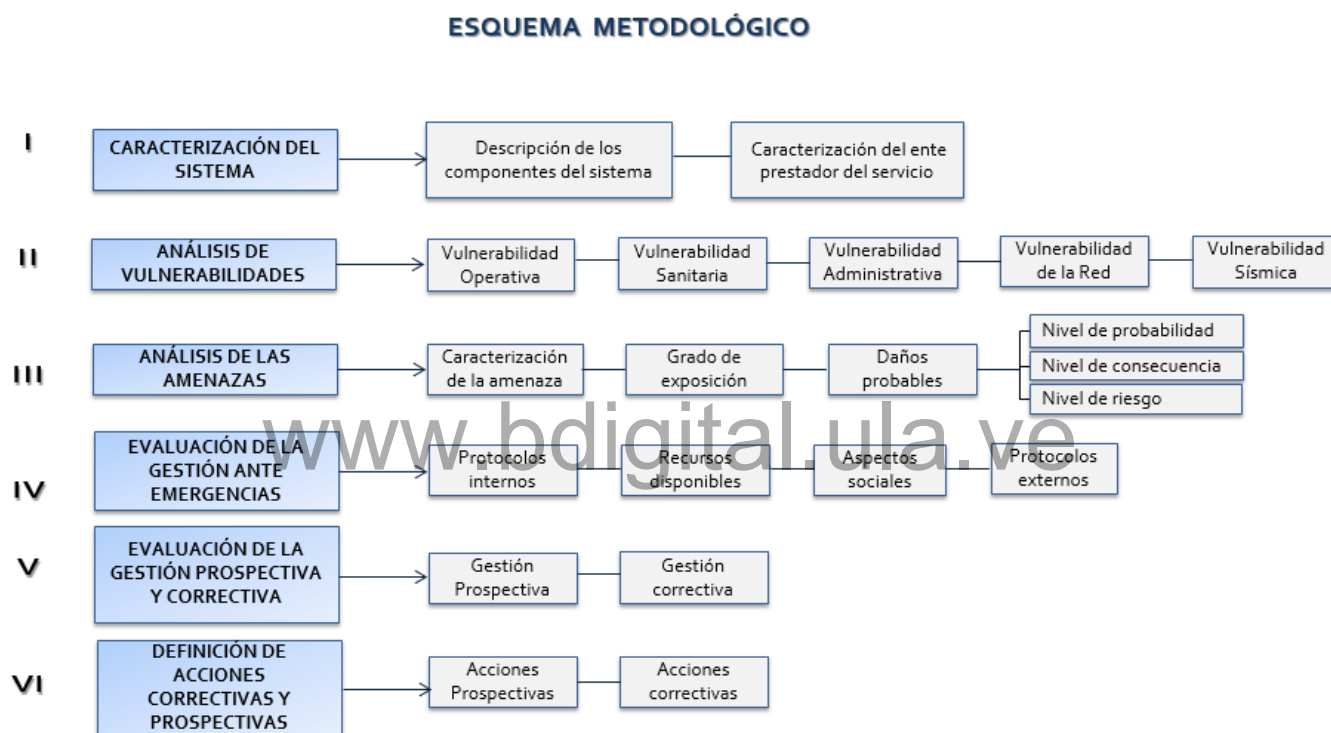


Figura 4. Esquema metodológico

Fuente: elaboración propia (2024).

3.5. Proceso Metodológico

3.5.1. Caracterización del sistema

Se realiza una descripción de los componentes del subsistema Mucujún, desde la captación en el río Mucujún hasta los estanques de abastecimiento de La Vuelta de Lola.

3.5.2. Caracterización del ente prestador del servicio de agua potable

Se describe brevemente al ente prestador del servicio, año de fundación, misión, visión y estructura organizacional actual.

3.5.3. Análisis de vulnerabilidades

En este apartado, se analizó la vulnerabilidad operativa, sanitaria, administrativa, de la red y geosísmica, a partir la realización de entrevistas al personal técnico, operativo y administrativo del ente prestador de servicio. La misma, consistió en la realización de una encuesta cerrada (sí y no), lo cual permitió dar una puntuación a cada pregunta realizada y así determinar la vulnerabilidad general esperada (tabla 6).

3.5.3.1. Vulnerabilidad operativa

El análisis de la vulnerabilidad operativa, permitió conocer el nivel de control, mantenimiento y operación que posee la empresa hidrológica sobre el subsistema Mucujún en sus diferentes procesos de producción de agua potable, así como el conocimiento sobre el manejo de procedimientos adecuados y la existencia de bitácoras de control.

3.5.3.2. Vulnerabilidad sanitaria

Para conocer la vulnerabilidad sanitaria, se evaluó el sistema de control de calidad del agua y se realizó un análisis de los componentes del sistema, como la fuente de abastecimiento, estanques de almacenamiento y la línea de aducción.

3.5.3.3. Vulnerabilidad administrativa

En esta sección, se valoró la gestión administrativa del ente prestador de servicio y las debilidades que la restringen a prevenir, atender y mitigar posibles riesgos o daños esperados por causas externas.

3.5.3.4. Vulnerabilidad de la red

Se orientó en la evaluación a las condiciones físicas en las que se encuentra actualmente la red.

Tabla 6. Cuestionario para la identificación de vulnerabilidades de la empresa hidrológica.

Vulnerabilidad operativa (12,5% c/u)		
1	¿Existe más oferta que demanda de agua en la cuenca, subcuenca o microcuenca?	
2	¿El acueducto cuenta con desinfección continua?	
3	¿Se conoce la zona de recarga de las fuentes de agua subterránea?	
4	¿Existen procedimientos operativos de control de presiones?	
5	¿Existen procedimientos operativos de control de fugas?	
6	¿Existen procedimientos operativos de control de las instalaciones de tuberías y nuevas conexiones?	
7	¿Se llevan registros de las mejoras o mantenimientos realizados al sistema?	
8	¿Se busca mejorar los procedimientos de control y mantenimiento en el sistema?	
Vulnerabilidad sanitaria: Control de calidad del agua (20% c/u)		
1	¿Posee planes de mantenimiento planificados y realizados para cada una de las fuentes de agua?	
2	¿Posee planes de mantenimiento planificados y realizados para la limpieza de tanques y redes?	
3	¿Se realizan estudios de cloro residual en la red para el mantenimiento dentro de los parámetros de norma, con su bitácora?	
4	¿Se informa a la comunidad los resultados del control de calidad de agua potable por medios como boletines, recibos de cobro, atención al cliente en oficinas, redes sociales?	
5	¿Las estructuras se encuentran rotuladas y con pintura en buen estado?	

Vulnerabilidad sanitaria: Análisis de los componentes del sistema		
Componente: Río (10% c/u)		
1	¿Está la captación fuera de un área protegida?	
2	¿Está la toma de agua desprovista de infraestructura que la proteja?	
3	¿Está el área alrededor de la toma sin cerca ni malla de protección?	
4	¿Existe actividad ganadera, industrial o desarrollos habitacionales que descarguen residuos, aguas arriba de la captación de agua?	
5	¿Existe otra fuente de contaminación alrededor de la toma, como pozos sépticos, desechos u otros?	
6	¿Tienen las personas y animales acceso a la captación del río?	
7	¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas deterioradas)?	
8	¿Se encuentran plantas, raíces u hojas obstruyendo las rejillas de la toma?	
9	¿Existen las condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?	
10	¿Existe el desarenador después de la toma de agua?	
Componente: tanque de almacenamiento (10% c/u)		
1	¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbadas (metálico)?	
2	¿Están las tapas del tanque de almacenamiento construida en condiciones no sanitarias?	
3	¿Carece la estructura externa de mantenimiento (pintura, limpieza, libre de hojas o musgo)?	
4	¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?	
5	¿Está el nivel de agua menor que un cuarto que el volumen del tanque y las escaleras internas herrumbadas?	

6	¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del tanque?	
7	¿Existe o se encuentra defectuosa la malla de protección?	
8	¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?	
9	¿Carece el tanque de respiraderos o tuberías de rebalse con rejillas de protección?	
1 0	¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del tanque (letrinas, animales, viviendas, desechos)?	
Componente: líneas de aducción (10% c/u)		
1	¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?	
2	¿Los tanques poseen quiebra gradientes de tapas sanitarias?	
3	¿En los tanques quiebra gradientes se observan rajaduras, grietas, fugas o raíces?	
4	¿Se observan fugas visibles en alguna red de distribución?	
5	¿Existen variaciones significativas de presiones en la red de distribución?	
6	¿Carece de cloro residual alguna zona de la red principal de distribución?	
7	¿Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?	
8	¿Carece de sistemas para purgar la tubería de distribución?	
9	¿Carece de un fontanero o encargado de mantenimiento de la red?	
1 0	¿Carece de un esquema del sistema de distribución (planos, croquis)?	
Vulnerabilidad administrativa (11,11% c/u)		
1	¿La empresa hidrológica cuenta con estados financieros actualizados?	
2	¿El dinero de la empresa es custodiado en una cuenta bancaria?	

3	¿Se poseen fondos de capitalización (dinero acumulado para utilizarse en reparación y ampliación del sistema)?	
4	¿El porcentaje de morosidad de los abonados es menor a 10%?	
5	¿El ente prestador de servicio ofrece el servicio de pago por internet o depósito bancario?	
6	¿ La empresa hidrológica cuenta con sistemas informáticos de gestión de empresas?	
7	¿El ente prestador de servicio sigue un plan de trabajo anual?	
8	¿El ente prestador de servicio posee un fontanero contratado para la gestión del sistema?	
9	¿Existen programas de capacitación constante para el personal de la empresa?	
Vulnerabilidad de la red (14,3% c/u)		
1	¿Posee el detalle del catastro de los componentes del sistema (ubicación, profundidad, especificaciones técnicas)	
2	¿Conoce el material, edad y condición de las tuberías y otros elementos del sistema?	
3	¿El sistema de acueducto se encuentra dentro de su vida útil?	
4	¿ La empresa hidrológica tiene identificadas las áreas dentro del sistema propensas a inundaciones?	
5	¿ La empresa hidrológica tiene identificadas dentro del sistema fuentes de materia fecal que se encuentren cerca de la tubería o fuentes?	
6	¿El sistema está libre de fugas?	

Fuente: modificado de AYA-PNUD, 2019.

3.5.3.5. Evaluación de las edificaciones para la estimación de la vulnerabilidad sísmica

La evaluación de las edificaciones que forman parte del subsistema Mucujún, como estanques de almacenamiento y planta potabilizadora, se realizó a partir de la toma de datos en campo, llenando una planilla modificada de FUNVISIS (2011) (figura 5).

Con los datos recabados, se calculó la vulnerabilidad sísmica de cada estructura a partir de la aplicación de una serie de índices vinculados al riesgo sísmico. El resultado obtenido se incluye en la cuantificación del grado de vulnerabilidad general del subsistema.

PLANILLA DE INSPECCION DE EDIFICACIONES									
fecha		hora							
Datos del entrevistado									
Cargo	Nombre y apellido		Telefono		Correo electronico				
Identificación y ubicación de la edificación									
1. Nombre	3. N° de semi-sótanos		5.Estado		7.Parroquia				
2. N° de pisos	4. N° de sótanos		6. Municipio		8. Sector				
coordenadas UTM		X	Y						
Uso de la edificación									
Oficinas	☐	Estanques	☐	Estación de bombeo		☐			
Planta potabilizadora	☐								
Capacidad de ocupación									
Número de personas que ocupan el inmueble			Mañana (N°)		Tarde (N°)		Noche (N°)		
Año de construcción									
Año	Antes de 1939		Entre 1948-1955		Entre 1968-1982		Entre 1999-2001		
	Entre 1940 -1947		Entre 1956-1967		Entre 1983-1998		Despues de 2001		
Condición del terreno en donde se ubica la edificación									
Planicie	Pendiente del terreno		20-45°		>45°				
Ladera	localizada sobre la mitad superior de la ladera		si		no				
Base	Pendiente del talud		20-45°		>45°				
Cima	Separación al talud		Menor a H del talud		Mayor a H del talud				
Tipo estructural									
☐	Porticos de concreto armado			☐	Porticos de acero diagonalizados				
☐	Porticos de concreto armado rellenos con paredes de bloque de arcilla o concreto			☐	Porticos de acero co cerchas				
☐	Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales			☐	Sistemas pre-fabricados a base de grandes paeles o de porticos				
☐	Sistemas con muros de concreto armado en una sola direccion			☐	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mamposteria confinada. Pisos _____				
☐	Porticos de acero			☐	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros mamposteria no confinada. N°Pisos _____				
☐	Porticos de cero con perfiles tubulares			☐	Sistemas mixtos de porticos y de mamposteria de baja calidad de construcción				
Esquema de planta					Esquema de Elevación				
☐	H	☐	Cajon	☐	T	☐	" "	☐	Esbeltez vertical
☐	T	☐	Regular	☐	U	☐	Piramide Invertida	☐	Ninguno
☐	U o C	☐	Esbeltez horizontal	☐	L	☐	Piramidal		
☐	L	☐	Ninguno						
Irregularidades									
☐	Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones			☐	Fuerte asimetria de masas o rigideces en planta				
☐	Presencia de al menos un entrepido debil o blando			☐	Ausencia de muros en una direccion				
☐	Presencia de columnas cortas			☐	Adosamiento:losa contra losa				
☐	Discontinuidad de ejes de columnas oparedes portantes			☐	Adosamiento:losa contra columna				
☐	Aberturas significativas en losas			☐	Separacion entre edificios (cm) _____				
Grado de deterioro									
Est. De concreto: agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo				☐	Ninguno	☐	Moderado	☐	Severo
Est. De acero: corrosion en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo				☐	Ninguno	☐	Moderado	☐	Severo
Agrietamiento en pared de relleno				☐	Ninguno	☐	Moderado	☐	Severo
Estado general de mantenimiento				☐	Ninguno	☐	Moderado	☐	Severo

Figura 5. Planilla de inspección de edificaciones.

Fuente: elaboración propia (2023).

3.5.3.5.1. Índices utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad sísmica

Índice de vulnerabilidad asociado a la antigüedad I_1 : atiende a la edad de la construcción y a la norma de diseño utilizada. En la selección de estos valores se tomó en cuenta la mayor vulnerabilidad de las construcciones hechas con normas antiguas (Hernández, 2009; Coronel y López, 2011 en FUNVISIS, 2011). El valor máximo es dado para edificios construidos entre los años 1955 y 1967.

Tabla 7. Valores del índice de vulnerabilidad asociado a la antigüedad (I_1)

año de construcción (t)	$t \leq 1.939$	$1.939 < t \leq 1.947$	$1.947 < t \leq 1.955$	$1.955 < t \leq 1.967$	$1.967 < t \leq 1.982$	$1.982 < t \leq 1.998$	$1.998 < t \leq 2.001$	$t > 2.001$
I_1	0,90	0,70	0,70	0,90	0,50	0,30	0,10	0,15

Fuente: FUNVISIS, 2011.

Índice de vulnerabilidad asociado al tipo estructural I_2 : en la tabla 8, se presentan valores de I_2 para quince tipos estructurales usados en Venezuela. Para cada edificación se selecciona un único valor de I_2 . En caso de que una edificación posea más de un tipo estructural, se seleccionara aquel tipo con el mayor valor de I_2 .

Tabla 8. Valores del índice de vulnerabilidad de edificaciones asociado al tipo estructural

Identificación De Tipo Estructural	Descripción	I_2
PCA	Pórticos de concreto armado ^(a)	0,25
PCAP	Pórticos de concreto armado rellenos con paredes de bloques de arcilla o concreto	0,40
MCA2D	Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales	0,10

MCA _{1D}	Sistemas con muros de concreto armado en una sola dirección	0,90
PA	Pórticos de acero	0,40
PAPT	Pórticos de acero con perfiles tubulares	0,60
PAD	Pórticos de acero diagonalizados	0,20
PAC	Pórticos de acero con cerchas	0,40
PRE	Sistemas prefabricados a base de grandes paneles o de pórticos	0,90
MMC	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mampostería no confinada	0,70
MMNC	Sistema cuyo elementos portantes sean muros de mampostería no confinada (b)	1
PMBCB	Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura no mayor a dos pisos (b)	0,90
PMBCA	Sistemas mixtos de pórticos y de mampostería de baja calidad de construcción, con altura mayor a dos pisos (b)	0,95
VB	Construcciones de bahareque de un piso	0,90
VCP	Construcciones precarias (madera, tierra, zinc, otros)	1

Fuente: FUNVISIS, 2011.

^(a) en esta estructura las paredes no interfieren con el desplazamiento lateral del pórtico y tienen estabilidad propia para movimientos en y fuera de su plano.

^(b) son aquellas construcciones elaboradas sin seguimiento de normas técnicas.

Índice de vulnerabilidad asociado a la irregularidad I₃: tiene como finalidad modificar la vulnerabilidad intrínseca de una edificación, aumentándola en aquellas que poseen irregularidades que son ampliamente conocidas internacionalmente como potenciadoras de respuestas sísmicas desfavorables.

$$I_3 = \sum_{j=1}^{10} I_{3j} \leq 100$$

El índice se define por:

I_{3j} es el índice de irregularidad asociado a la irregularidad j . El máximo valor que puede adoptar es 100. Si la edificación no presenta ninguna de las irregularidades indicadas se le asigna un valor 0.

En el tipo estructural MCA1D, se asigna irregularidad definida por la ausencia de vigas altas en una o dos direcciones ($J=1$). En la irregularidad $J=7$, se considera que una edificación esta adosada a otra adyacente, cuando la separación entre ellas es menor al valor S indicado en la tabla 10 (separación entre edificaciones).

Si este es el caso, se deberá seleccionar una de las dos situaciones posibles denominadas a o b, las cuales corresponden al caso de que las losas estén a la misma altura (losa-losa) o a diferentes alturas (losa-columna). En caso de que existiese adosamiento en más de una fachada del edificio, se selecciona la más favorable.

Tabla 9. Valores del índice de vulnerabilidad en edificaciones asociado a irregularidades I_{3j} .

j	Descripción de la irregularidad	I_{3j}
1	Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones	0,40
2	Presencia de al menos un entrepiso blando o débil	0,50
3	Presencia de columnas cortas	0,30
4	Masas que crecen significativamente con la elevación o esbeltez excesiva vertical	0,10
5	Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes	0,30
6	Aberturas significativas en losas	0,10

7	Adosamiento a edificio adyacente	a) losa contra losa	0,10
		b) losa contra columna	0,20
8	Planta de forma I,H,T,U.C o similar, sin presencia de juntas o esbeltez excesiva horizontal		0,10
9	Fuerte asimetría de masas o rigideces en planta o esquemas de elevación del tipo L ⁽¹⁾		0,20
10	Ausencia de muros en un dirección como ocurre en algunos sistemas del tipo túnel		0,80

Fuente: FUNVISIS, 2011.

⁽¹⁾ Entran dentro de esta irregularidad las construcciones en pendiente con semisótanos.

Tabla 10. Separación entre edificaciones.

Número de pisos	Separación con la edificación vecina S (cm)
1-2	0,14
3-5	0,30
6-10	0,70
11-15	0,90
>15	1

Fuente: FUNVISIS, 2.011

Índice de vulnerabilidad asociado a la topografía I₄: atiende a identificar situaciones de vulnerabilidad asociadas a construcciones hechas en laderas o cerca de estas, debido a una potencial falla de estabilidad en taludes no protegidos por obras de contención. En la tabla a continuación, se presentan los valores de I₄ cuya selección depende de los valores del ángulo de inclinación de la ladera, de la altura H de la ladera y de la distancia D. El máximo valor es 100.

Tabla 11. Valores del índice de vulnerabilidad de edificaciones asociado a la topografía y a los drenajes (I_4).

		Características	I ₅
Localización de la construcción	Construcción sobre planicie		0
	Construcción sobre ladera con pendiente de ángulo ≥ dada por	20° y 45°	0,50
		≥45°	0,80
	Construcción sobre la cima o en la base de la ladera de pendiente ≥20°, a una distancia D:	Menor o igual a H	0,80
		Mayor a H	0
	Existencia de drenajes		Si
No			0,20

Fuente: FUNVISIS, 2.011.

www.bdigital.ula.ve

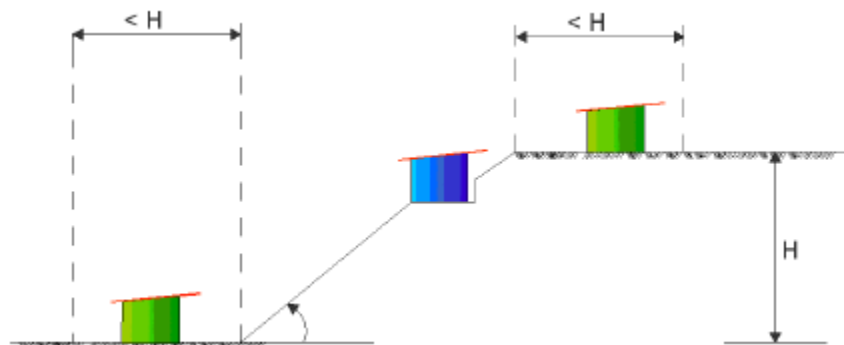


Figura 6. Construcciones en las cuales se considera vulnerabilidad asociada a la topografía.

Fuente: FUNVISIS, 2.011.

Índice de vulnerabilidad asociado al grado de deterioro I_5 : en la tabla 12, se muestran los valores de I_6 asignados a diferentes grados de deterioro del edificio, penalizando con

los mayores valores a la existencia de corrosión del acero y al agrietamiento estructural. A efectos de calificar el grado de deterioro de la estructura se seleccionará un único valor entre las opciones (a) y (b). En el caso de una edificación mixta que tuviese estructuras de concreto y de acero, se selecciona el mayor valor entre las opciones (a) y (b). El máximo valor es 100.

Tabla 12. Índice de vulnerabilidad en edificaciones asociado al grado de deterioro

Componente	Grado de deterioro		I ₆
	Estructura de concreto: agrietamiento en elementos estructurales de concreto armado y/o corrosión en acero de refuerzo	severo	0,70
		moderado	0,35
		ninguno	0
	Estructura de acero: corrosión en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pando de elementos	severo	0,70
		moderado	0,35
		ninguno	0
Paredes	Agiertamiento en paredes de relleno	severo	0,20
		moderado	0,10
		ninguno	0
Todos	Estado general de mantenimiento	Bajo	0,10
		regular	0,05
		bueno	0

Fuente: FUNVISIS, 2.011.

Cálculo del índice de vulnerabilidad sísmica

La vulnerabilidad sísmica se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$I_V = \sum_{i=1}^6 \alpha_i \cdot I_i$$

Donde I_i es el índice de la vulnerabilidad "i" y α_i es su peso relativo.

Tabla 13. Índices de vulnerabilidad (I_i) y pesos relativos (α_i) del subsistema Mucujún

I_i	Vulnerabilidad asociada a	A_i
I_1	Antigüedad y norma utilizada	0,20
I_2	Tipo estructural	0,25
I_3	Irregularidad	0,25
I_4	Topografía	0,15
I_5	Grado de deterioro	0,15

Fuente: FUNVISIS, 2011.

Tabla 14. Valoración del índice de vulnerabilidad (I_V)

I_V Rangos de Valores	Calificación de la vulnerabilidad
$0,60 \leq I_V \leq 1$	Muy alta
$0,40 \leq I_V < 0,59$	Alta
$0,20 \leq I_V < 0,39$	Media
$0 \leq I_V < 0,19$	Baja

Fuente: FUNVISIS, 2014.

Al obtener los valores de las vulnerabilidades del ente prestador de servicio, se procede al cálculo final, tomando como base el peso relativo dado a cada tipo de vulnerabilidad (tabla 15).

Tabla 15. Ponderación de pesos para cada tipo de vulnerabilidad

Tipo de vulnerabilidad	Peso relativo
Administrativa	15%
Operativa	15%
Infraestructura	25%
Sanitaria	25%
Sísmica	20%

Fuente: AYA-PNUD, 2019.

En base a estos cálculos se determina el nivel de vulnerabilidad (tabla 16):

Tabla 16. Rangos de vulnerabilidad

Vulnerabilidad Baja	0- 25
Vulnerabilidad Media	26- 50
Vulnerabilidad Alta	51-75
Vulnerabilidad Muy Alta	76-100

Fuente: elaboración propia (2023).

A través de estos resultados, es posible identificar los componentes más vulnerables dentro del subsistema Mucujún, para lo cual se proponen medidas que disminuyan el grado de vulnerabilidad del mismo (tabla 17).

Tabla 17. Componentes más vulnerables identificados dentro del subsistema Mucujún.

Componente vulnerable	Amenaza	Medida Correctiva

Fuente: elaboración propia (2023).

A su vez, permite determinar la probabilidad de impacto de la amenaza en el componente identificado con más alta vulnerabilidad, la consecuencia del impacto y el nivel de riesgo resultante (tabla 18).

Tabla 18. Probabilidad de impacto de la amenaza, grado de consecuencia y nivel de riesgo en los componentes más vulnerables.

Componente	Amenaza	Probabilidad de Impacto	Grado de Consecuencia	Nivel De Riesgo

Fuente: elaboración propia (2023).

3.5.4. Análisis de amenazas de la subcuenca del río Mucujún

En este apartado se caracterizan las amenazas a las que está expuesto el subsistema Mucujún tomando como referencias las características identificadas en la subcuenca del río Mucujún. Determinando así, el grado de exposición de cada componente identificado, daños probables, nivel de probabilidad de ocurrencia, nivel de consecuencia y nivel de riesgo. (tabla 19).

Tabla 19. Análisis de las amenazas

Amenaza	Grado de exposición	Componentes expuestos	Daños probables	Nivel de probabilidad	Nivel de consecuencia	Nivel de riesgo

Fuente: elaboración propia (2023).

3.5.4.1. Evaluación de la gestión del ente prestador del servicio ante emergencias

La evaluación de la gestión de emergencias de la empresa hidrológica Aguas de Mérida C.A, para el subsistema Mucujún, se realizó a partir de una serie de indicadores elaborados por Larez (2010), que, a través de la realización de una entrevista cerrada, se pudo conocer los protocolos internos de respuesta sectorial, cantidad de recursos disponibles para emergencias, aspectos sociales a abordar durante emergencias y protocolos externos para el abordaje de la emergencia (tabla 20).

Tabla 20. Evaluación de la gestión del ente prestador del servicio ante emergencias

Parámetro	Criterio de Evaluación	Respuesta	Valoración
Protocolos internos de respuesta sectorial (50%)	¿Existe un plan de emergencia ante la ocurrencia de un evento adverso?		
	¿Se tienen identificadas las fuentes alternas de agua en caso de emergencia?		
	¿Posee mecanismos alternativos de generación eléctrica?		
	¿Se tiene un plano actualizado del sistema y sus accesorios?		
	¿Están identificados los componentes más vulnerables del sistema?		
	¿Se realizan jornadas de divulgación y simulacros?		
	¿Existe un procedimiento establecido para declarar la existencia de emergencia dentro del sistema de agua potable?		
	¿Existe un procedimiento establecido de información a la población?		

	¿Existen protocolos para el abastecimiento de agua potable?		
	¿La empresa cuenta por personal capacitado para la evaluación del sistema post evento?		
Recursos disponibles (20%)	¿El ente prestador de servicio de agua potable está dotada con dispositivos de comunicación para la transmisión de información?		
	¿Existen canales dentro del ente para el acceso a recursos económicos para la ejecución de actividades durante y después del evento?		
Aspectos sociales (10%)	¿Se realizan abordajes comunitarios para difundir los mecanismos de acción ante la ocurrencia de un evento?		
Protocolos externos para el abordaje de la emergencia (20%)	¿Existen canales de comunicación con otros entes estatales y nacionales?		
	¿Existen acuerdos con entes comerciales para la adquisición de bienes y servicios para el abordaje de la emergencia?		
	¿Existen protocolos para el suministro de agua potable a zonas o entes priorizados?		
		Sumatoria	
		Nivel de Gestión	

Fuente: elaboración propia (2023).

En base a los resultados obtenidos, se determinó el tipo de gestión a partir de los siguientes rangos (tabla 21).

Tabla 21. Gestión del ente prestador de servicio ante emergencias

Rangos	
Gestión Deficiente	0- 25
Gestión Regular	25- 50
Gestión Buena	50-75
Gestión Muy Buena	70-100

Fuente: elaboración propia (2023).

3.5.5. Evaluación de la gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable

Para evaluar la gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable, se diseñaron una serie de preguntas, tomando como base el trabajo de Larez (2010). Estas fueron estructuradas a modo de encuesta cerrada, teniendo una valoración de 10% cada pregunta, para un fácil manejo de los datos obtenidos (tabla 22).

Tabla 22. Evaluación de la gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable.

Gestión Prospectiva			
Parámetro	Criterio	Respuesta	Valoración
Consideraciones de diseño	¿Se tiene acceso a sistemas alternos de energía eléctrica para el correcto funcionamiento de la planta de potabilización?		
	¿Se consideró el uso de materiales flexibles y resistentes de acuerdo a las condiciones in situ?		
	¿Se contempló la protección de las estructuras de factores externos, ambientales o antrópicos?		

	¿Existen accesos alternos a las estructuras del subsistema, como dique toma y planta de potabilización?		
Aspectos financieros	¿Se ha estimado la relación costo beneficio de una posible adecuación de los componentes del subsistema Mucujún?		
Gestión correctiva			
Parámetro	Criterio	Respuesta	Valoración
Funcionalidad del subsistema	¿Están las estructuras u componentes del subsistema protegidos mediante obras de ingeniería?		
	¿Los componentes del sistema están adecuados a las condiciones in situ?		
Aspectos sociales	¿Se dictan talleres a la comunidad aledaña sobre conservación, amenazas sanitarias entre otras?		
	¿Se realizan actividades de mitigación en conjunto con la comunidad aledaña?		
Aspectos financieros	¿Existe una partida presupuestaria para realizar labores de mitigación de riesgos?		
		Sumatoria	
		Gestión	

Fuente: elaboración propia (2023).

La gestión prospectiva y correctiva de la empresa hidrológica se determinó a partir de los resultados obtenidos en la evaluación realizada, comprobando el tipo de gestión a partir de los siguientes rangos (tabla 23).

Tabla 23. Gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable

Rangos	
Gestión Deficiente	0- 25
Gestión Regular	25- 50
Gestión Buena	50-75
Gestión Muy Buena	70-100

Fuente: elaboración propia (2023).

3.5.6. Definición de acciones correctivas y prospectivas en el ámbito institucional y gubernamental

Al tener conocimiento del grado de vulnerabilidad general del ente prestador de servicio, las amenazas a las que está expuesto, la gestión ante emergencias y la gestión prospectiva y correctiva, se procede a la definición de acciones que se estima disminuyan o solucionen las diferentes deficiencias encontradas a partir de la valoración operativa y funcional del subsistema Mucujún determinado con la implementación del procedimiento metodológico anteriormente explicado y aplicado.

Se partió de aceptar que cada acción establece su carácter de ejecución, siendo estratégica, aquella que se implementara en el futuro para lograr un objetivo final, a partir de la definición de objetivos a largo plazo. La acción táctica, hace mención a los pasos que deben seguirse para el logro de los objetivos a mediano plazo y la acción de emergencia que indica su ejecución a corto plazo (tabla 24).

Tabla 24. Acciones preventivas y correctivas a implementar en la empresa hidrológica.

Ámbito	Medida	Estratégica	Táctica	Emergencia

Fuente: elaboración propia (2023).

www.bdigital.ula.ve

CARACTERIZACIÓN, ANÁLISIS DE AMENAZAS Y VULNERABILIDAD AL SUBSISTEMA

Siguiendo el procedimiento metodológico descrito en el capítulo anterior, se desglosan a continuación, cada una de sus partes.

4.1. Caracterización del subsistema Mucujún

El abastecimiento de agua potable de la ciudad de Mérida se basa en el aprovechamiento del agua de los ríos Mucujún y Albarregas y de las quebradas La Cuesta (Mucujún), La Pedregosa y Carvajal (Albarregas). Se produce actualmente alrededor de 1130 l/s de agua tratada, de los cuales 800 l/s, provienen de la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin, (El Vallecito-Mucujún), representando más del 70% de la producción total (Astorga, 2011). Según TAHAL (1999), el subsistema Mucujún está conformado de la siguiente manera:

- **Captación del río Mucujún:** se hace a través de un dique con una boca toma lateral con rejas y una compuerta de limpieza radial ubicada a de 1912,5 msnm (cerca del sector Prado Verde, El Valle del Mucujún), donde el agua es conducida mediante un canal rectangular (sección 1,1 * 1,0 metros aproximadamente), hasta el sistema de desarenadores, localizado a unos 65 metros del dique. Este, permite elevar el nivel de agua para su entrada en la toma propiamente dicha y está constituido por un vertedero de concreto de 25 metros de longitud que descarga a un estanque amortiguador con umbral a la salida hacia el cauce, controlada por una compuerta radial (TAHAL, 1999).
- **Sistema de desarenadores:** está conformado por tres unidades, el agua entra hasta la antigua estructura de rejas de la captación original del río, mediante una tubería de 600 milímetros en acero. Este tramo de tubería el cual es relativamente corto, define la capacidad máxima de captación del río Mucujún (1200 l/s). Los

desarenadores ubicados en el sitio de toma son rectangulares de 6,25 * 16 metros y la tubería de entrada a cada uno es de 600 milímetros y cuentan con válvula de cierre. Cada unidad tiene además, un sistema de desagüe para limpieza, consistente en tuberías de 400 milímetros.

- **Línea de alimentación río Mucujún – Planta Dr. Enrique Bourgoín:** consiste en una tubería de 900 milímetros de acero de unos 2.080 metros de longitud y que salva un desnivel de 82 metros entre la cámara de la obra de toma y la entrada a la planta. Esta tubería sigue el perfil del terreno, siempre descendiendo desde la toma hasta la planta. La tubería tiene tramos en los que va enterrada y tramos donde está colocada superficialmente (tabla 25).
- **Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín (El Vallecito):** fue construida en el año 1.973 por el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS). Está constituida por una estructura de entrada, dos desarenadores, dos mezcladores rápidos, seis filtros rápidos de antracita y arena, dos filtros con falso fondo de losa, un tanque de aguas claras, dos floculadores mecánicos y dos sedimentadores de alta rata. En la actualidad la planta cuenta con dos cloradores marca Wallace & Tiernan de 2000 lb/d y 900 lb/d, usados para dosificar en tres puntos: en la mezcla rápida y antes de la entrada a los filtros, como precloración y en la tubería que va de los filtros al tanque de agua filtrada como postcloración.
- **Sistema de distribución/conducción Planta Dr. Enrique Bourgoín (El Vallecito)– Estanques La Vuelta de Lola (entrada ciudad de Mérida):** consiste en que del tanque de agua filtrada de la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín sale una tubería de acero de diámetro de 600 milímetros en un tramo inicial de 530 metros y de 700 milímetros HF en su tramo final de 1.260 metros la cual ingresa a la ciudad por la carretera trasandina entre los sectores Mucujún hasta La Vuelta de Lola. La diferencia de elevación desde su inicio en el tanque de la planta Dr. Enrique Bourgoín hasta la entrada del estanque La Vuelta de Lola es de 43 metros. El caudal de diseño para esta aducción es de 1200 l/s.

- **Estanques de almacenamiento La Vuelta de Lola:** ubicados en el sector La Vuelta de Lola al norte de la ciudad, están constituidos por dos unidades, uno de ellos de forma cuadrada de 12,45 de diámetro y 4,3 metros de altura, este se encuentra semienterrado y posee una capacidad de 600 m³. El otro, se forma circular, de 16 metros de diámetro por 6,4 metros de altura. Ambos son alimentados por una tubería de 700 mm de diámetro proveniente de la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin (Astorga, 2011). Ambos conducen el agua potable a la ciudad a partir del llenado de los estanques "El Depósito" ubicados en la avenida Los Próceres, y a la planta potabilizadora "Eduardo Jáuregui" ubicada en el sector Hoyada de Milla (Nieto y Vera, 2012).

Los estanques de almacenamiento La Vuelta de Lola forman parte de la zona de presión I, la cual surte a los sectores Hoyada de Milla, Santa María, La Milagrosa, Santa Ana, Avenida Las Américas hasta la Plaza de Toros, Avenida Bolívar y La Vuelta de Lola (Astorga, 2011).

Tabla 25. Caracterización del subsistema Mucujún

Fuentes	Captación	Aducción	Potabilización
Río Mucujún (1100 l/s) Quebrada La Cuesta (200 l/s)	Diques de boca toma lateral	2 km. De tubería de acero de 900 mm de diámetro. 3,8 km. De tubería de acero de diámetro 600 mm, 500 mm, 400 mm. Se conecta a la aducción del Mucujún.	Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin (800 l/s).

Fuente: modificado de Astorga (2011).

4.2. Caracterización administrativa y organizacional de la empresa Aguas de Mérida C.A

4.2.1. Reseña histórica

Según la web oficial de la empresa Aguas de Mérida C.A. (<http://www.aguasdemerida.com.ve>, 2009), la población de Mérida en el siglo XIX se abastecía de manantiales, llevando el agua al centro poblado a través de una acequia que se encontraba en la actual avenida 2 Lora.

Para el año 1907, fue inaugurado el acueducto de la ciudad, derivado del río Albarregas, a cargo de la Junta de Fomento del acueducto de Mérida. En el año 1940, se aprueba la reforma de esta obra para la construcción de un estanque de almacenamiento y una planta de tratamiento, que entró en funcionamiento en el año 1948, tomando la administración del sistema el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS).

En el año 1960, debido al crecimiento poblacional y la expansión de la ciudad, se determinó que se requería la construcción de otras obras de captación, es así que en el año 1972 comenzó la construcción de la Planta de Tratamiento de la ciudad de Mérida, ubicada en El Vallecito, hoy conocida como planta nueva, “Dr. Enrique Bourgöin”.

En el año 1989, el Ejecutivo Nacional, decidió impulsar un proceso de modernización en la gestión del sector. Para liderizar este proceso se creó la empresa pública con carácter de compañía anónima Hidrológica de la Cordillera Andina (Hidroandes), con el fin de modernizar el sector de abastecimiento de agua de la ciudad de Mérida. Es así, que, a través de la Ley Paraguas de 1996, el Ejecutivo Nacional ejecuta la contratación y ejecución de operaciones de crédito público, autorizando mediante contrato entre TAHAL (Tahal Cosulting Engineers LTD), y la C.A HIDROVEN (recién creada), un proyecto para optimizar el acueducto metropolitano de la ciudad de Mérida, que habría sido elaborado entre los años 1997 y 1998.

Dentro de los estudios realizados, producto de esos contratos (MERBAR I, MERBAR II), se contempló la elaboración de los planes maestros de abastecimiento de agua y alcantarillado sanitario de la ciudad de Mérida, la instalación y puesta en marcha del centro de control operacional, así como la adquisición de equipos de laboratorio, válvulas, detectores de fugas, entre otros materiales.

Es así, que, a partir del año 2000, con financiamiento de la Corporación Andina de Fomento, C.A Hidrológica de Venezuela (HIDROVEN) como ente ejecutor y Aguas de Mérida C.A., se construyeron nuevos estanques de almacenamiento, se realizaron sustituciones en las redes de distribución, mejoras de las estaciones de bombeo, acondicionamiento de las plantas de potabilización, sectorización de la red de distribución y el equipamiento para el mejoramiento operacional de los subsistemas.

En el año 2018, Aguas de Mérida C.A, como empresa con participación accionaria del Ministerio de Ecosocialismo, la Gobernación y varios municipios del estado, que mantenía hasta ese momento cierta independencia funcional y administrativa fue intervenida por mandato presidencial, pasando a formar parte de HIDROVEN. Actualmente, se encuentra adscrita al recién creado del Ministerio del Poder Popular de Atención a las Aguas, manteniendo aun su estatus de intervención, su posición jurídica de compañía anónima y su filosofía de gestión.

Objetivo general de Aguas de Mérida C.A.

“Garantizar de manera efectiva y oportuna, la administración de la prestación de los servicios públicos de abastecimiento de agua potable, recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas a la población del estado Mérida, con la participación protagónica de las comunidades y municipios, preservando los recursos hídricos y protegiendo el ambiente”.

Misión

“Aguas de Mérida, C.A. garantiza de manera efectiva y oportuna, la administración de la prestación de los servicios públicos de agua potable, recolección, tratamiento y disposición de aguas servidas, preserva los recursos hídricos, protege el ambiente y contribuye a elevar la calidad de vida de la población del estado Mérida”.

Visión

“Aguas de Mérida, C.A. aspira ser una empresa hidrológica moderna y eficiente, líder en el país y reconocida en el ámbito internacional, en continuo crecimiento y desarrollo, con capacidad técnica y financiera, orientada a satisfacer las necesidades del servicio a toda la población del estado Mérida, promoviendo el equilibrio ambiental, la participación protagónica de las comunidades y el compromiso de las municipalidades”.

Organizativamente la empresa actualmente está dividida en cuatro gerencias generales, cinco subgerencias, además de presidencia, auditoría interna y consultoría jurídica:

- Presidencia
- Auditoría Interna
- Consultoría Jurídica
- Gerencia General de Gestión Administrativa
- Gerencia General de Ingeniería y Operaciones
- Gerencia General de Gestión Comercial
- Gerencia General Integral de Obras
- Subgerencia Libertador
- Subgerencia El Vigía
- Subgerencia Sur del Lago
- Subgerencia Páramo
- Subgerencia Sucre

4.3. Análisis de vulnerabilidades

Se procede al análisis de las vulnerabilidades del ente prestador de servicio: operativa, sanitaria, administrativa, de la red y sísmica a través de los resultados obtenidos en las entrevistas realizadas en el año 2023 (tabla 26).

Tabla 26. Análisis de vulnerabilidades al sistema.

Vulnerabilidad operativa (12,5% c/u)		
1	¿Existe más oferta que demanda de agua la cuenca, subcuenca o microcuenca?	no
2	¿El acueducto cuenta con desinfección continua?	si
3	¿Se conoce la zona de recarga de las fuentes de agua subterránea?	no
4	¿Existen procedimientos operativos de control de presiones?	no
5	¿Existen procedimientos operativos de control de fugas?	no
6	¿Existen procedimientos operativos de control de las instalaciones de tuberías y nuevas conexiones?	no
7	¿Se llevan registros de las mejoras o mantenimientos realizados al sistema?	si
8	¿Se busca mejorar los procedimientos de control y mantenimiento en el sistema?	no
Resultado: 75%		
Vulnerabilidad sanitaria: Control de calidad del agua		
1	¿Posee planes de mantenimiento planificados y realizados para cada una de las fuentes de agua?	no
2	¿Posee planes de mantenimiento planificados y realizados para la limpieza de tanques y redes?	no
3	¿Se realizan estudios de cloro residual en la red para el mantenimiento dentro de los parámetros de norma, con su bitácora?	no
4	¿Se informa a la comunidad los resultados del control de calidad de agua potable por medios como boletines, recibos de cobro, atención al cliente en oficinas, redes sociales?	no
5	¿Las estructuras se encuentran rotuladas y con pintura en buen estado?	no

Resultado: 100%		
Vulnerabilidad sanitaria: Análisis de los componentes del sistema		
Componente: Río		
1	¿Está la captación fuera de un área protegida?	no
2	¿Está la toma de agua desprovista de infraestructura que la proteja?	no
3	¿Está el área alrededor de la toma sin cerca ni malla de protección?	si
4	¿Existe actividad ganadera, industrial o desarrollos habitacionales que descarguen residuos, aguas arriba de la captación de agua?	si
5	¿Existe otra fuente de contaminación alrededor de la toma, como pozos sépticos, desechos u otros?	si
6	¿Tienen las personas y animales acceso a la captación del río?	si
7	¿Están las rejillas de la toma en malas condiciones (ausentes, quebradas deterioradas)?	si
8	¿Se encuentran plantas, raíces u hojas obstruyendo las rejillas de la toma?	no
9	¿Existen las condiciones de deforestación y erosión en los alrededores de la toma?	si
10	¿Existe el desarenador después de la toma de agua?	si
Resultado: 70%		
Componente: estanque de almacenamiento (10% c/u)		
1	¿Están las paredes agrietadas (concreto) o herrumbradas (metálico)?	no
2	¿Están las tapas del estanque de almacenamiento construidas en condiciones no sanitarias?	no
3	¿Carece la estructura externa de mantenimiento (pintura, limpieza, libre de hojas o musgo)?	si
4	¿Está ausente o fuera de operación el sistema de cloración?	no
5	¿Está el nivel de agua menor que un cuarto que el volumen del tanque y las escaleras internas herrumbadas?	si

6	¿Existen sedimentos, algas u hongos dentro del estanque?	si
7	¿Existe o se encuentra defectuosa la malla de protección?	no
8	¿Carece la tapa de un sistema de cierre seguro (candado, cadena, tornillo)?	si
9	¿Carece el estanque de respiraderos o tuberías de rebalse con rejillas de protección?	si
10	¿Existe alguna fuente de contaminación alrededor del estanque (letrinas, animales, viviendas, desechos)?	si
Resultado: 60%		
Componente: línea de aducción (10% c/u)		
1	¿Existe alguna fuga en la línea de conducción?	si
2	¿Los tanques poseen quiebra gradientes de tapas sanitarias?	no
3	¿En los tanques quiebra gradientes se observan rajaduras, grietas, fugas o raíces?	no
4	¿Se observan fugas visibles en alguna red de distribución?	si
5	¿Existen variaciones significativas de presiones en la red de distribución?	si
6	¿Carece de cloro residual alguna zona de la red principal de distribución?	no
7	¿Existen interrupciones constantes en el servicio de distribución de agua?	si
8	¿Carece de sistemas para purgar la tubería de distribución?	si
9	¿Carece de un fontanero o encargado de mantenimiento de la red?	no
10	¿Carece de un esquema del sistema de distribución (planos, croquis)?	no
Resultado: 50%		
Vulnerabilidad administrativa		
1	¿La empresa hidrológica cuenta con estados financieros actualizados?	no
2	¿El dinero de la empresa es custodiado en una cuenta bancaria?	no

3	¿Se poseen fondos de capitalización (dinero acumulado para utilizarse en reparación y ampliación del sistema)?	no
4	¿El porcentaje de morosidad de los abonados es menor a 10%?	no
5	¿El ente prestador de servicio ofrece el servicio de pago por internet o depósito bancario?	si
6	¿La empresa hidrológica cuenta con sistemas informáticos de gestión de empresas?	no
7	¿El ente prestador de servicio sigue un plan de trabajo anual?	si
9	¿Existen programas de capacitación constante para el personal de la empresa?	si
Resultado: 63%		
Vulnerabilidad de la red (14,3% c/u)		
1	¿Posee el detalle del catastro de los componentes del sistema (ubicación, profundidad, especificaciones técnicas)?	no
2	¿Conoce el material, edad y condición de las tuberías y otros elementos del sistema?	no
3	¿El sistema de acueducto se encuentra dentro de su vida útil?	no
4	¿La empresa hidrológica tiene identificadas las áreas dentro del sistema propensas a inundaciones?	no
5	¿La empresa hidrológica tiene identificadas dentro del sistema fuentes de materia fecal que se encuentren cerca de la tubería o fuentes?	no
6	¿El sistema está libre de fugas?	no
7	¿Los componentes del sistema están localizados en zonas de baja vulnerabilidad, y si no es así, se ha identificado que la ubicación correcta del componente para proyectar su traslado?	no
Resultado: 100%		

Fuente: elaboración propia, 2023.

4.3.1. Evaluación de las edificaciones para la estimación de la vulnerabilidad sísmica

Se realizó la evaluación de las estructuras que forman parte del subsistema Mucujún, la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín y los estanques de almacenamiento La Vuelta de Lola. A continuación, se presentan las planillas con la información recabada en campo (figura 7 y 8).

PLANILLA DE INSPECCION DE EDIFICACIONES										
fecha	17/01/2023		hora	11:00 am						
Datos del entrevistado										
Cargo	Nombre y apellido Anonimo			Telefono		Correo electronico				
Identificación y ubicación de la edificación										
1. Nombre	P.P Dr. Enrique Bourgoín planta baja + 1 nivel		3. N° de semi-sótanos	no		5. Estado	Mérida		7. Parroquia	Gonzalo Picón Febres
2. N° de pisos			4. N° de sótanos	no		6. Municipio	Libertador		8. Sector	El Vallecito
coordenadas UTM		X	266441		Y	954484				
Uso de la edificación										
Oficinas		☒	Estanques		☒	Estación de bombeo		☐		
Planta potabilizadora		☒								
Capacidad de ocupación										
Número de personas que ocupan el inmueble				Mañana (N°) 4		Tarde (N°) 4		Noche (N°) 4		
Año de construcción										
Año	Antes de 1939		Entre 1948-1955		Entre 1968-1982		☒		Entre 1999-2001	
	Entre 1940 -1947		Entre 1956-1967		Entre 1983-1998				Despues de 2001	
Condición del terreno en donde se ubica la edificación										
Planicie	Pendiente del terreno		20-45°		☒		>45°			
Ladera	localizada sobre la mitad superior de la ladera		si		☐		no			
Base	Pendiente del talud		20-45°		☒		>45°			
Cima	Separación al talud		Menor a H del talud		☒		Mayor a H del talud			
Tipo estructural										
☒	Porticos de concreto armado				☐	Porticos de acero diagonalizados				
☒	Porticos de concreto armado rellenos con paredes				☐	Porticos de acero con cerchas				
☐	de bloque de arcilla o concreto				☐	Sistemas pre-fabricados a base de grandes paneles o de porticos				
☒	Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales				☐	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mamposteria confinada. Pisos _____				
☒	Sistemas con muros de concreto armado en una sola direccion				☐	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros mamposteria no confinada. N° Pisos _____				
☐	Porticos de acero				☐	Sistemas mixtos de porticos y de mamposteria de baja calidad de construcción				
☐	Porticos de acero con perfiles tubulares				☐					
Esquema de planta					Esquema de Elevación					
☐	H	☐	Cajon	☒	T	☐	* ☐ *	☐	Esbeltez vertical	
☒	T	☐	Regular	☐	U	☐	Piramide Invertida	☒	Ninguno	
☐	U o C	☐	Esbeltez horizontal	☐	L	☐	Piramidal			
☐	L	☒	Ninguno							
Irregularidades										
☐	Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones				☐	Fuerte asimetria de masas o rigideces en planta				
☐	Presencia de al menos un entrepiso debil o blando				☐	Ausencia de muros en una direccion				
☐	Presencia de columnas cortas				☐	Adosamiento:losa contra losa				
☐	Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes				☐	Adosamiento:losa contra columna				
☐	Aberturas significativas en losas				☒	Separacion entre edificios (cm) _____ 1_				
Grado de deterioro										
Est. De concreto: agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo					☐	Ninguno	☒	Moderado	☐	Severo
Est. De acero: corrosion en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo					☒	Ninguno	☐	Moderado	☐	Severo
Agiertamiento en paredes de relleno					☒	Ninguno	☐	Moderado	☐	Severo
Estado general de mantenimiento					☐	Ninguno	☐	Moderado	☒	Severo

Figura 7. Planilla de inspección de edificaciones. Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín (El Vallecito). Fuente: elaboración propia (2023).

PLANILLA DE INSPECCION DE EDIFICACIONES									
fecha	17/01/2023	hora	09:00 am						
Datos del entrevistado									
Cargo	Nombre y apellido Anonimo			Telefono		Correo electronico			
Identificación y ubicación de la edificación									
1. Nombre	La Vuelta de Lola	3. N° de semi-sótanos		5. Estado	Mérida	7. Parroquia	Milla		
2. N° de pisos	1	4. N° de sótanos		6. Municipio	Libertador	8. Sector	La Vuelta de Lola		
coordenadas UTM		X	265610	Y	953653				
Uso de la edificación									
Oficinas	☐	Estanques 2	☒	Estación de bombeo	☒				
Planta potabilizadora	☐								
Capacidad de ocupación									
Número de personas que ocupan el inmueble				Mañana (N°)2		Tarde (N°)2		Noche (N°)2	
Año de construcción									
Año		Antes de 1939	Entre 1948-1955	Entre 1968-1982	☒	Entre 1999-2001			
		Entre 1940 -1947	Entre 1956-1967	Entre 1983-1998		Despues de 2001			
Condición del terreno en donde se ubica la edificación									
Planicie		Pendiente del terreno	20-45°	☒	>45°				
Ladera		localizada sobre la mitad superior de la ladera	si		no	☒			
Base		Pendiente del talud	20-45°		>45°				
Cima		Separación al talud	☒	Menor a H del talud	☒	Mayor a H del talud			
Tipo estructural									
☐	Porticos de concreto armado			☐	Porticos de acero diagonalizados				
☒	Porticos de concreto armado rellenos con paredes de bloque de arcilla o concreto			☐	Porticos de acero co cerchas				
☐	Muros de concreto armado en dos direcciones horizontales			☐	Sistemas pre-fabricados a base de grandes paeles o de porticos				
☐	Sistemas con muros de concreto armado en una sola direccion			☐	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros de mamposteria confinada. Pisos				
☐	Porticos de acero			☐	Sistemas cuyos elementos portantes sean muros mamposteria no confinada. N°Pisos				
☐	Porticos de ceño con perfiles tubulares			☐	Sistemas mixtos de porticos y de mamposteria de baja calidad de construcción				
Esquema de planta					Esquema de Elevación				
☐	H	☐	Cajon	☐	T	☐	* * *	☐	Esbeltez vertical
☐	T	☐	Regular	☐	U	☐	Piramide Invertida	☒	Ninguno
☐	U o C	☐	Esbeltez horizontal	☐	L	☐	Piramidal		
☐	L	☐	Ninguno						
Irregularidades									
☐	Ausencia de vigas altas en una o dos direcciones			☐	Fuerte asimetria de masas o rigideces en planta				
☐	Presencia de al menos un entrepiso debil o blando			☐	Ausencia de muros en una direccion				
☐	Presencia de columnas cortas			☐	Adosamiento:losa contra losa				
☐	Discontinuidad de ejes de columnas o paredes portantes			☐	Adosamiento:losa contra columna				
☐	Aberturas significativas en losas				Separacion entre edificios (cm)				
Grado de deterioro									
Est. De concreto: agrietamiento en elementos estructurales y/o corrosión en acero de refuerzo				☐	Ninguno	☐	Moderado	☐	Severo
Est. De acero: corrosion en elementos de acero y/o deterioro de conexiones y/o pandeo				☐	Ninguno	☐	Moderado	☐	Severo
Agrietamiento en paredes de relleno				☐	Ninguno	☐	Moderado	☐	Severo
Estado general de mantenimiento				☒	Ninguno	☐	Moderado	☐	Severo

Figura 8. Planilla de inspección de edificaciones. Estanques de almacenamiento La Vuelta de Lola.

Fuente: elaboración propia (2023).

En base a estos datos, se realizaron los cálculos para obtener la percepción de la vulnerabilidad sísmica (tabla 27), arrojando los siguientes resultados (tabla 28, figura 9):

Tabla 27. Índices de vulnerabilidad

li	Vulnerabilidad asociada a
l ₁	Antigüedad y norma utilizada
l ₂	Tipo estructural
l ₃	Irregularidad
l ₄	Topografía
l ₅	Grado de deterioro

Fuente: elaboración propia (2023).

Tabla 28. Resultados obtenidos del cálculo de los índices asociados a la vulnerabilidad del subsistema Mucujún

Edificación	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	lv	Calificación Vulnerabilidad
Planta de potabilización "Dr. Enrique Bourgoín"	0,50	0,41	0,10	0,80	0,23	0,40	alta
Estanques de almacenamiento- Estación de bombeo "La Vuelta de Lola"	0,50	0,40	0	0,50	0	0,34	media

Fuente: elaboración propia (2023).

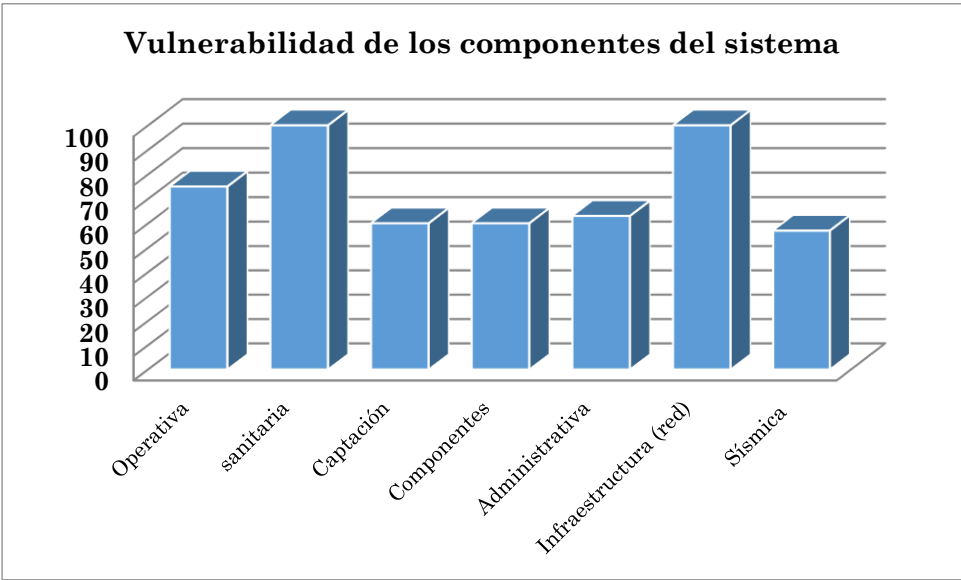


Figura 9. Diagrama de la vulnerabilidad de los componentes del sistema.

Fuente: elaboración propia (2023).

4.4. Análisis de la gestión del ente prestador del servicio ante emergencias

La evaluación de este parámetro se realizó a partir de los indicadores utilizados en Larez (2010), tabla 29:

Tabla 29. Análisis de la gestión ante emergencias del subsistema Mucujún

Parámetro	Criterio de Evaluación	Respuesta
Protocolos internos de respuesta sectorial	¿Existe un plan de emergencia ante la ocurrencia de un evento adverso?	no
	¿Se tienen identificadas las fuentes alternas de agua en caso de emergencia?	no
	¿Posee mecanismos alternativos de generación eléctrica?	si
	¿Se tiene un plano actualizado del sistema y sus accesorios?	No
	¿Están identificados los componentes más vulnerables del sistema?	No

	¿ se realizan jornadas de divulgación y simulacros?	No
	¿Existe un procedimiento establecido para declarar la existencia de emergencia dentro del sistema de agua potable?	No
	¿Existe un procedimiento establecido de información a la población?	No
	¿Existen protocolos para el abastecimiento de agua potable?	Si
	¿La empresa cuenta por personal capacitado para la evaluación del sistema post evento?	Si
Recursos disponibles	¿El ente prestador de servicio de agua potable está dotada con dispositivos de comunicación para la transmisión de información?	No
	¿Existen canales dentro del ente para el acceso a recursos económicos para la ejecución de actividades durante y después del evento?	no
Aspectos sociales	¿Se realizan abordajes comunitarios para difundir los mecanismos de acción ante la ocurrencia de un evento?	no
Protocolos externos para el abordaje de la emergencia	¿Existen canales de comunicación con otros entes estatales y nacionales?	si
	¿Existen acuerdos con entes comerciales para la adquisición de bienes y servicios para el abordaje de la emergencia?	no
	¿Existen protocolos para el suministro de agua potable a zonas o entes priorizados?	si

Fuente: modificado de Larez (2010).

4.5. Caracterización de las amenazas de la subcuenca

Para el caso de estudio, se evaluaron dos amenazas: geosísmica e hidromorfológica. Entendiendo que el subsistema Mucujún, principal abastecedor de agua potable de la ciudad de Mérida se caracteriza:

- Toda la zona del Mucujún se encuentra surcado por una serie de fallas secundarias activas que forman parte del sistema de fallas de Boconó. Los afloramientos rocosos muestran secuelas de actividades sismotectónicas que se manifiestan en niveles de fracturamiento y diaclasamiento profundo y alteración en superficie.
- El sitio y situación del subsistema lo hace vulnerable a eventos geosísmicos, ya que parte de su infraestructura se encuentra muy cerca de planos de fallas y del borde de talud de las terrazas de Mérida y de El Vallecito que dan hacia el río Mucujún.
- El trayecto del sistema de distribución/conducción de la Planta de potabilización “Dr. Enrique Bourgoin” - Estanque de almacenamiento “La Vuelta de Lola” corresponde a formas de relieve muy sensibles a procesos erosivos en forma de derrumbes y deslizamientos, coincidiendo en parte de su tramo final con un gran deslizamiento activo por sobresaturación hídrica y pérdida de cohesión.
- Los estanques de almacenamiento de “La Vuelta de Lola” se encuentran ubicados a escasos metros de la corona de este deslizamiento activo.

4.5.1. Análisis de la amenaza geosísmica

El estado Mérida se encuentra influenciado por el sistema de fallas de Boconó, que es una franja de 100 kilómetros de ancho por 500 kilómetros de largo, que comienza en la frontera colombo-venezolana hasta el poblado de Morón en el estado Falcón.

Los sismos más importantes que han ocurrido en Mérida y otras ciudades importantes de Los Andes Venezolanos, están asociados con la actividad sismo tectónica de este sistema. Entre ellos destacan el terremoto de 1610 (7,3 de magnitud), el sismo de 1812 (7,0 de magnitud), y el gran terremoto de Los Andes del año 1894 con una magnitud aproximada de 7,0, los cuales afectaron a la ciudad de Mérida y zonas como El Mucujún (Astorga, 2011).

La amenaza sísmica al sistema se evalúa a partir del sitio y situación del subsistema Mucujún, en donde variables como la proximidad al talud y la composición, espesor y consolidación de sedimentos de las terrazas, puede desencadenar además del daño a la

infraestructura, otros procesos de índole geomorfológico, como movimientos de masa (tabla 30).

Tabla 30. Posibilidad de movimientos de masa causados por procesos geosismicos.

Magnitud del sismo	Tipo de movimiento de masa
4.0	Caída de roca, deslizamientos, alteración de masas de suelo.
4.5	Deslizamiento traslacional, rotacional.
5.0	Movimientos tipo flujo.
6.0	Avalanchas de roca.
6.5	Avalanchas de suelo.

Fuente: Keefer (1984), en Suárez (1998).

4.5.1.1. Composición de los sedimentos

Según Laffaille (1996), los suelos que se encuentran en los sectores La Hechicera, Chorros de Milla, Santa María, La Milagrosa, Andrés Eloy Blanco, Hoyada de Milla, El Amparo y Vuelta de Lola, poseen un alto contenido de cantos y peñones incrustados en material arenoso (arenas gruesas) con cierto contenido de arcilla y limo y afectados en forma general por mantos de agua de percolación y flujo subsuperficial. Corresponde con formas de relieve de abanicos aluviales de la Asociación Sierra Nevada (Complejo litológico). De manera local, para el sector Santa María norte, describe a los suelos de composición arcillosa con lechos de grava fina y arenas, arcillas arenosas y gravas arcillosas originadas por la descomposición química de rocas de la Formación Palmarito.

Jiménez y Torres (2012), en su trabajo de investigación, describen una serie de perfiles realizados a lo largo de la ciudad de Mérida para ejemplificar los efectos de sismos de magnitud 5,8 y 7,2 en la escala de Richter a partir del método de mallado fino.

En el perfil D-D' proyectado desde el centro de la ciudad hasta el sector El Valle del Mucujún, se encuentran rocas pertenecientes a la Asociación Sierra Nevada, Formación

Palmarito, sedimentos pleistocenos correspondientes a la terraza de Mérida y depósitos aluvionales recientes sobre la terraza.

Determinaron posibles asentamientos y deformaciones en el depósito aluvional, en la terraza hacia la zona norte y en el afloramiento de la Formación Palmarito, ante la ocurrencia de un sismo de 5,8 de magnitud Richter. Analizando las consecuencias de un sismo de 7,2 de magnitud en este perfil, estiman que se presenten posibles deformaciones y ruptura del terreno en varios puntos del mismo, con desplazamientos entre 40 centímetros para sismos de $M=5,8$ a 1,5 metros para sismos de $M=7,2$.

Para el perfil E-E' proyectado desde el sector Capilla del Carmen (vía Tabay) hasta el sector El Vallecito, con la simulación de un sismo de $M=5,8$ se obtienen desplazamientos de hasta 3,6 centímetros al pie del talud de la terraza que da al Mucujún. Al incrementar la magnitud al sismo de $M=7,2$, los desplazamientos alcanzan los dos metros.

Es importante acotar que según los autores (ob. cit), el material se comporta plásticamente al pie del talud de la terraza en el contacto roca-suelo. La tensión de corte que se produce en los bordes de talud indica posibles movimientos de masa. Además, señalan que el paso de las ondas sísmicas tiene mayor afectación en los afloramientos de la formación Palmarito, Granodiorita del Carmen y en los sedimentos pleistocenos-holocenos, estos últimos afectados por la presencia permanente de unas mesas de agua.

4.5.1.2. Consolidación de los sedimentos

El estudio de esta variable se centró en el comportamiento de las estructuras edificadas sobre sedimentos y su respuesta ante un evento sísmico. Diferentes autores hacen alusión a que las estructuras construidas sobre suelos de poca consolidación son más propensas a sufrir daños que aquellas que se encuentran sobre suelos de mejores condiciones geotécnicas.

Tales escenarios son observados en Los Andes Venezolanos, en donde la mayoría de las edificaciones se encuentran asentadas sobre materiales no consolidados de origen aluvial

principalmente, los cuales verían afectados por el fenómeno de “Amplificación de las ondas sísmicas” (Salvatierra, 1993 en Vivas 2002).

Al evaluar la consolidación de los suelos, se debe tomar en consideración el análisis de la compresibilidad, que viene dada por la composición de los suelos. Es así, que los suelos de texturas arcillosas poseen alta compresibilidad, mientras que los suelos de textura arenosa poseen menores rangos de compresibilidad (tabla 31, figura 10).

Tabla 31. Comportamiento sísmico de los suelos en base a su consolidación

Características	Compresibilidad	Compactación	Rango De Comportamiento Sísmico
Arcillas intercaladas con delgados lechos de grava arenosa	Baja a media	Mayor consolidación	1
Suelo residual arcilloso con fragmentos de arenisca y filita	Baja a media	Mayor consolidación	1
Intercalación de arcillas y gravas areno arcillosas. Presencia de peñones y cantos	Baja	Menor consolidación	2
Suelo residual de textura franco a franco arenosa	Baja a media	Mayor consolidación	3
Aglomerados de cantos peñones y grava con 10-20% de finos limosos arenosos y gravas	Baja	Menor consolidación	4

Mezcla de cantos y gravas con 20% de finos areno limosos	Baja	Menor consolidación	5
--	------	---------------------	---

Fuente: modificado de Vivas (2002)

4.5.1.3. Cercanía a los taludes

Se evalúa esta variable considerando la amplificación de las ondas sísmicas a partir de dos elementos, la cercanía de la estructura al talud y la altura del mismo.

Carrillo (1984) en Vivas (2002), determinó áreas de inestabilidad y estabilidad para la terraza de Mérida, a partir del estudio de espectros de amplitud de sismogramas calculados con el método de transformada de Fourier, con los datos obtenidos de una serie de estaciones que fueron instaladas en diferentes sectores de la terraza de Mérida, obteniendo que las áreas adyacentes al borde de la terraza hacia el río Chama y el río Mucujún presentan mayor amplificación de ondas, por ende, mayor inestabilidad.

Tales resultados fueron reportados por dos de estas estaciones ubicadas cerca del borde la de la Terraza de Mérida, registrando amplitudes de ondas de 4,7. Por su parte, Laffaille (1996), señala, que el efecto de la amplificación decrece de manera lineal a medida que aumenta la distancia al talud, por lo que las condiciones de sitio mejorarían en un rango mayor a 60 metros desde el borde del talud (Vivas, 2002).

Castillo (2005), en Astorga (2011), estimo escenarios de susceptibilidad a movimientos de masa en los taludes de la ciudad de Mérida a partir del método HAZUS (Earthquake loss estimation methodology), determinando que los sitios más susceptibles a sufrir algún proceso geomorfológico activado por un movimiento sísmico se encuentran en el flanco sureste al borde del cauce del río Chama, y hacia el río Mucujún, indicando niveles de riesgo que oscilan entre VIII y X, siendo I el más bajo y X el más alto (escala de Mercalli) (figura 11).

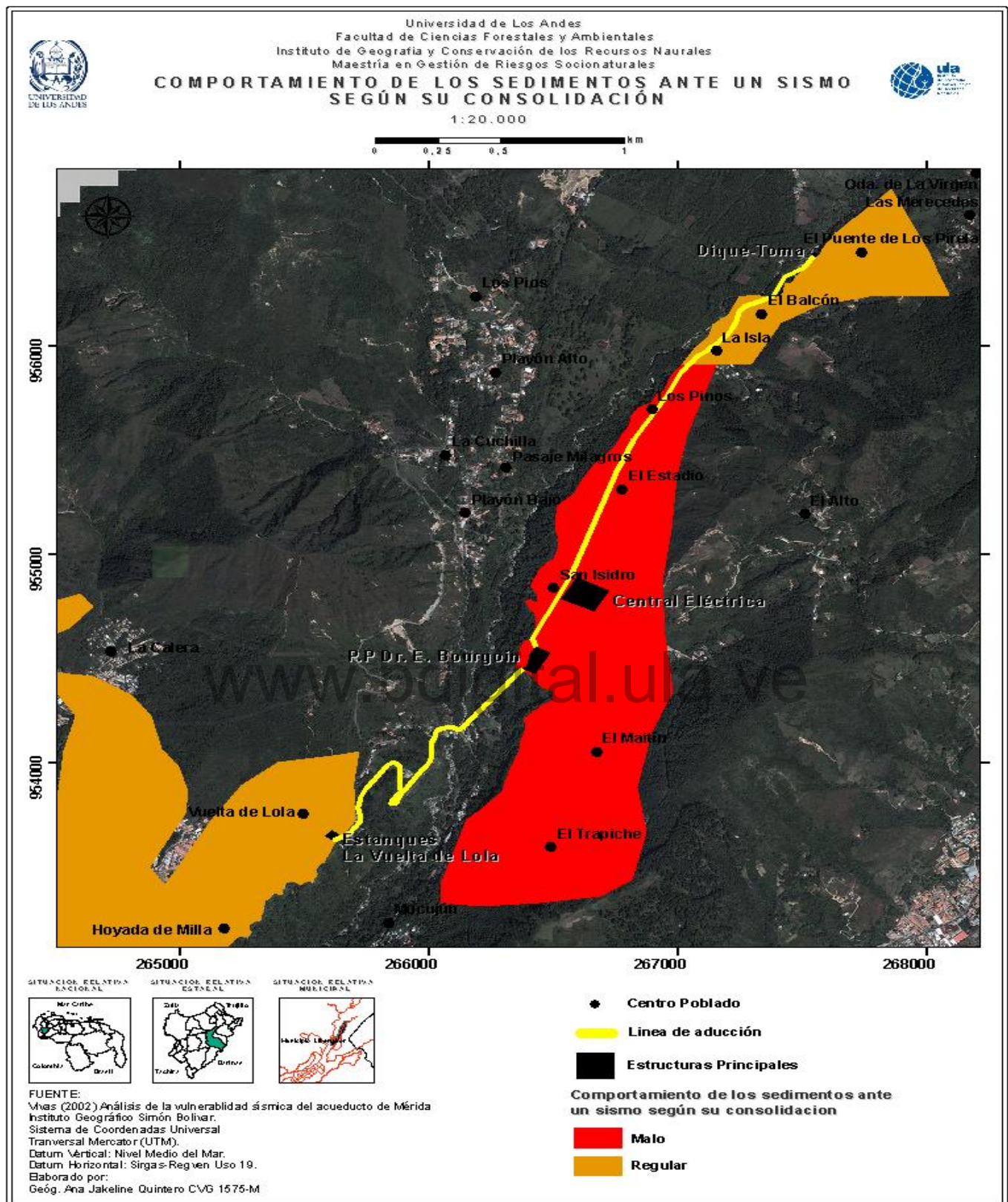


Figura 10. Comportamiento de los sedimentos ante un sismo, según su consolidación en la Terraza de Mérida. Fuente: modificado de Vivas (2002)

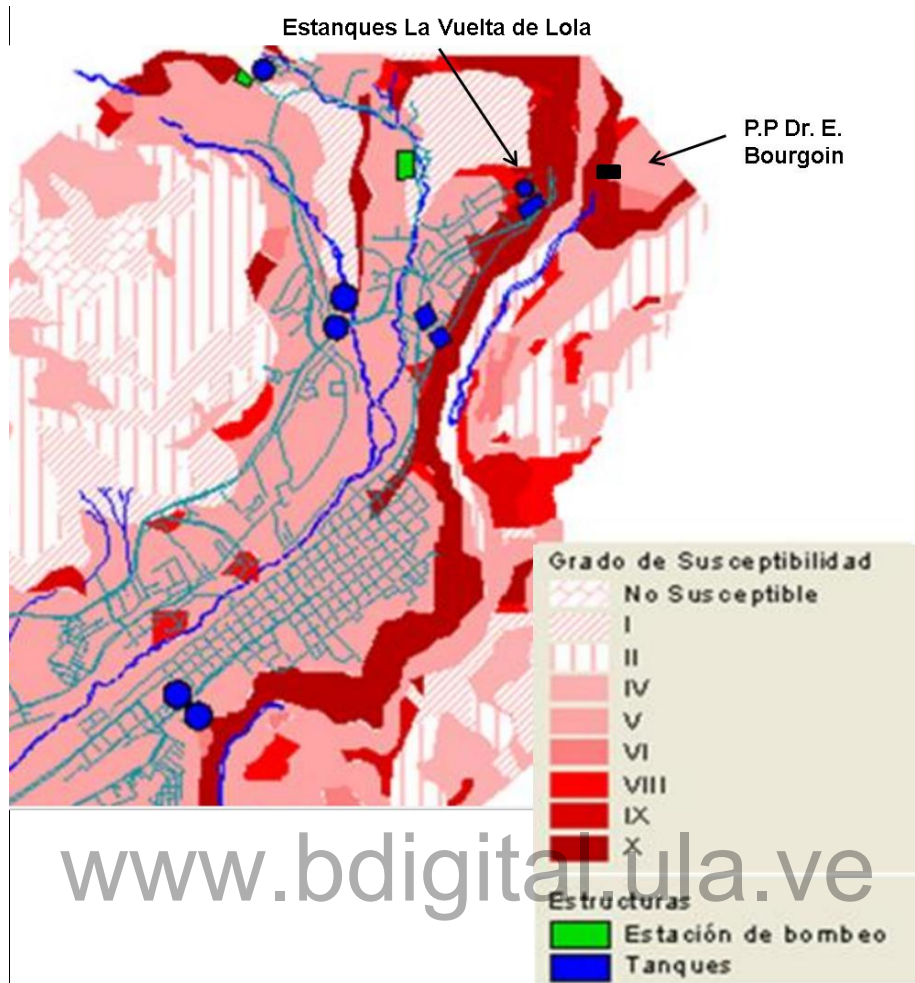


Figura 11. Detalle de la terraza de Mérida y terraza El Vallecito, se observa que los niveles de susceptibilidad se encuentran entre VIII y X.

Fuente: modificado de Castillo (2005) en Astorga (2011).

En este orden de ideas, es pertinente el conocimiento de la ubicación de las estructuras que forman parte del subsistema Mucujún, como lo son los estanques de almacenamiento de La Vuelta de Lola y la planta de potabilización Dr. Enrique Bourgoin, con respecto al borde del talud de la terraza de Mérida y la terraza de El Vallecito (figuras 12, 13).

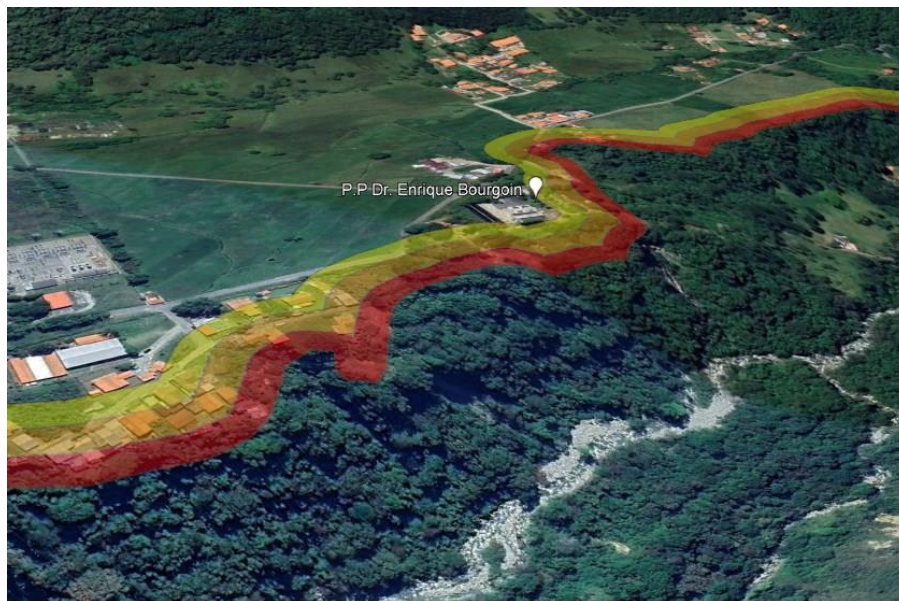


Figura 12. Rangos de riesgo de acuerdo a la cercanía al talud de la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín. Color Rojo distancia al talud entre 0 y 20 metros. Color Naranja distancia al talud entre 20 y 40 metros. Color amarillo: distancia al talud entre 40 y 60 metros. **Fuente:** elaboración propia a partir la imagen de google earth, 2023.



Figura 13 Rangos de riesgo de acuerdo a la cercanía al talud de los estanques de almacenamiento de la Vuelta de Lola. Color Rojo distancia al talud entre 0 y 20 metros. Color Naranja distancia al talud entre 20 y 40 metros. Color amarillo: distancia al talud entre 40 y 60 metros. **Fuente:** elaboración propia a partir la imagen de google earth, 2023.

4.5.2. Amenazas geomorfológica e hidrogeomorfológicas

4.5.2.1. Terraza de El Vallecito

La terraza de El Vallecito, sobre la que se emplaza la edificaciones y tuberías de la planta potabilizadora “Dr. Enrique Bourgoin” es una estructura conformada por peñones, gravas y arena con pocos finos, productos de aluviones de edad Pleistocénica – Holocénica (Q₃). Su altura oscila entre los sesenta (60) y ochenta (80) metros de altura (Jiménez y Arismendi, 2009).

El talud de la terraza dá al río Mucujún y se encuentra en su mayoría con vegetación natural, sin embargo, presenta gran inestabilidad, con desprendimientos de tierra y caída de bloques hacia la base del mismo.

La descarga de agua por parte de la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin ha generado un canal vertical sobre la superficie del talud (surco de erosión activa), lo que ha acelerado las pérdidas de material de la terraza, generando un retroceso de esta en el área circundante a la planta potabilizadora y al parque recreacional que allí se encuentra (figura 14).

Jiménez y Arismendi (2009), realizaron una sectorización del sector El Vallecito en donde identificaron los procesos hidrogeomorfológicos dominantes, así como la caracterización geomorfológica del sitio (figura 15).

En la ubicación de la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin, la catalogan como área de peligro “muy alto” sectorizan el área donde predominan canales de erosión sobre materiales no consolidados. Drenaje intermitente pero torrencial en periodos de lluvia. Áreas de tránsito de agua y sedimentos.

En donde se ubica el canal de descarga de la planta de potabilización, los autores lo catalogan como “sitio de peligro geomorfológico”, por la combinación de varios elementos como cambios de fuertes pendientes, ápices de conos de deyección, ubicación

sobre el plano de falla, confluencia de drenajes o salidas del corredor de aludes torrenciales (figura 16).

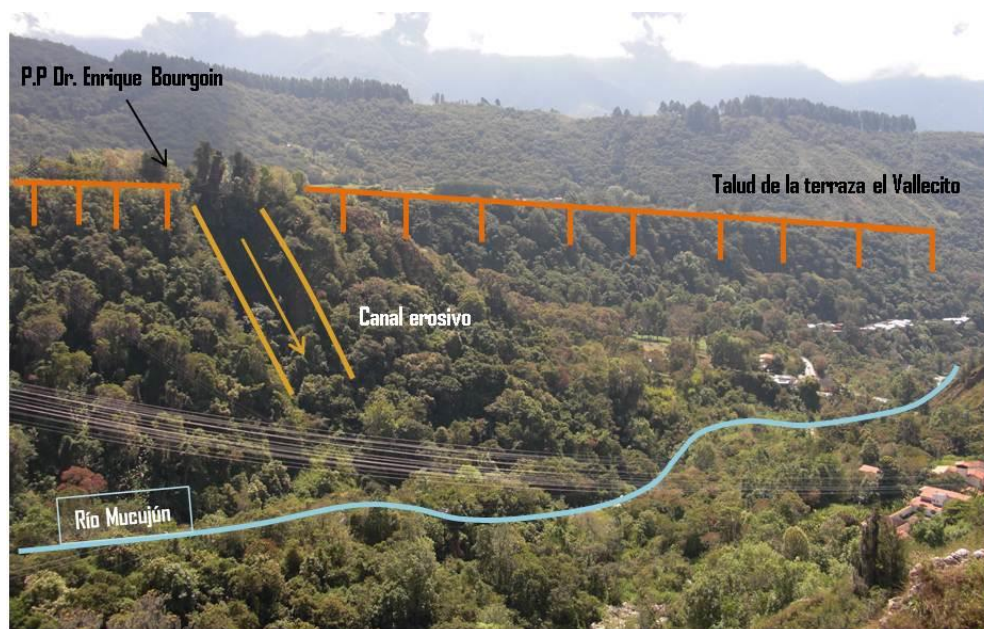


Figura 14. Vista del talud de la terraza del Vallecito y del canal erosivo producto de la descarga de agua de la planta de potabilización Dr. Enrique Bourgoín.

Fuente: modificado de Jiménez y Arismendi, 2009.

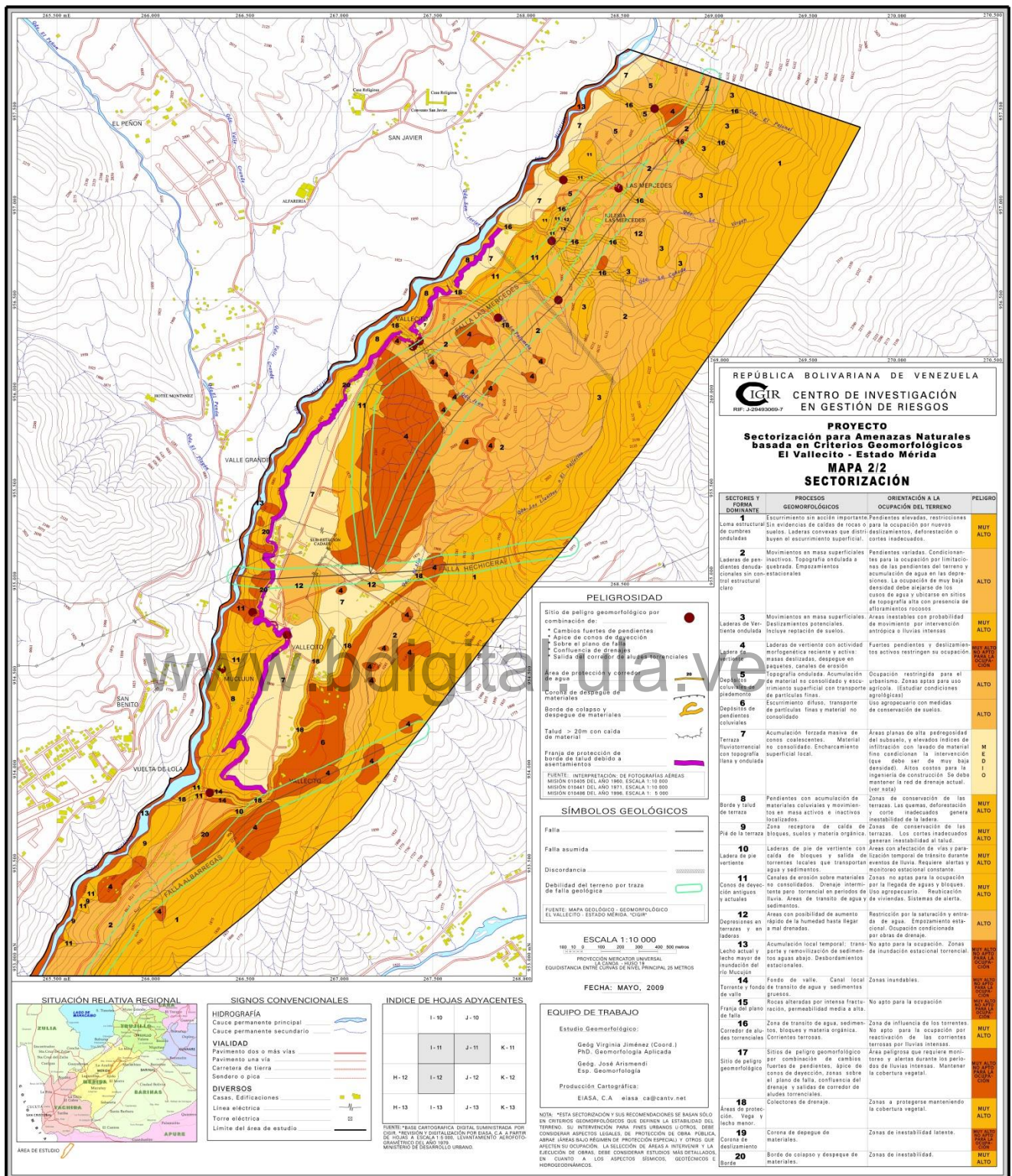


Figura 15. Mapa de sectorización para amenazas naturales basada en criterios geomorfológicos El Vallecito, estado Mérida. Fuente: modificado de Jiménez y Arismendi, 2009.

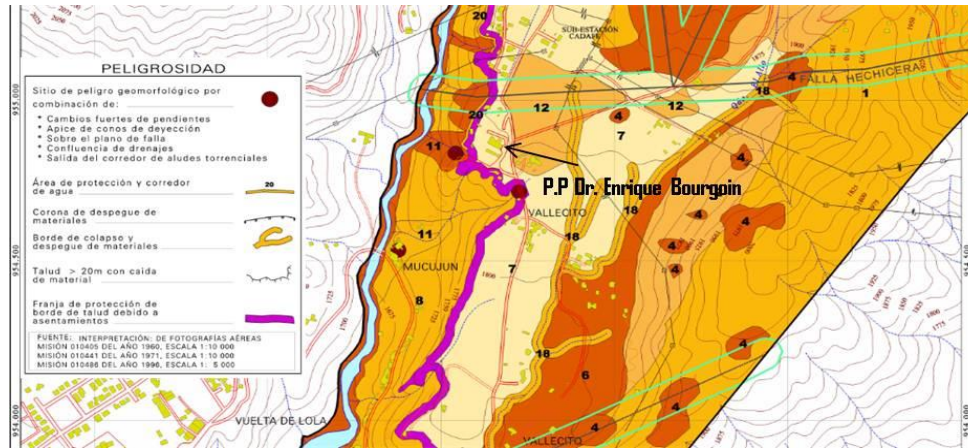


Figura 16. Detalle del mapa de sectorización para amenazas naturales en donde se ubica la planta de potabilización Dr. Enrique Bourgoín.

Fuente: modificado de Jiménez y Arismendi, 2009

En el área de ubicación del dique – toma, los autores lo describen como pendientes de acumulación de materiales coluviales y movimientos de masa activos e inactivos localizados. La catalogan como área de peligro muy alto. El cauce del río Mucujún es clasificado como área de peligro muy alto, no apto para ocupación (figura 17).

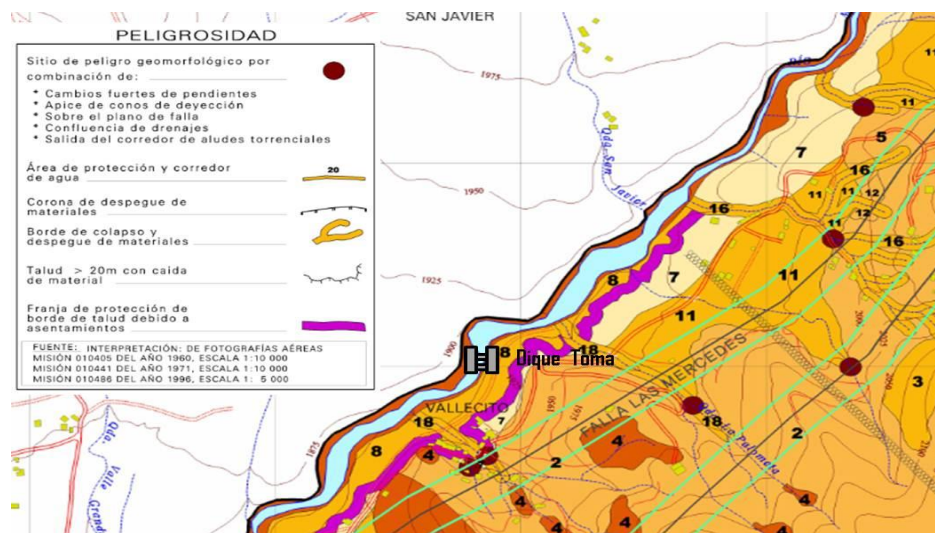


Figura 17. Detalle del mapa de sectorización para amenazas naturales en donde se ubica el dique toma.

Fuente: modificado de Jiménez y Arismendi, 2009.

4.5.2.2. Deslizamiento de la Vuelta de Lola

El deslizamiento La Vuelta, ubicado en el sector San Benito del área metropolitana de la ciudad de Mérida, debe su nombre a la cercanía que tiene con el sector denominado La Vuelta de Lola, ubicado a la salida de Mérida, específicamente, al inicio de la vía que conduce hacia el centro poblado de Tabay. Este deslizamiento se produjo antes de la construcción de la carretera en el año 1925 y afectó, en general, un área aproximada de 130.000 m² de la ciudad de Mérida (Ucar, 1992 en Ayala s/f).

Este es un gran movimiento de masa con un componente rotacional, que ha permitido que el material colapsado gire sobre el plano de deslizamiento y se mantenga apoyado en él. En el tope de la masa deslizada se formó una zona plana, sobre la cual se trazaron aproximadamente 870 metros de carretera (Varela, 2007).

La corona de este deslizamiento tiene una longitud aproximada de 650 metros, con un escarpe vertical de aproximadamente 40 metros de altura. La masa deslizada presenta una pendiente de 18 grados aproximados, de topografía ligeramente convexa (Varela, 2007).

Sobre ella se encuentran varias coronas de deslizamiento secundarias, así como masas deslizadas asociadas al alto escurrimiento superficial y subsuperficial. De igual manera se encuentra otra masa deslizada asociado a la socavación del río Mucujún sobre la base de la masa deslizada principal.

Según Ucar (1992) en Varela (2007), en el flanco izquierdo del deslizamiento, se pone en contacto el material del abanico terraza deslizada con afloramientos de la Formación Mucujún, a través de una falla que en su prolongación hacia el NE se conecta con la falla de La Hechicera. El flanco derecho pone en contacto el material deslizado con el abanico terraza de la ciudad de Mérida en forma transicional, la variación se presenta en el cambio de las condiciones topográficas del talud de la terraza al entrar en contacto con el material deslizado. La sección distal limita con el río Mucujún.

Ramírez y Ferrer (inédito), señalan que en el área de estudio se encuentran dos formaciones geológicas: La Formación Palmarito la cual es una secuencia de lutitas, principalmente marinas, limos, arenas y margas, que gradan hacia arriba a calizas marinas, en la zona donde se encuentra su estratotipo. En el área de estudio, los materiales de la Formación Palmarito se encuentran bastante meteorizados y han sido sometidos a metamorfismo de bajo a mediano grado. Las calizas comienzan a presentarse en algunos casos como mármoles. La recristalización de minerales es evidente. La unidad posee una edad comprendida entre el Carbonífero superior y el pérmico medio.

Sobre esta unidad reposan espesos niveles de gravas de edad Cuaternario depositadas por el río Mucujún. Por su parte, la Formación Mucujún aflora en la zona del valle de San Javier, ubicada al noreste de la ciudad de Mérida, accesible por la carretera que conduce de Mérida a Tabay se encuentra en contacto de falla con la Formación Palmarito (figuras 18, 19, 20).

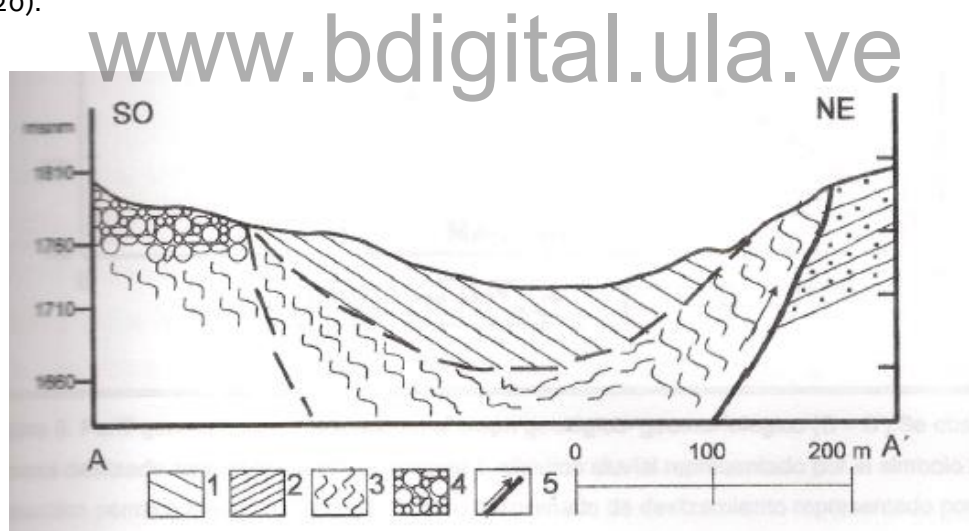


Figura 18. Perfil geológico. Se observa la masa deslizada (1), Formación Mucujún, areniscas interestratificadas con limolitas (2), Formación Palmarito, pizarras y filitas (3), Cuaternario abanico aluvial (4) y el plano de falla con movimiento relativo (5) (falla de origen).

Fuente: Ramírez y Ferrer (inédito).

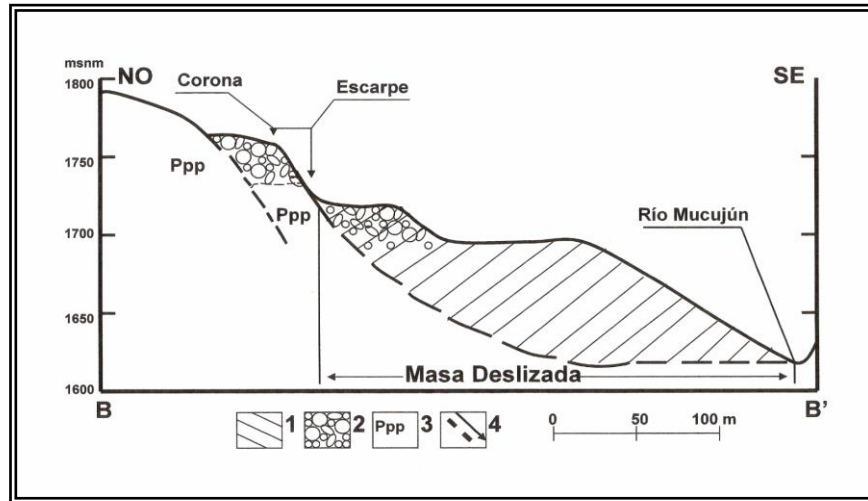


Figura 19 Perfil geomorfológico. Se observa la masa deslizada representada por el símbolo 1, abanico aluvial representado por el símbolo 2, paleozoico pérmico formación Palmarito, superficie aproximada de deslizamiento representada por el símbolo 4. **Fuente:** Ferrer y Ramírez (Trabajo Inédito) en Ramírez y Ferrer (inédito) .

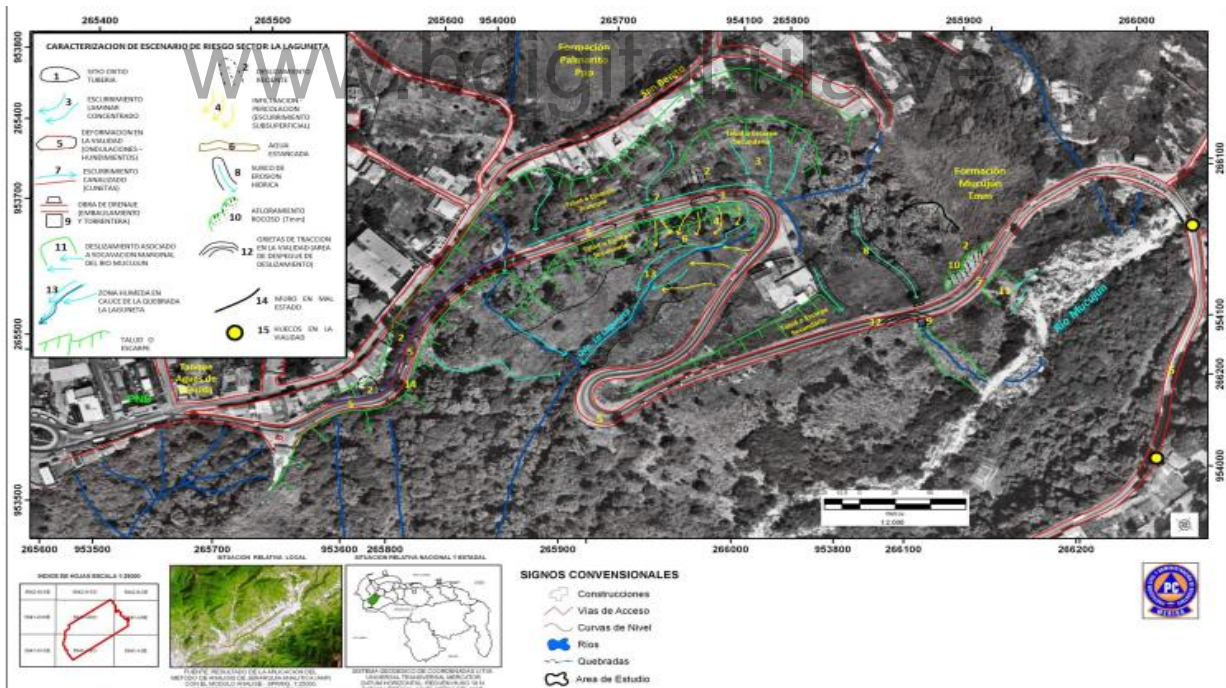


Figura 20. Caracterización del deslizamiento La Vuelta de Lola

Fuente: Protección Civil Mérida (2018).

4.5.2.3. Movimiento de masa en la microcuenca el Escorial

El movimiento de masa de la microcuenca El Escorial, ubicada a la margen derecha del río Mucujún es un proceso que comenzó en el año 2017, siendo caracterizado en ese momento por Protección Civil Mérida, denominándolo como un movimiento de masa compuesto, que inicia con una corona de deslizamiento, que, debido a las fuertes pendientes y altos niveles de humedad, evoluciona a flujos de lodo y detritos (figura 21).

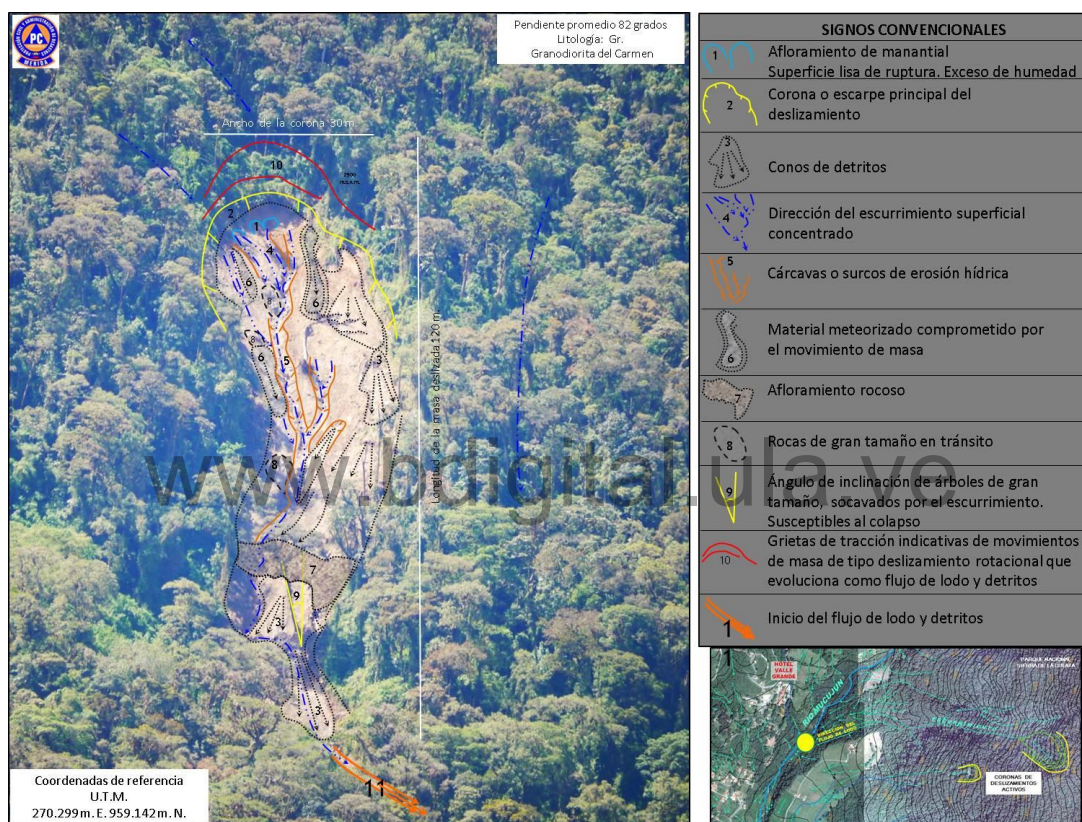


Figura 21. Descripción del movimiento de masa por parte de protección civil en el año 2017.

Fuente: protección civil Mérida (2017).

A finales del año 2022, se reactiva el movimiento de masa, produciendo gran cantidad y arrastre de sedimentos que llegaron al cauce principal del río Mucujún, produciendo altos niveles de turbiedad, causando la paralización de las labores de potabilización de agua en la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín.

En las diversas inspecciones realizadas por el personal de la hidrológica Aguas de Mérida, C.A, en compañía de diversas instituciones nacionales y estatales se caracterizó este movimiento de masa, definiendo tres áreas en el (Aguas de Mérida, 2023) (figuras 22,23,24,25).

Alta (Área de Captación): se ubica en la zona alta de la microcuenca (pendientes mayores a 45°), en la cual se originó la formación de una terraza de material rocoso de diferentes tamaños, en su mayoría gneises con gran contenido micáceo, de forma angulosa, que corresponden a la Asociación Sierra Nevada (Peis), cabe destacar que no hay presencia de rocas graníticas ígneas de la granodiorita de El Carmen (Gr). Este material se encuentra en tránsito y no ha sido depositado en las zonas de menor pendiente. Mediante la interpretación de fotografías tomadas con drones, con corroboración de la información en campo, se logró determinar que el torrente recorre dicha terraza desde el afloramiento de rocas metamórficas en la zona de la cabecera, y que través de canales que se encuentran activos se unen aguas abajo. Se asume que la formación de la terraza corresponde a que en esta zona se encuentra una sección de roca competente que retiene este material. El proceso natural de erosión es el predominante en esta área, generando el desgaste y meteorización del suelo y las rocas.

2. Media (Garganta): Persiste la inestabilidad en el sitio, así como las altas pendientes. El torrente comienza a definir el cauce que es considerado como el principal, muestra un perfil en forma en V, presentando mayores valores de socavación horizontal (entre 8-12 metros) y vertical (aproximadamente 4-6 metros), de igual manera se observan otros cauces que han sido abandonados. Al inicio de esta área, el torrente recorre un afloramiento de rocas metamórficas que se muestra muy fracturado y alterado. Además, se presentan obstrucciones en varias secciones del cauce, material rocoso y vegetal que forman diques naturales. Predominan los procesos de erosión y transporte de todo el material rocoso (de diferentes tamaños) y vegetal hacia zonas de menor pendiente.

3. Baja (Conos de deyección): esta área presenta más estabilidad y menores pendientes, se identifican dos conos (representativos en dimensiones de espacio) que corresponden a diferentes eventos importantes de depositación y poseen diferentes orientaciones. El cauce principal sigue bien definido, presentando un perfil en forma de U, mostrando menos socavación horizontal y lateral, desembocando en el río Mucujún. Predomina el proceso de depositación, observándose el material rocoso de menor tamaño en la zona distal de los conos, y el material rocoso de mayor tamaño en la zona proximal. Se debe resaltar que el material depositado en los conos de deyección no tributa al cauce del río Mucujún, la fuente de aporte de sedimentos al río proviene del torrente, pues este si desemboca en el mismo.



Figura 22. Caracterización del movimiento de masa en la microcuenca Escorial, vista área (drone). Fuente: Aguas de Mérida C. A (2023).



Figura 23. Caracterización del movimiento de masa en la microcuenca Escorial, in situ.

Fuente: Ministerio de atención de las aguas (2023).



Figura 24. Conos de deyección en la microcuenca El Escorial

. Fuente: Aguas de Mérida C. A (2023).



Figura 25. Ubicación del movimiento de masa en la microcuenca El Escorial (1) con respecto a las instalaciones del dique toma y desarenadores de Aguas de Mérida (2).

Fuente: protección civil Mérida (2017).

Las características de esta microcuenca, tanto de forma y pendiente (figura 26), aunando a la presencia de flujo superficial continuo y esporádico y a las condiciones de la roca (alto grado de fracturación y meteorización), condicionan a que continúe el arrastre de sedimentos, lo que ha llevado a que los mismos lleguen al cauce del río Mucujún. El factor antrópico no es parte de los desencadenantes de este proceso hidrogeomorfológico, puesto que no hay intervención en las cabeceras ni hacia el otro lado de la vertiente.

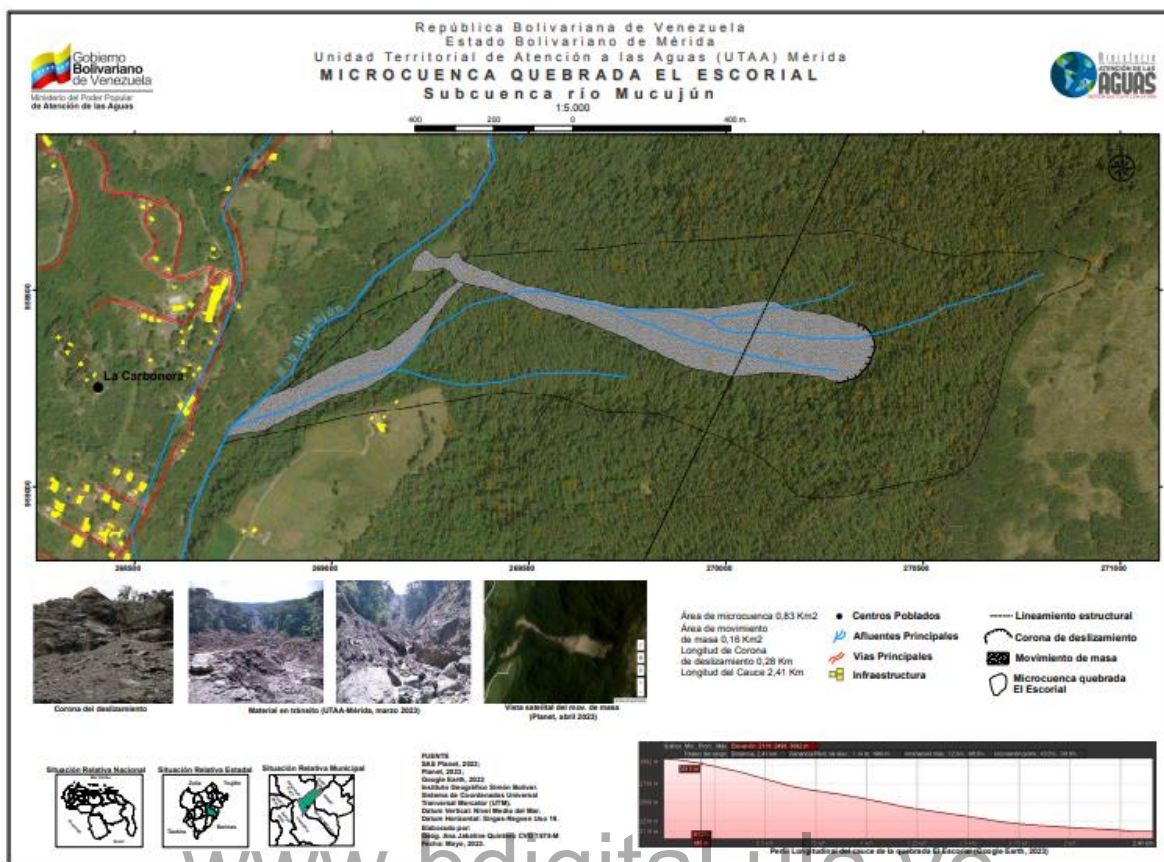


Figura 26 Microcuenca quebrada El Escorial (0,83 km²), en donde se aprecia la corona del deslizamiento (0,28 km) la ubicación y la extensión del movimiento de masa (0,16 km²).

Fuente: Ministerio de atención de las aguas (2023).

4.5.2.3.1. Calidad del agua bajo la cota de ubicación del movimiento de masa

Según Díaz (2023), la calidad del agua ha caído sustancialmente desde octubre del 2022 debido al aporte de sedimentos del movimiento de masa en la microcuenca El Escorial. Esto ha producido un aumento significativo de la turbiedad en el vital líquido registrando al nivel de la captación, aumento de hasta 580% en los promedios antes de la reactivación del mismo en octubre del 2022.

En este orden de ideas, la alta procedencia de sedimentos ocasiona que el volumen de lodo en los desarenadores aumente considerablemente, produciendo una baja altura de sedimentación y altas velocidades horizontales, arrastrando arenas finas y gruesas a la planta potabilizadora. Es así, que cuando el agua tiene niveles de turbiedad significativos

(figura 27), los desarenadores bajan su eficiencia, dejando pasar alto contenido de solidos suspendidos a la misma.

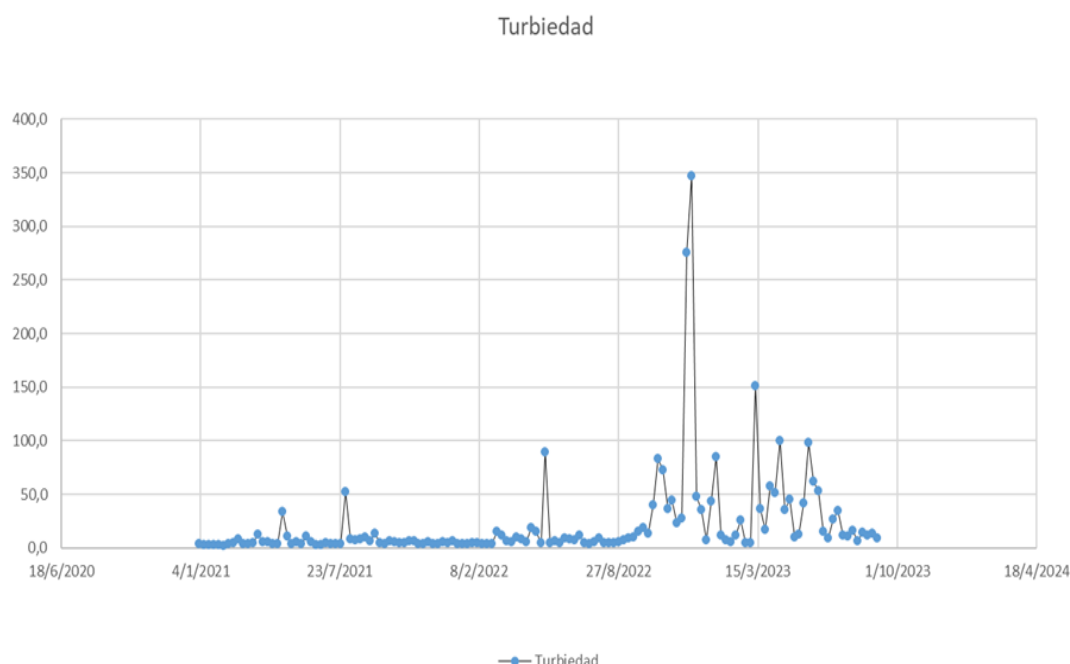


Figura 27. Gráfica del promedio mensual de turbiedad registrado desde enero 2021 hasta agosto 2023. **Fuente:** Aguas de Mérida C.A en Díaz (2023).

Entre los años 2009-2010, la empresa Aguas de Mérida C.A, registro a partir de 424 muestras, una turbiedad promedio de 13,94 UNT (unidad nefelométrica de turbidez). En este periodo se presento el fenómeno ENSO El Niño, el cual se desarrolla en el territorio nacional con bajas precipitaciones.

Por su parte, para los años 2021-2022, en el que se desarrollaba el fenómeno ENSO La Niña, con el registro de 140 datos, se obtuvo un promedio de 20,9 UNT. Tales registros indican el alto grado de estabilidad que existía en la subcuenca para los periodos de secos y lluviosos.

Los registros del periodo octubre 2022 a septiembre 2023, indicaron valores de 45,8 UNT de turbiedad, con el procesamiento de solo 48 datos, indicando un aumento de 119%.

Actividad que se encuentra relacionada directamente con el aporte de sedimentos del movimiento de masa ya descrito.

4.5.2.3.2. ¿Hubo afectación del subsistema Mucujún a partir de la activación del movimiento de masa en la microcuenca El Escorial?

La activación de este movimiento de masa tuvo repercusiones en los diferentes componentes del subsistema Mucujún. Según Díaz (2023), en la actualidad se produce en promedio 1900 l/s de agua cruda del río Mucujún, esto, hace que los desarenadores funcionen con caudales superiores a los 600 l/s de manera permanente.

Esta condición operativa se debe a la existencia de una tanquilla en la entrada de la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín que permite el funcionamiento adecuado de la planta con caudales de 1700 l/s. al no alcanzar este valor, esta estructura, no permite que la planta funcione adecuadamente por falta de carga hidráulica.

Aunado a ello, se presume un alto desgaste de la tubería de aducción, producto del transporte de arenas en el sistema, acortando significativamente la vida útil de la tubería.

Tales escenarios, hacen que se haya incrementado el uso de sulfato de aluminio para el tratamiento del agua en la planta potabilizadora en un 250% desde octubre de 2022, respecto a la cantidad utilizada en periodos de lluvia antes de esta fecha, debido al aumento significativo de la turbiedad alcanzando a duplicar los valores promedios en comparación con otros años lluviosos o en los que se haya registrado el fenómeno ENSO La Niña.

4.6. Amenaza sanitaria

4.6.1. Fuga de gas cloro

El sistema de potabilización de agua de la ciudad de Mérida, se realiza a través de la utilización de sulfato de aluminio y de gas cloro. Este último proporciona un 100% de desinfección a bajos costos de operación.

El análisis de la amenaza de una posible fuga de gas cloro, permite determinar la dispersión de vapores tóxicos a la atmosfera, áreas en riesgo y comportamiento de la dispersión (Pandya et al., 2012 en Barahona, et al., 2021), a partir del uso de software como ALOHA (área location of hazardous atmospheres),

Este programa, desarrollado por la EPA (enviromental protection agency) y la NOAA (national oceanic and atmospheric administration), evalúa las condiciones de fuga a través de modelos de dispersión gaussiana, que describe el comportamiento de liberación del estado estacionario de corta duración.

El software trabaja con diferentes niveles de preocupación (LOC), los cuales definen condiciones peligrosas y no peligrosas, los cuales pueden ser modificados según el usuario.

Barahona, et al. (2021), estudiaron el comportamiento de la dispersión del gas cloro a través de seis (06) escenarios (tabla 32), tomando en consideración variables ambientales como condiciones atmosféricas, velocidad del viento y humedad del aire. Además, la dispersión de la nube de vapor depende de las condiciones de la ruptura, así como de la ubicación del tanque (tabla 33).

Tabla 32. Comportamiento de dispersión de gas cloro

Datos de entrada	Escenarios					
	1	2	3	4	5	6
Velocidad del viento	2,5	2,5	10	10	2,5	10
Temperatura	25	25	15	15	25	15
Humedad	65	65	98	98	65	98
Condiciones climáticas	Parcialmente nublado	nublado	Lluvioso y frio	Lluvioso y frio	nublado	Lluvioso

Masa del producto tanque (Kg)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Altura del orificio de escape (m)	0,5	0,1	0,5	0,1	0,5	0,1

Fuente: Barahona, et al. (2021).

Tabla 33. Características del tanque de almacenamiento de gas cloro

Características del tanque de almacenamiento de gas cloro	Material: acero carbono
	Presión de almacenamiento: 6 atm
	Dimensiones: Diámetro: 1 m. Longitud: 1,22 m.
	Ubicación dentro de la planta potabilizadora: área de dosificación.

Fuente: Barahona, et al. (2021).

Para el caso de estudio, los autores utilizaron el umbral AEGL (acute guideline levels) o guía de niveles de exposición aguda, que representan el límite de exposición que van desde diez minutos a ocho horas, divididos en rangos:

- AEGL-1: la población circundante experimenta incomodidad notable. Pueden presentar síntomas como irritación sensorial leve.
- AEGL-2: la población experimenta efectos a largo plazo serios e irreversibles, pudiendo ver impedida la capacidad para escapar por sus propios medios.
- AEGL-3: la población podría experimentar efectos a largo plazo, que podrían causar la muerte.

Resultados obtenidos para cada escenario:

Escenario 1: la fuga provoca una descarga inicial de 911 kg/min de gas cloro, formando una nube de 6,7 kilómetros de longitud y 0,36 kilómetros de ancho desde el punto de fuga.

Escenario 2: la fuga provoca una descarga inicial de 21,4 kg/seg de gas cloro, formando una nube de 7,1 kilómetros de longitud y 0,42 kilómetros de ancho desde el punto de fuga.

Escenario 3: la fuga provoca una descarga inicial de 214 kg/min de gas cloro, formando una nube de 6,3 kilómetros de longitud y 0,25 kilómetros de ancho desde el punto de fuga.

Escenario 4: la fuga provoca una descarga inicial de 526 kg/min de gas cloro, formando una nube de 8,9 kilómetros de longitud y 0,28 kilómetros de ancho desde el punto de fuga.

Escenario 5: la fuga provoca una descarga inicial de 33,3 kg/min de gas cloro, formando una nube de 3,5 kilómetros de longitud y 0,20 kilómetros de ancho desde el punto de fuga.

Escenario 6: la fuga provoca una descarga inicial de 532 kg/min de gas cloro, formando una nube de 9,8 kilómetros de longitud y 0,3 kilómetros de ancho desde el punto de fuga.

En base a ello, los autores toman para la caracterización y orientación a los escenarios 2 y 6, ya que dieron valores más altos, tanto de esparcimiento de gases tóxicos, así como de producto químico liberado, considerándolos como los más devastadores en el proceso de modelado del programa ALOHA (figura 27).

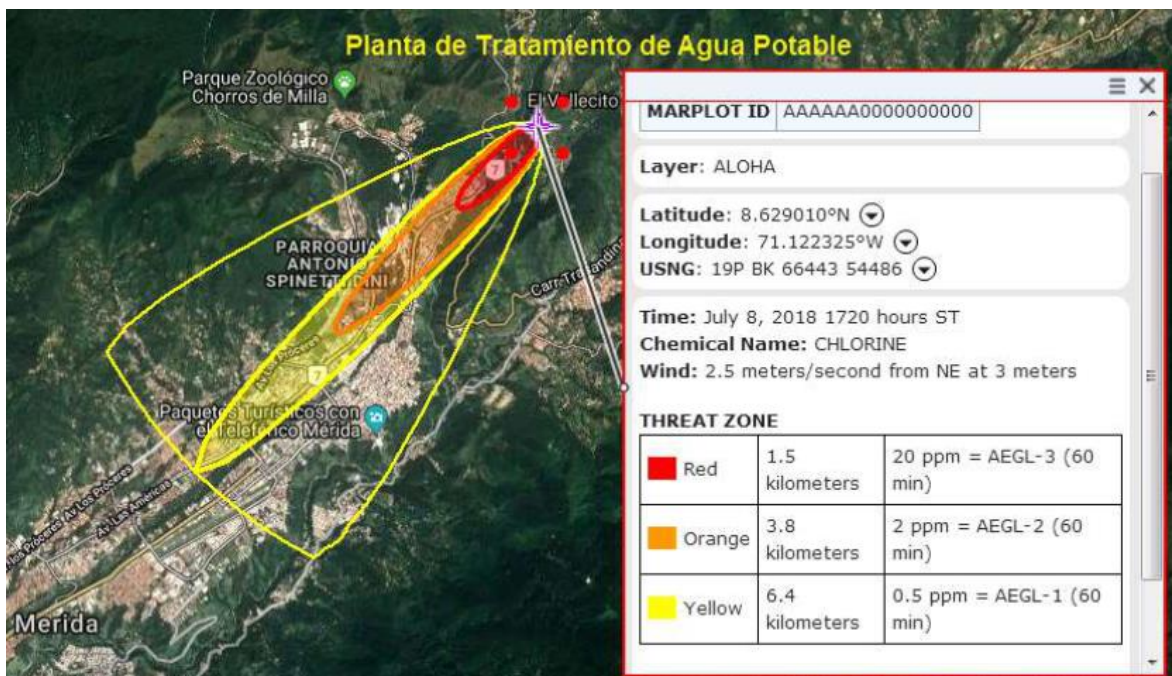


Figura 28. Escenario más devastador realizado por la simulación en el programa ALOHA.

Fuente: Barahona, et al. (2021).

El área en amarillo, de 6.4 kilómetros cuadrados, indica que el valor de referencia para el gas cloro es de 0,5 ppm, con un tiempo de concentración de 60 minutos. Se prevé que en este rango la población pudiese experimentar irritación de las vías respiratorias.

El área en color naranja de 3.8 kilómetros cuadrados, pose un tiempo de exposición al gas cloro de 60 minutos con concentraciones de hasta 2 ppm., se prevé que en esta zona la población pudiese experimentar síntomas a largo plazo, inclusive irreversibles que pudiesen afectar su escape del área afectada

Por último, el área en color rojo, de 1.5 kilómetros cuadrados, prevé una concentración de gas cloro de 20 ppm en un lapso de 60 minutos, pudiendo llegar a ser mortal para la población, flora y fauna que se encuentre en este sector.

4.7. Evaluación de la gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable

Larez (2010), desarrollo una serie de preguntas que permitió evaluar en su trabajo de investigación la gestión prospectiva y correctiva de los entes administradores de agua potable del estado Mérida, siendo Aguas de Mérida y Aguas de Ejido.

Teniendo esta prerrogativa, se analiza la gestión prospectiva y correctiva de la empresa Aguas de Mérida C.A con información actualizada, obtenida a partir de la entrevista a trabajadores de cada área a evaluar (tablas 34,35).

Tabla 34. Criterios de evaluación de la gestión prospectiva de la empresa Aguas de Mérida

Parámetro	Criterio	Respuesta
Consideraciones de diseño	¿Se tiene acceso a sistemas alternos de energía eléctrica para el correcto funcionamiento de la planta de potabilización?	si
	¿Se consideró el uso de materiales flexibles y resistentes de acuerdo a las condiciones in situ?	no
	¿Se contempló la protección de las estructuras de factores externos, ambientales o antrópicos?	no
	¿Existen accesos alternos a las estructuras del subsistema, como dique toma y planta de potabilización?	no
Aspectos financieros	¿Se ha estimado la relación costo beneficio de una posible adecuación de los componentes del subsistema Mucujún?	no

Fuente: modificado de Larez, 2010.

Tabla 35. Criterios de evaluación de la gestión correctiva de la empresa Aguas de Mérida.

criterios de evaluación de la gestión correctiva de la empresa Aguas de Mérida.

Parámetro	Criterio	Respuesta
Funcionalidad del subsistema	¿Están las estructuras u componentes del subsistema protegidos mediante obras de ingeniería?	no
	¿Los componentes del sistema están adecuados a las condiciones in situ?	no
Aspectos sociales	¿Se dictan talleres a la comunidad aledaña sobre conservación, amenazas sanitarias entre otras?	si
	¿Se realizan actividades de mitigación en conjunto con la comunidad aledaña?	no
Aspectos financieros	¿Existe una partida presupuestaria para realizar labores de mitigación de riesgos?	no

Fuente: modificado de Larez, 2010.

CAPITULO V.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se analizarán los resultados obtenidos del cálculo de la vulnerabilidad del subsistema, así como de la identificación de las amenazas a este.

5.1. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad operativa y organizacional del ente prestador de servicio de agua potable, se evaluó a partir de la realización de encuestas cerradas. La información fue suministrada anónimamente por funcionarios de la empresa (tabla 36).

5.1.1. Vulnerabilidad operativa

Entre los elementos analizados en este parámetro, destacan la ausencia de otras fuentes alternas de abastecimiento de agua potable, la falta de procedimientos operativos de control y falta de alternativas para la mejora de estos procedimientos.

5.1.2. Vulnerabilidad sanitaria

Control de calidad del agua: este parámetro es uno de los más importantes al evaluar la vulnerabilidad general del ente prestador de servicio. La totalidad de las respuestas a las preguntas realizadas para su evaluación fue negativa, indicando la alta vulnerabilidad que repercute directamente en el consumidor, al no poseer la empresa de planes de mantenimiento, ausencia de mediciones de cloro en la red de distribución, falta de informes para la población, entre otros elementos que hacen dudar de la calidad del agua que es tratada por la empresa hidrológica.

Componente río: en la evaluación de este parámetro se tomaron factores externos que perjudican a la fuente abastecedora. Entre las respuestas negativas destacan la falta de protección jurídica en el área de ubicación de la captación, existencia de actividad

antrópica sobre la toma del dique toma, mala condición de la estructura del dique toma, entre otros elementos que perjudican las condiciones del agua a potabilizar.

Componente estanque de almacenamiento: las condiciones generales de los estanques de almacenamiento son buenas, sin embargo, se deben considerar algunos elementos como la limpieza interna y los sistemas de cierre, esto, debido a la ubicación de los mismos, ya que alrededor se ubican residencias, comercios y la carretera nacional.

Componente línea de aducción: las condiciones generales de la línea de aducción son buenas, sin embargo, se deben reparar las fugas existentes en ella, algunas causadas debido al deterioro del material y otras por intervención humana. Según los datos obtenidos de los funcionarios de la hidrológica, en el sector El Vallecito, específicamente en la invasión denominada “Los Mocaqueteros”, se han reportado varias perforaciones de la tubería matriz para el abastecimiento de las viviendas establecidas allí, lo cual evidencia la alta vulnerabilidad antrópica de la única red abastecedora de agua de la ciudad de Mérida.

www.bdigital.ula.ve

5.1.3. Vulnerabilidad administrativa

De la administración de una empresa depende el éxito de muchas de sus actividades. El contar con una gestión clara brinda tanto a los empleados como al público en general confianza en ella, lo cual es un elemento fundamental en el momento de hacer frente a un evento adverso. Al evaluar la vulnerabilidad administrativa, destacan ciertos elementos como la falta de fondos de capitalización, que serían utilizados en reparaciones o en la ejecución de proyectos, así como la falta de sistemas de gestión de empresas. De manera positiva, resaltan la existencia de planes de trabajo anual y la existencia de programas de capacitación, sin embargo estos no son realizados de manera periódica o son dados al personal nuevo ingreso.

5.1.4. Vulnerabilidad de la red

La red de aducción y distribución son elementos fundamentales para la correcta distribución del agua potable. Al tener un sistema lineal, que depende de solo una línea de conducción, es indispensable que esta se encuentre en las mejores condiciones posibles. Al evaluar este parámetro se hallan variables que causan alarma, como la inexistencia del catastro de redes, que algunos (o todos) los componentes del sistema hayan sobrepasado su vida útil y la existencia de fugas dentro de la red.

5.1.5. Vulnerabilidad sísmica

El cálculo de la vulnerabilidad sísmica se realizó para identificar aquellas características intrínsecas en una estructura que pueden potenciar un desempeño inadecuado durante un sismo (López, et al. 2014). Según los resultados obtenidos, los índices con valores más elevados fueron los asociados a la norma utilizada y la topografía.

Tabla 36. Valores más altos obtenidos del cálculo de los índices asociados a la vulnerabilidad.

Edificación	I ₁ Antigüedad y norma utilizada	I ₂ Tipo estructural	I ₃ Irregularidad	I ₄ Topografía	I ₅ Grado de deterioro
Planta de potabilización "Dr. Enrique Bourgoin"	0,50	0,41	0,10	0,80	0,23
Estanques de almacenamiento o- Estación de bombeo "La Vuelta de Lola"	0,50	0,40	0	0,50	0

Fuente: elaboración propia (2023).

En el índice asociado a la antigüedad, según Hernández (2009), Coronel y López (2013) en López et al. (2014), se da la mayor ponderación a las construcciones diseñadas con normas antiguas, las cuales poseen menor resistencia, rigidez y capacidad de disipación de energía que las diseñadas con normas modernas. La construcción de la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín, inicio en el año 1972, mientras que los estanques de almacenamiento de la Vuelta de Lola en el año 1973. En la actualidad mantienen buenas condiciones en su estructura.

El índice de vulnerabilidad asociado a la topografía y drenajes, dan valores más altos a las ubicadas cerca de bordes de talud, debido a una potencial falla de estabilidad en ellos, especialmente cuando no están protegidos por obras de contención (López, et al. 2014).

En este orden de ideas, la ubicación de ambas estructuras no supera los 40 metros del borde del talud, destacando que, en la terraza de El Vallecito, en el lugar de ubicación de la planta de potabilización, el talud tiene hasta 80 metros de altura y sufre un progresivo retroceso a causa de la erosión producto de la descarga de agua proveniente de la planta, mientras que los estanques de almacenamiento se encuentran cerca de la corona del deslizamiento La Vuelta de Lola, que permanece activo (figura 29).



Figura 29 Cercanía al talud de las estructuras que forman parte del subsistema Mucujún izquierda, estanques de almacenamiento La Vuelta de Lola, derecha planta de potabilización Dr. Enrique Bourgoín. **Fuente:** elaboración propia (2023). Imagen extraída de google earth 2023.

Como se menciona en el capítulo IV, la mayor inestabilidad en la terraza de Mérida (asumida para la terraza de El Vallecito), a partir de la ocurrencia de un evento sísmico, será en los bordes de talud, hasta una distancia aproximada de 60 metros. Tal escenario, provocaría serios daños a las estructuras ubicadas en esta franja, pudiendo ser de moderados a graves, inclusive hasta la pérdida total de las mismas.

Además de ello, la ocurrencia de eventos asociados a la incidencia de un sismo, como movimientos de masa podrían afectar los bordes de talud de la terraza, inclusive modelarlos totalmente.

En este orden de ideas, por las características de la terraza de El Vallecito, Jiménez y Arismendi (2009), en su trabajo de investigación, señalan a la ubicación de la planta de potabilización como un área de peligro muy alto, por la predominancia de canales de erosión sobre materiales no consolidados.

Mientras que los estanques de almacenamiento ubicados en la Vuelta de Lola podrían sufrir daños de consideración, debido a la cercanía de estos a la corona del deslizamiento la Vuelta de Lola, en la cual se asienta parte de la vía que conduce a El Valle y varias viviendas del sector San Benito.

Teniendo en cuenta que, sobre la masa deslizada se encuentra la línea de aducción que conduce el agua potabilizada hacia la ciudad de Mérida. El consecuente deslizamiento de esta masa, supondría la pérdida de la línea de aducción y afectación de los estanques, lo que llevaría a la paralización de la distribución de agua potable debido a la linealidad y falta de componentes resilientes en el.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del cálculo de las vulnerabilidades del subsistema Mucujún (tablas 37,38).

Tabla 37. Resultados del análisis de vulnerabilidades del subsistema Mucujún

Componentes			Vulnerabilidad	resultado
Río Mucujún	70		Operativa	75
Estanque almacenamiento	60		Sanitaria	100
Red	50		Captación	60
Sumatoria	60		Componentes	60
			Administrativa	63
			Red	100
			Sísmica	57

Sísmica	
Planta p.	40
Estanques	34
Sumatoria	57

Fuente: elaboración propia (2023).

Tabla 38. Resultados obtenidos del cálculo de la vulnerabilidad al sistema

Tipo de vulnerabilidad	Resultados	
Administrativa	9,45	
Operativa	11,25	
Infraestructura	25	
Sanitaria	25	
Sísmica	11,4	
sumatoria	82,1	vulnerabilidad muy alta

Fuente: elaboración propia (2023).

Se obtuvieron valores muy altos de vulnerabilidad por componente, así como a nivel general. Los resultados obtenidos, permitieron determinar los componentes más vulnerables dentro del subsistema, pudiendo crear para cada uno de ellos medidas correctivas, lo cual permitiría disminuir su vulnerabilidad.

Cabe destacar que los componentes identificados son vitales para el buen funcionamiento de la empresa hidrológica, tanto en el área operativa como en la administrativa (tabla 39).

Tabla 39. Componentes más vulnerables identificados dentro del subsistema Mucujún

Componente vulnerable	Amenaza	Medida Correctiva
Calidad Del Agua	Contaminación del agua	Contar con diversas opciones de desinfección del agua
	Calidad del agua fuera de los parámetros, que puede provocar problemas de salud, demandas legales, entre otros	Crear bitácoras que contenga fecha, hora y sitio de toma de muestra, con el fin de documentar diariamente el cloro residual en la red de distribución
Financiero	Perdidas de dinero por diversos factores	Realizar auditorías externas a las cuentas vinculadas a la recaudación
Planificación	Ineficiencia en la ejecución de proyectos	Realizar un plan operativo anual acorde a las condiciones de la empresa hidrológica, teniendo en cuenta principalmente las formas de financiamiento, talento humano entre otros factores
Administración	Aumento de la morosidad por fallas en el servicios	Elaborar planes de suministro de agua a través de cisternas u otro medio que permita cubrir las demandas, sincerando las tarifas de acuerdo a los días sin servicio
Operativo	No hay garantías de la calidad del trabajo por falta de personal técnico calificado	Realizar catastro de redes así como la capacitación del personal para la correcta manipulación de los componentes del sistema

Fuente: elaboración propia (2023).

A su vez, se calculó para cada uno de ellos la probabilidad de impacto de la amenaza identificada, el grado de consecuencia y el nivel de riesgo calculado (tabla 40).

Tabla 4o Probabilidad de impacto de la amenaza, grado de consecuencia y nivel de riesgo en los componentes más vulnerables.

Componente	Amenaza	Probabilidad de Impacto	Grado de Consecuencia	Nivel De Riesgo
Calidad Del Agua	Contaminación del agua	Muy Alta	Muy Grave	Severo
	Calidad del agua fuera de los parámetros, que puede provocar problemas de salud, demandas legales, entre otros	Muy Alta	Muy Grave	Severo
Financiero	Perdidas de dinero por diversos factores	Alta	Grave	Severo
Planificación	Ineficiencia en la ejecución de proyectos	Moderado	Grave	Moderado
Administración	Aumento de la morosidad por fallas en el servicios	Moderado	Grave	Moderado
Operativo	No hay garantías de la calidad del trabajo por falta de personal técnico calificado	Muy Alta	Muy Grave	Severo

Fuente: elaboración propia, 2023.

5.2. Amenaza

En esta sección, se evaluó el grado de exposición de cada amenaza identificada a los distintos componentes que forman parte del subsistema Mucujún, como son el dique toma, planta de potabilización Dr. Enrique Bourgoín, línea de aducción y estanques de almacenamiento La Vuelta de Lola, determinando a partir de la probabilidad de ocurrencia y el nivel de consecuencia y el nivel de riesgo en cada uno de ellos (tabla 41).

Tabla 4.1. Análisis de la amenaza al subsistema.

Detonante	Amenaza	Grado de exposición	Componentes expuestos	Daños probables	Nivel de probabilidad	Nivel de consecuencia	Nivel de riesgo
Sismo/ precipitaciones	Movimientos de masa hacia el cauce principal y en los afluentes principales	Alta	Subcuenca	1. Deterioro del agua a causa de la gran cantidad de sedimentos en suspensión. Colmatación de los sedimentadores	Alta	Alta	Moderado
		Media	Captación	2. Pérdida de cobertura vegetal, cambios en el cauce del río Mucujún Atascamiento frecuente			
Sismo/ precipitaciones	Movimientos de masa en la terraza del Vallecito	Alta	Conducción dique toma-Planta potabilizadora	Afectación parcial o total de la línea de conducción	Muy Alta	Muy Alta	Muy Severo
		Alta	Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin	Afectación de la estructura de la planta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Severo
		Alta		Falla en el suministro de energía eléctrica	Alta	Media	Moderado

Sismo	Sismo de moderada/ alta intensidad	Alta	Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin	Daños de la vía principal del sector El Vallecito	Alta	Alta	Moderado
		Alta	Línea de aducción	Daños en la vía principal de la ciudad de Mérida	Muy Alta	Muy Alta	Muy Severo
Sismo/ precipitaciones	Deslizamiento La Vuelta de Lola	Alta	Línea de aducción	Afectación total o parcial	Muy Alta	Muy Alta	Muy Severo
		Alta	Posible obturación del cauce principal del río Mucujún		Alta	Alta	Severo
			Estanques de almacenamiento la Vuelta de Lola	Perdida de parte de la estructura, daños a componentes esenciales	Muy Alta	Muy Alta	Muy Severo
Antrópico	Fuga de gas cloro	Alta	Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin	Paralización de las labores de potabilización	Muy Alta	Muy Alta	Muy Severo
		Alta	subcuenca	Afectación de la población aledaña a la planta potabilizadora. 2. Daños a las actividades	Alta	Muy Alta	Severo

				agrícolas, pecuarias, así como a animales silvestres y vegetación autóctona.			
--	--	--	--	--	--	--	--

Fuente: modificado de TAHAL (1999).

5.3. Gestión del ente prestador del servicio ante emergencias

La evaluación de este parámetro, se realizó a partir de considerar una serie de indicadores, elaborados por Larez (2010), los cuales permitieron realizar un sondeo general de la gestión de la empresa prestataria del servicio de agua potable (tabla 42).

Tabla 42. Evaluación de la gestión del ente prestador del servicio ante emergencias

Parámetro	Criterio De Evaluación	Respuesta	Valoración
Protocolos internos de respuesta sectorial (50%)	¿Existe un plan de emergencia ante la ocurrencia de un evento adverso?	no	0
	¿Se tienen identificadas las fuentes alternas de agua en caso de emergencia?	no	0
	¿Posee mecanismos alternativos de generación eléctrica?	si	5
	¿Se tiene un plano actualizado del sistema y sus accesorios?	no	0
	¿Están identificados los componentes más vulnerables del sistema?	no	0
	¿ se realizan jornadas de divulgación y simulacros?	no	0
	¿Existe un procedimiento establecido para declarar la existencia de emergencia dentro del sistema de agua potable?	no	0
	¿Existe un procedimiento establecido de información a la población?	no	0

	¿Existen protocolos para el abastecimiento de agua potable?	si	5
	¿La empresa cuenta por personal capacitado para la evaluación del sistema post evento?	si	5
Recursos disponibles (20%)	¿El ente prestador de servicio de agua potable está dotada con dispositivos de comunicación para la transmisión de información?	no	0
	¿Existen canales dentro del ente para el acceso a recursos económicos para la ejecución de actividades durante y después del evento?	no	0
Aspectos sociales (10%)	¿Se realizan abordajes comunitarios para difundir los mecanismos de acción ante la ocurrencia de un evento?	no	0
Protocolos externos para el abordaje de la emergencia (20%)	¿Existen canales de comunicación con otros entes estatales y nacionales?	si	7
	¿Existen acuerdos con entes comerciales para la adquisición de bienes y servicios para el abordaje de la emergencia?	no	0
	¿Existen protocolos para el suministro de agua potable a zonas o entes priorizados?	si	7
		Sumatoria 29	
		Gestión regular	

Fuente: elaboración propia, 2023.

En base a la evaluación de los criterios para la atención del ente prestador de servicio ante emergencias, se obtiene que la gestión del ente prestatario del servicio de agua potable es regular con niveles de deficiencia en algunos procesos.

Es sabido que el objetivo principal de un ente administrador del servicio de agua potable es luego de garantizar el suministro de agua en calidad, cantidad y frecuencia (regularidad), preservar la salud de la población servida y de sus empleados, por lo que este tipo de resultados, no es muy alentador, sabiendo las condiciones de alta vulnerabilidad del subsistema, así como las deficiencias actuales a nivel operativo e institucional, aunado a la alta probabilidad de ocurrencia de las amenazas estudiadas.

En este orden de ideas, la apreciación objetiva de una deficiente gestión o ausencia manifiesta en situaciones de emergencia o extraordinarias, puede además de no dar garantía del suministro del vital servicio hasta conducir a la pérdida de vidas humanas luego de un evento que involucre peligro o riesgo, debido a la poca capacidad directiva que conduzca a la administración eficiente y eficaz del vital líquido de manera segura y rápida.

Según el Alto comisionado de las Naciones Unidas para los refugiados (United Nations High Commissioner for refugees) en CONAGUA (2015b), la población debe tener acceso en caso de emergencias de al menos siete (7) litros día por persona durante un corto periodo de emergencia (72 horas). Por su parte Winsor y Adams (2002), ob cit, señalan que esta cantidad pudiese llegar hasta quince (15) litros por persona, incluyendo hidratación, aseo personal y preparación de alimentos (tabla 43)

Tabla 43. Dotación sugerida de agua según el Alto comisionado de las Naciones Unidas para los refugiados.

Necesidades de agua en situaciones de emergencia	Dotación sugerida de agua		Observación
	Cantidad mínima (l/hab/día)	Cantidad máxima (l/hab/día)	
Asegurar la supervivencia (hidratación/preparación básica de alimentos)	2,5	3	Depende de la condiciones climáticas y la fisiología de cada individuo
Prácticas de higiene básicas	2	6	Depende de las normas culturales
Prácticas para cocinar	3	6	Depende del tipo de alimentos así como de las normas sociales y culturales

Fuente: Modificado de Winsor y Adams (2002) en CONAGUA (2015b).

Para Venezuela, durante la atención a la población por la ocurrencia de eventos adversos extraordinarios, según datos de Protección civil (comunicación personal, 2023), se debe garantizar un suministro mínimo de veinte (20) litros por persona al día para satisfacer las demandas básicas de cada individuo.

Para los centros sanitarios, como hospitales, red ambulatoria, clínicas, entre otros, el manual para situaciones de emergencia de ACNUR (Astorga, 2011), plantea que estos deben tener un suministro ininterrumpido de cuarenta (40) a sesenta (60) litros por paciente al día, mientras que los centros de alimentación entre veinte (20) a treinta (30) litros por persona al día.

En este orden de ideas, se estima que el subsistema Mucujún abastece actualmente alrededor de doscientas mil personas (unos 52.630 hogares), que, en una situación de emergencia, según Astorga (2011), tendrían una demanda de agua potable de 3001,5 m³/día (tabla 44), por lo que, se necesitarían disponer de hasta treinta y ocho (38) camiones cisternas operativos, asumiendo que cada uno de ellos pueda realizar hasta ocho viajes diarios de unos 10.000 litros/viaje.

Tabla 44 . Demanda de agua potable por sectores en caso de emergencia.

Estanque de almacenamiento	Sectores más importantes	Población estimada	Demanda de agua en casos de emergencia (l/s)
Hoyada de Milla	Hoyada de Milla, Milla, Belén, Av. Universidad, todo el Casco Central de la ciudad, Las Heroínas, Cruz verde, Paseo de Las Ferias, Plaza El Llano, parte de Av. Las Américas	31500	5,5
Av. Don Tulio Febres Cordero (1 y 2)	Glorias Patrias, Av. Urdaneta, Mercado Periférico, Av. 16 de Septiembre, Santa Elena, Hospital, Campo de Oro, El Encanto, Parte alta de Av. Andrés Bello, Santa Juana, Las Delias, San Antonio	35500	6,2

Los Corrales	Av. Andrés Bello, Las Tapias, La Sabana, La Estancia, Carrizal B	16500	2,9
San José 1 y 2	Av. Los Próceres, Parte baja de Av. Las Américas, Humboldt, Belensate, La Mata, La Linda, La Floresta, Santa Bárbara	35500	6,2
Vuelta de Lola 1 y 2	Vuelta de Lola, Parte alta de Av. Universidad, Hoyada de Milla, Chorros de Milla, La Milagrosa, Santa Maria Norte y Sur	21600	3,8
Deposito 1 y 2	Parte Alta Av. Los Próceres, Santa Ana, Santa Anita, Res. Domingo Salazar, Av. Las Américas, El Campito, Alto Prado, El Caucho, Mercado Principal, San José, Av. Cardenal Quintero, Los Sauzales, El Rodeo	18500	3,2
La Parroquia	Carrizal A, La Parroquia, Alto Chama, La Mara, Zumba	16000	2,8
La Hechicera	La Hechicera hasta conexión con Av. Los Próceres.	6000	1,0
Los Curos 1 y 2	Los Curos	14000	2,4
	total	194600	34 l/día

Fuente: modificado de Astorga (2011).

Tomando estos valores como referencia, la empresa Aguas de Mérida C.A, posee una flota de tres camiones cisternas, con una capacidad de 10.000 y 8.000 litros, abasteciéndose del agua potabilizada de la planta Dr. Eduardo Jáuregui ubicada en el sector Hoyada de Milla, la cual actualmente se abastece del río Albarregas.

Según los técnicos operadores de la empresa Aguas de Mérida, cuando se han suscitado fallas en la distribución del servicio de agua potable, se prioriza el Hospital Universitario de Los Andes, haciendo cierres de válvulas en las adyacencias a este centro asistencial, presurizando así, la línea que surte a los estanques de la avenida Don Tulio Febres Cordero.

Tal situación se ha presentado en varias oportunidades, dos de ellas recientemente por reparación de la línea de aducción en la entrada de la ciudad en el sector La Vuelta de Lola, en ambas ocasiones se ha paralizado el servicio durante cuatro (4) días.

Las ultimas, se han suscitado debido a la paralización de las operaciones en la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín por la alta tasa de turbidez del agua, debido al aporte de sedimentos del movimiento de masa en la microcuenca El Escorial al caudal del río Mucujún (durante el año 2023 se suscitaron más de 10 situaciones).

Según la Organización Mundial de la salud (s/f), en caso de ocurrencia de un desastre, la respuesta inmediata se debería reducir a un máximo de tres días. TAHAL (1999), realizó unas estimaciones de recuperación del sistema de acuerdo al impacto en cada uno de sus componentes, los tiempos esperados de respuesta se muestran en la tabla 45:

Tabla 45. Tiempo de recuperación de componentes del sistema en situaciones de peligro y emergencias

Amenaza	Componentes expuestos	Daños probables	Tiempo de recuperación (TR)
Sismo	Subcuenca	Movimientos de masa hacia el cauce principal y en los afluentes principales (produciendo deterioro del agua)	2 semanas
	Captación	Atascamiento frecuente	1 semana
	Conducción dique toma Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín	Rotura	4 días
	Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín	Movimientos de masa en el talud del río Mucujún que afectarían la estructura de la planta;	2 meses
		Falla en el suministro de energía eléctrica	5 días

		Daños de la vía principal del sector El Vallecito	2 semanas
	Planta potabilizadora- estanques de almacenamiento la Vuelta de Lola	Perdida de la línea de aducción por activación del deslizamiento La Vuelta de Lola	4 semanas
Movimientos de masa en la terrazza del Vallecito	Subcuenca	Posible obturación del cauce principal del río Mucujún	1 semana
	Dique-Toma	Daños en la estructura del dique toma	1 semana
	Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín	Perdida de parte de la estructura, daños a componentes esenciales	2 meses
	Planta potabilizadora- estanques de almacenamiento la Vuelta de Lola	Daños en la línea de aducción. Posible pérdida de la misma.	4 semanas
Deslizamiento La Vuelta de Lola	Subcuenca	Obturación del cauce principal del río Mucujún	2 semanas
	Dique-Toma	ninguno	-
	Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín	ninguno	-
	Planta potabilizadora- estanques de almacenamiento la Vuelta de Lola	Perdida de la línea de aducción. Posibles daños en la estructura de los estanques de almacenamiento	4 semanas
Movimiento de masa en microcuenca El Escorial	Subcuenca	Perdida de cobertura vegetal, cambios en el cauce del río Mucujún	Indefinido
	Dique-Toma	Obstrucción por la cantidad de sedimentos de diversos tamaños. Colmataciones de los sedimentadores	1 semana
	Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín	Paralización de las labores de potabilización	12 horas-1 día
	Planta potabilizadora- estanques de almacenamiento la Vuelta de Lola	ninguno	-
	Subcuenca	Afectación de la población aledaña a la planta	4 horas

Fuga de gas cloro		potabilizadora. Daños a las actividades agrícolas, pecuarias, así como a animales silvestres y vegetación autóctona.	
	Dique-Toma	ninguno	-
	Planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoin	Paralización de las operaciones. Posible afectación a los trabajadores de turno	4 horas
	Planta potabilizadora-estanques de almacenamiento la Vuelta de Lola	ninguno	-

Fuente: modificado de TAHAL (1999).

5.4. Análisis de los resultados de evaluación de la gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable

A partir de una serie de preguntas diseñadas teniendo como base el trabajo de Larez (2010), se evaluó la gestión prospectiva o correctiva del ente prestador de servicio de agua potable (tabla 46):

Tabla 46. Evaluación de la gestión prospectiva y correctiva del ente prestador de servicio de agua potable

Gestión Prospectiva			
Parámetro	Criterio	Respuesta	Valoración
Consideraciones de diseño	¿Se tiene acceso a sistemas alternos de energía eléctrica para el correcto funcionamiento de la planta de potabilización?	si	10
	¿Se consideró el uso de materiales flexibles y resistentes de acuerdo a las condiciones in situ?	no	0
	¿Se contempló la protección de las estructuras de factores externos, ambientales o antrópicos?	no	0

	¿Existen accesos alternos a las estructuras del subsistema, como dique toma y planta de potabilización?	no	0
Aspectos financieros	¿Se ha estimado la relación costo beneficio de una posible adecuación de los componentes del subsistema Mucujún?	no	0
Gestión correctiva			
Parámetro	Criterio	Respuesta	Valoración
Funcionalidad del subsistema	¿Están las estructuras u componentes del subsistema protegidos mediante obras de ingeniería?	no	0
	¿Los componentes del sistema están adecuados a las condiciones in situ?	no	0
Aspectos sociales	¿Se dictan talleres a la comunidad aledaña sobre conservación, amenazas sanitarias entre otras?	si	10
	¿Se realizan actividades de mitigación en conjunto con la comunidad aledaña?	no	0
Aspectos financieros	¿Existe una partida presupuestaria para realizar labores de mitigación de riesgos?	no	0
		Sumatoria 20/100	
		Gestión deficiente	

Fuente: elaboración propia (2023).

La evaluación de la gestión prospectiva y correctiva de la empresa Aguas de Mérida dio como resultado **Deficiente**, porque prácticamente no existe ni está contemplada en los planes operativos anuales de la empresa, siendo así que fueron respondidas de manera afirmativa dos de las preguntas formuladas. Estos datos demuestran la poca y ausente capacidad de gestión de riesgos que posee el ente prestador de servicio de agua potable.

Además, de que refuerza los resultados presentados en los párrafos anteriores en donde se obtuvieron altos niveles de vulnerabilidad, baja o ausencia de capacidad de respuesta ante la ocurrencia de eventos extraordinarios o que conlleven a peligro asociados a las amenazas identificadas y la falta de preparación a lo interno en la empresa para hacer frente a emergencias o situaciones extraordinarias que comprometan su funcionalidad y operaciones de sus procesos.

En este orden de ideas, los datos recabados a partir del análisis de cada parámetro supra descrito, fueron fundamentales para la identificación y el diseño de un conjunto de acciones correctivas y prospectivas, que de ser aplicadas se estima podrán ayudar a mejorar sustancialmente las condiciones del entorno físico, de las estructuras, maquinarias y edificaciones, y de las labores operativas y de gestión del funcionamiento y administración en general del ente prestador de servicio de agua potable de la ciudad de Mérida.

5.5. Acciones correctivas y prospectivas en el ámbito institucional y gubernamental

Al conocer el grado de vulnerabilidad en cada área y proceso de la empresa hidrológica, el nivel de riesgo al que está expuesto cada componente del subsistema, la gestión actualmente deficiente en torno a la gestión de riesgos y al no existir una fuente que tenga la capacidad de sustituir el suministro de 1200 l/s que aporta el río Mucujún para el abastecimiento de agua potable de la población de la ciudad de Mérida, se consideró una serie de propuestas de acciones prioritarias divididas según la competencia de cada gerencia general dentro de la institución, además de otras actuaciones que involucran coordinaciones con otros organismos y deben ser tratadas a nivel gubernamental.

Las acciones propuestas fueron diseñadas con el fin de minimizar los niveles de riesgo que actualmente muestran los componentes evaluados. Si bien, muchas de estas acciones en su implementación resultan complejas y costosas debido a que atenderían daños esperados por la ocurrencia de cualquiera de los eventos evaluados y medidos anteriormente, hay otras que se enfocan en capacitar y dar condiciones de seguridad a el capital humano de la empresa hidrológica, lo cual es y será fundamental para garantizar la funcionalidad operativa y administrativa de la empresa y con ello el suministro seguro, regular y en las condiciones óptimas de cantidad y calidad del agua potable que demanda la ciudad de Mérida (tabla 47).

Tabla 47. Línea de acciones preventivas y correctivas a implementar en la empresa Aguas de Mérida C.A para atender el subsistema Mucujún

Ámbito	Medida	Estratégica	Táctica	Emergencia
Gerencia General Integral de Obras	Sistema de alerta temprana	x	x	x
Presidencia/ Gubernamental	Coordinación interinstitucional y ciudadana	x		x
Gerencia General Integral de Obras	Búsqueda de nuevas fuentes	x		
Gerencia General Integral de Obras	Obras de captura y regulación del movimiento de masa de la microcuenca El Escorial	x		
Gerencia de tecnología de la información	Información a la población	x	x	x
Gerencia General Integral de Obras	Educación a los funcionarios.	x		x
Gerencia General de Ingeniería y Operaciones	Mantenimiento de equipos de emergencias ante riesgos sanitarios	x		
Gerencia General de	Redundancia en el sistema.	x		x

Ingeniería y Operaciones/ Gerencia General Integral de Obras				
Gerencia General de Ingeniería y Operaciones	Manteamiento y adecuación de los equipos de potabilización	x		
Gerencia de Planificación Presupuesto de Organización y Sistemas	Generar un fondo de reserva para eventos extraordinarios	x		
Gubernamental	Calidad del agua	x		x
Gubernamental	Pago por servicios ambientales hidrológicos	x		
Gubernamental	Cambio de usos definidos en el reglamento de la subcuenca del río Mucujún	x		

Fuente: elaboración propia (2023).

5.5.1. Sistema de alerta temprana

Un sistema de alerta temprana es una herramienta técnica y operativa de planificación que permite el conocimiento de la población y de un ente o empresa sobre la exposición a una amenaza que pueda afectarlos directa o indirectamente, permitiendo así vislumbrar y proyectar condiciones y actuaciones para la reducción o mitigación del impacto de situaciones del riesgo y la preparación para diseñar y garantizar una respuesta efectiva ante su incidencia.

Para garantizar la efectividad de implementación de este sistema, deben estar involucrados la empresa a nivel de todos sus directivos y componentes técnicos operativos y administrativos, los entes suplidores de servicio público y responsables del control de la seguridad del territorio, y en particular la comunidad organizada.

En el caso de producción de agua potable del Subsistema Mucujún como parte integrante del Sistema de abastecimiento Metropolitano de Mérida, la principal amenaza actual

reconocida es el deslizamiento activo de la microcuenca El Escorial hacia la margen izquierda del río Mucujún, que, en temporada de lluvias ha demostrado tener mayor dinámica erosiva de ladera, desprendiéndose y acarreando una cantidad importante de material coloidal, sedimentos y material rocoso, que termina en el cauce del río Mucujún, y que al traspasar por la estructura del dique toma, termina depositándose y colmatando las piscinas desarenadoras, conllevando a afectar las funciones de las mismas, e inclusive obstruyéndolas obligando a la paralización de las labores de potabilización de la planta.

Este proceso hidrogeomorfológico durante el año 2023, generó varios incidentes, en los cuales se detuvieron las labores en la planta de potabilización por alrededor de doce horas continuas y la suspensión del servicio en gran parte de la ciudad de Mérida. Debido a su envergadura, las labores de recuperación mediante obras estructurales de este movimiento de masa, no están disponibles, debiendo atenderse provisionalmente con obras no estructurales mientras se van adecuando los espacios para establecer obras de estabilización de laderas y cauce y de ingeniería de control de acarreo y depósito de material desprendido y arrastrado las cuales se estiman tienen un alto costo económico.

Sin embargo, se considera conveniente y recomendable que se implemente a la brevedad un sistema de alerta temprana, que le permita a los técnicos y operadores del dique toma y la planta de potabilización prepararse y tomar las medidas de adaptación y mitigación para que por lo menos no haya daños en las estructuras que forman parte de la captación y primera fase de conducción del agua hasta la planta de potabilización.

Para ello, es fundamental, la consolidación de equipos comunitarios en conjunto con equipos de la hidrológica Aguas de Mérida C.A y de otros entes gubernamentales para un correcto y asertivo monitoreo de la subcuenca sobre las cotas próximas al dique toma.

5.5.2. Coordinación interinstitucional y ciudadana

La integración de diversas instituciones nacionales y municipales, así como ciudadanía es fundamental para la preparación previa y postevento ante la ocurrencia de un evento

geosísmico, hidrogeomorfológico o geomorfológico que pudiese afectar a cualquiera de los componentes que integran el subsistema Mucujún.

El estudio y evaluación de las experiencias en cuanto a la capacidad prospectiva ante diversas amenazas naturales y tecnológicas en países latinoamericanos como México, Ecuador y Perú, confirman la viabilidad y el éxito de este tipo de planificación, ya que permite una coordinación integral y mancomunada que no trabaja de manera lineal, dependiendo de solo un ente o equipo, sino, como una red institucional y operativa que puede hacer frente a cualquier evento que conlleve a peligros o situaciones de riesgo ya que posee los conocimientos y las herramientas para ejecutar las labores que sean requeridas.

5.5.3. Búsqueda de nuevas fuentes

Como es sabido, el depender actualmente más del 80% de la población y actividades de la ciudad de Mérida de solo una fuente abastecedora de agua potable, como es el río Mucujú, coloca a la ciudad en gran vulnerabilidad, por ello que se requiere la ubicación de otras fuentes de abastecimiento. Tal situación fue abordada en el *Plan Maestro del Abastecimiento de agua para la Ciudad de Mérida*, elaborado por TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD e HIDROANDES en el año 1999., en la que se determinó a partir del cálculo de la demanda de agua (85% de confiabilidad), el déficit máximo hasta el año 2020 (tabla 48).

Tabla 48 Déficit máximo determinado por año periodo 1998-2020 en la ciudad de Mérida

Año	1998	1999	2000	2005	2010	2015	2020
Déficit máximo (l/s)	Opción con mejoras en la medición y pérdidas físicas						
	547	569	605	550	674	702	723
	Opción sin mejoras en la medición y pérdidas físicas						

	547	601	671	963	1205	1331	1456
--	-----	-----	-----	-----	------	------	------

Fuente: TAHAL, 1999.

En base a esos valores referidos, se analizaron varias fuentes, siendo las más idóneas la quebrada La Mucuy y el río Mucunután, ambos ubicados en la vertiente derecha de la Sierra de Nevada de Mérida en jurisdicción del municipio vecino Santos Marquina.

Sin embargo, en la actualidad, estas fuentes propuestas hace poco más de veinte (20) años en el plan maestro de abastecimiento (TAHAL, 1999), presentan un grado de intervención similar al de la subcuenca Mucujún, encontrándose en ellas actividades netamente rurales, con deficiencia en los servicios públicos, específicamente en el tratamiento de aguas servidas, así como actividad agraria pecuaria y psicola, con cierto nivel comercial.

En la búsqueda de nuevas fuentes alternas, es preciso evaluar otras unidades hídricas ubicadas al margen derecho del río Chama.

5.5.4. Obras de captura y regulación en el movimiento de masa de la microcuenca El Escorial

El aporte de sedimentos del movimiento de masa de la microcuenca El Escorial, ha hecho que los sistemas desde el dique toma hasta la planta de potabilización trabajen de manera deficiente, acortando la vida tanto de las tuberías como de los sistemas desarenadores hasta llegar al incremento del uso de sulfato de aluminio en un 250%.

Es así, que Díaz (2023), en su trabajo de investigación, propone diferentes medidas estructurales y de bioingeniería para la retención o minimización del aporte de sedimentos del movimiento de masa ubicado en la microcuenca El Escorial al cauce principal del río Mucujún. Entre las medidas se encuentran:

- **Plazoletas de sedimentación:** implica excavar en el cono “fosas o cavidades” de cierto volumen capaz de retener sedimentos no controlados aguas arriba.

- **Diques marginales/terminales:** ubicados en la zona distal de los conos de deyección, los cuales permitirán capturar el material sedimentario y el material vegetal proveniente de las áreas alta y media de la microcuenca. La construcción de esta obra, evitaría que lleguen al cauce principal del río Mucujún, impidiendo de esta manera alterar la dinámica natural del mismo.
- **Medidas de Bioingeniería:** aplicada en las márgenes de las vertientes de la microcuenca para generar protección adicional del flujo de sedimentos en el cono de deyección. Utilizando una planta como el bambú, que funciona como un muro de contención, que a través del paso del tiempo se convierte en una fuerte barrera vegetal que permite la recuperación del espacio. La combinación de esta planta de bambú junto con vetiver, sembradas en forma de hileras (faginas), retarda y evita la erosión del suelo y formar barreras de retención de sedimentos, además de que la planta de vetiver posee la capacidad de descontaminar el agua.



Figura 30. Posible ubicación de medidas estructurales (en verde y amarillo) y de bioingeniería (en rojo) sobre deslizamiento El Escorial.

Fuente: Díaz, 2023.

5.5.5. Información a la población

La población tiene derecho a estar informada sobre las eventualidades que ocurren en la fuente abastecedora de agua potable, así como en las estructuras que son parte del sistema abastecedor. El informar periódicamente de las condiciones ambientales de unidad hidrográfica, de las características del agua antes y después del tratamiento de potabilización, entre otra información, brindan seguridad a la población.

En la actualidad hay múltiples plataformas que pueden ser utilizadas para llegar al público, como las redes sociales, boletines digitales, televisión, radio o medios impresos.

Estas actividades hacen que la ciudadanía creé sentido de pertenencia con el ente prestador del servicio de agua potable y con la fuente de suministro, lo cual es invaluable al momento de atender y afrontar una emergencia por la ocurrencia de un evento extraordinario adverso, sea este natural o antrópico.

5.5.6. Educación a los funcionarios de la empresa

El contar con equipo técnico capacitado en entes prestadores de servicios básicos es fundamental, debido a la importancia de los estudios previos (especialmente técnico medio o superior, universitario, postgrado), así como de la experiencia y experticia de estos para realizar correctamente las labores diarias.

Se pueden contabilizar múltiples casos en los que malas decisiones o el mal manejo de equipos ha llevado a que surjan problemas que terminan afectando aún más al ente prestador y al usuario. Un ejemplo de ello, es la manipulación errónea de los sistemas cloradores en una planta de potabilización o limpiezas parciales del cauce y sedimento en áreas de captación.

Es así, que la educación continua del personal de empresas prestadoras de servicio de agua potable es un factor determinante en el éxito de las funciones diarias, así como una herramienta de gestión preventiva y prospectiva ante los escenarios de riesgos

identificados y aún más a manejarse en forma eficiente y efectiva frente a una contingencia o situación de emergencia.

5.5.7. Mantenimiento de equipos de emergencias ante riesgos sanitarios

Entre las amenazas identificadas, se encuentra la fuga de gas cloro, siendo una de las situaciones peligrosas tanto para los técnicos operadores como para la población circundante, debido a los afectos adversos que surgen a partir del contacto con este gas.

Por ello, es fundamental que el personal conozca los protocolos a seguir en caso de presentarse la emergencia sanitaria, además de contar con los equipos de protección y seguridad dentro de las instalaciones, específicamente en la planta de potabilización.

Según información ofrecida por el personal de la empresa Aguas de Mérida C.A (de manera anónima), no se han realizado capacitaciones al personal y tampoco cuentan con los equipos de protección para hacer frente a este tipo de emergencias.

Tales aseveraciones ponen en riesgo la seguridad de los técnicos operarios, así como de la población que se encuentra dentro del área de afectación realizada a través del programa Aloha, descrita en el capítulo IV.

5.5.8. Redundancia en el sistema

El contar con solo una fuente abastecedora para cubrir la demanda de agua potable de más del 80% de la población de la ciudad de Mérida, la vuelve muy vulnerable ante la ocurrencia de un evento adverso, sumado a la poca preparación del ente prestador de servicio de agua potable, que incluye la falta de planes para emergencias, pocas unidades cisternas y falta de personal técnico especializado.

Es por ello, que la ubicación de nuevas fuentes y la construcción de las obras de infraestructura que permitan el abastecimiento de la población es prioritario. Deben en lo inmediato, tomar la decisión de incorporar nuevas fuentes e iniciar la construcción de un nuevo acueducto. Es manifiesto que el río Mucujún ya no garantiza más del 60% del

consumo actual de la ciudad y las fuentes secundarias como Albarregas y La Pedregosa apenas cubren otro 20%.

5.5.9. Manteamiento y adecuación de los equipos de potabilización

El mantener y adecuar las actividades de potabilización a los parámetros internacionales, contando con equipos actualizados es una obligación del ente prestador de servicio. Los equipos obsoletos o que han sobrepasado su vida útil comprometen los parámetros de calidad en la potabilización del agua., situación que repercute en la población abastecida del vital líquido a través de enfermedades gastrointestinales, cutáneas, entre otras.

5.5.10. Generar un fondo de reserva para eventos extraordinarios

Diversos autores en Latinoamérica señalan la importancia de tener un fondo de reserva para eventos extraordinarios en entes prestadores de servicio de agua potable, lo cual ofrece múltiples beneficios para atender con rapidez y efectividad la emergencia.

Sin embargo, señalan que el mantener un fondo de reserva requiere de generar herramientas para la generación de este fondo, sea a través de la recaudación, créditos a otros entes gubernamentales e inclusive al sector privado o a nivel internacional. Aunado a ello, de requerirse debe operar bajos niveles burocráticos para el acceso a él en casos de emergencia.

5.5.11. Calidad del agua

La subcuenca del río Mucujún ha tenido un crecimiento anárquico, que se ha exacerbado en los últimos años, aun, contando con legislación que promueve la regulación y control de actividades de uso del suelo como las residenciales comerciales, turísticas y agropecuarias.

Sin embargo, esta unidad hidrográfica mantiene un carácter marcadamente rural, en cuanto a equipamiento de servicios públicos y vialidad, lo cual aumenta la posibilidad de impactos no previstos de dichas actividades al comprometer usos del agua y con ello la

sustentabilidad de esta subcuenca como fuente abastecedora de agua potable para la ciudad de Mérida.

Los más de 30 centros poblados que se encuentran en ella no poseen sistemas de aguas servidas, por lo que las descargas se realizan a pozos sépticos, o directamente al cauce del río Mucujún o sus tributarios comprometiendo la calidad de las aguas.

Si bien la creciente demanda interna de agua para consumo por más de 12.000 habitantes que residen en la subcuenca, más del 80% de ellos ubicados aguas arriba de la boca toma del acueducto de El Vallecito, está afectando el caudal del río Mucujún, pero la contaminación del agua por restos humanos y químicos no se está atendiendo y ello es un tema de preocupación.

Según Molina (1988), la cantidad de coliformes fecales para ese año, medidos antes de la ubicación del dique toma fue de hasta 25000 NMP por cada 100 ml (figura 31), esta medida, en términos bacteriológicos, sobre pasa significativamente los valores considerados como limitantes para su potabilización (Estévez, s/f).

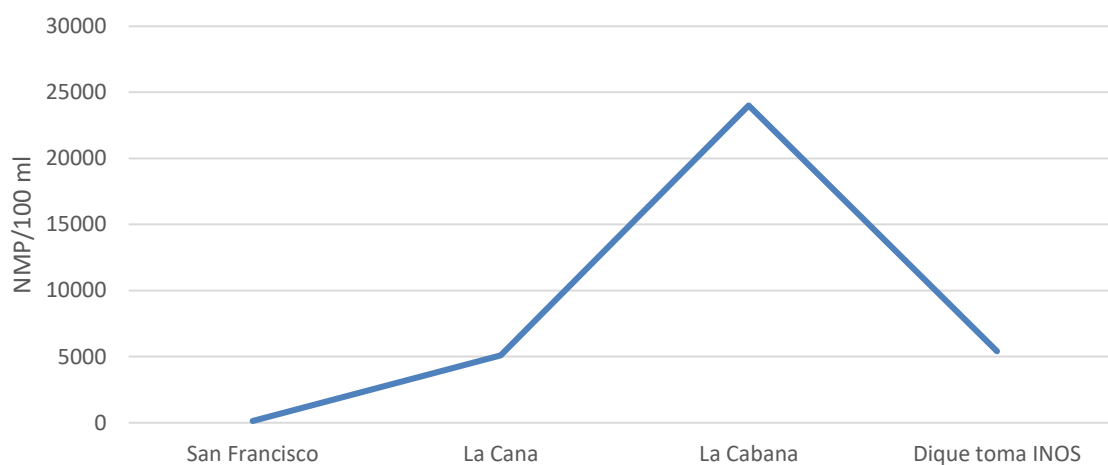


Figura 31. Gráfico de coliformes fecales para el año 1988 en el río Mucujún.

Fuente: Molina (1988).

Según la norma para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos (1985), el agua para que sea considerada potable no puede

tener más de 10000 NMP por cada 100 ml de coliformes, entre más alto es el número, el tratamiento de potabilización es más costoso e inclusive riesgoso para la salud pública.

En otro orden de ideas, el constante aporte de sedimentos provenientes del movimiento de masa de la microcuenca El Escorial, ha desmejorado las características físicas del agua a tratar, debido a la gran cantidad de sedimentos finos y gruesos que transitan en el cauce principal del río Mucujún desde su reactivación en octubre de 2022. Registrando un aumento de hasta 580% en los promedios de turbiedad del agua a ser tratada en la planta potabilizadora (Díaz, 2023).

Es por ello, que el autor (ob. cit), señala que desde octubre del 2023 se han incrementado el uso de sulfato de aluminio para el tratamiento del agua en la planta potabilizadora Dr. Enrique Bourgoín en un 250% respecto a la cantidad utilizada en periodos de lluvia antes de la reactivación del movimiento de masa en octubre 2022, alcanzando a duplicar los valores promedios en comparación con otros años lluviosos.

Es importante destacar en este punto, que diversos investigadores en el área de la salud, han realizado estudios sobre los posibles riesgos del tratamiento de agua potable con sulfato de aluminio en localidades españolas, determinando que el riesgo de contraer Alzheimer en poblados con alto contenido de aluminio en el agua ($>0,1$ mg/l) es mayor, que en zonas con agua no contaminada.

Si bien la cantidad de $0,1$ mg/l es relativamente baja comparándola con la cantidad de aluminio que se consume a través de los alimentos y medicamentos ($2-6$ mg/día), su ingesta diaria y absorción, aumentan los riesgos a largo plazo (Kuprat, 2019).

5.5.12. Pago por servicios ambientales hidrológicos

Según Chafra y Ceron (2016), el pago por servicios ambientales hidrológicos son un instrumento económico de gran utilidad, que permite obtener ingresos para la protección, mantenimiento y sostenibilidad de los recursos naturales.

Si bien la base jurídica venezolana no plantea el pago de servicios ecosistémicos, la Constitución Nacional (1999), promulga la responsabilidad compartida entre el Estado y los ciudadanos para la protección del ambiente, la promoción de la participación local en el manejo y planificación del uso de los recursos naturales y la distribución equitativa de los beneficios de bienes y servicios que de ellos se deriven (Pérez, 2006).

El recaudo por costos ambientales de los usuarios del agua dentro de la subcuenca del río Mucujún, permitiría invertir en la protección de esta unidad hidrográfica, dando herramientas financieras al Estado para actuar a través de la legislación existente, o a partir de la creación de nuevos instrumentos, ordenando las actividades antrópicas, evitando nuevos impactos ambientales y disminuyendo los ya existentes que afecten directamente los beneficios económicos del servicio ambiental prestado, en este caso la generación de agua potable para la ciudad de Mérida.

5.5.13. Modificación en la configuración de zona ABRAE de la subcuenca y en su reglamento de uso

La declaración de la zona protectora de la subcuenca del río Mucujún data del año 1985, en ese momento habitaban en ella aproximadamente cinco mil (5000) personas, concentradas en catorce (14) asentamientos (MARN, 1985 en Colmenares 2018). En 2017 se contabilizaron once mil personas aproximadamente, alojadas en treinta y cuatro (34) asentamientos (Colmeranes, 2017, ob cit). Díaz (2023), contabiliza el cambio de uso en la subcuenca del río Mucujún, hasta el dique toma, obteniendo los siguientes valores (tabla 49):

Tabla 49 Cambio de uso y cobertura de la tierra, entre los años 2003 y 2022 en la subcuenca del río Mucujún

Uso y Cobertura de la tierra	Año 2003 (Km²)	%	Año 2022 (Km²)	%
Afloramiento rocoso	21,38	15	21,38	15
Bosque	28,15	19	22,94	16

Bosque ripario	3,02	2	3,52	2
Cultivo	3,17	2	6,13	4
Herbazal	4,89	3	2,36	2
Matorral	46,15	31	45,38	31
Paramo	35,99	25	35,99	24
Rural Concentrado	3,87	3	8,92	6

Fuente: Díaz, 2023.

Tales comparaciones las realizo a partir del uso de imágenes satelitales de los años 2003 y 2022 en los que se observaron cambios importantes hacia las áreas más cercanas al cauce principal, perdiendo áreas de bosque ripario y bosque primario, siendo sustituidas por uso rural concentrado (que engloba áreas de desarrollo residencial, turístico y recreativo) y áreas de cultivo. Este grado de intervención repercute directamente en la capacidad de infiltración de agua en los suelos. Aumentando la escorrentía y a su vez la erodabilidad de los suelos. Además de la contaminación del agua a causa del mal manejo de las aguas residuales producto del crecimiento anárquico de la población, así como el uso de agroquímicos y fertilizantes en la actividad agrícola.

Diversos investigadores han acotado que las actividades antrópicas de estos últimos años están comprometiendo esta unidad hidrográfica al punto de generar un desmejoramiento de la calidad del agua tanto del cauce principal, así como en sus tributarios.

Esteves et al. (2018) en Colmenares (2018), señalan que durante los treinta años de regulación, en la subcuenca se han construido hasta dos mil (2000) edificaciones, entre viviendas residenciales y de descanso, hoteles, posadas, comercios, instalaciones recreacionales y oficinas gubernamentales.

Las actividades diarias de la población, así como de las usadas como estancias temporales, estarían consumiendo alrededor del 50% (2,3 m³/seg), del caudal promedio/día que dispone el río Mucujún y sus principales tributarios (4,1 m³/seg). Aunado a ello, las actividades agrícolas y pecuarias que estarían utilizando hasta 0,60

m³/seg, lo que significa que alrededor del 75% de la producción hídrica de la subcuenca se está quedando en ella. El restante 25% sería captado por la hidrológica Aguas de Mérida C.A para su potabilización y distribución del 80% de la población de la ciudad de Mérida, colocando en riesgo el caudal ecológico de este importante afluente.

Debido al grado e intervención del que ha sido objeto esta subcuenca, en el año 2015, el entonces Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, realiza un diagnóstico de las condiciones de la subcuenca para promover la modificación del reglamento de uso, sin embargo, para el año en curso, aún no ha habido avances en pro de actualizar la legislación de esta importante unidad hidrográfica.

www.bdigital.ula.ve

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo de este trabajo de investigación fue analizar la gestión de riesgos en entes abastecedores de agua potable, teniendo como caso de estudio al acueducto de Mérida, subsistema Mucujún, integrante del sistema de abastecimiento Metropolitano de la ciudad de Mérida-Venezuela, debido a la importancia que este tiene para la ciudad, siendo el principal proveedor de agua de consumo.

A partir del análisis de las vulnerabilidades físicas, operativas y administrativas, del diagnóstico de las amenazas a los componentes del sistema, de la evaluación de la gestión ante emergencias, así como de la gestión prospectiva y correctiva, se obtuvieron resultados interesantes que vale la pena abordar en este capítulo.

A continuación, se presentan una serie de conclusiones estructuradas por fases, producto de los resultados obtenidos a partir de la aplicación del procedimiento metodológico.

6.1. De las vulnerabilidades

Los resultados obtenidos del análisis de las vulnerabilidades, destaca la falta de preparación en todos los estratos y procesos de la empresa prestataria del servicio. Entre los componentes más vulnerables se encuentran la calidad del agua, debido a la contaminación de la misma sobre la cota del área de captación, producto de los altos niveles de intervención y contaminación de las aguas de los afluentes tributarios y del cauce principal del río Mucujún.

Así mismo, destaca la deficiente planificación operativa de mediano y largo plazo, con la ineficiencia en la ejecución de proyectos, en la que solo la existencia de un plan operativo anual no favorece que se cumplan las actividades necesarias para el mejoramiento de las

condiciones del acueducto principal, si no se cuentan con los recursos para su ejecución y el personal técnico capacitado para tal fin.

Es necesario agregar, que la desconfianza del usuario al ente prestador de servicio, debido a la poca capacidad de respuesta ante emergencias, y a la falta de información veraz y oportuna, lo cual se refleja en cierta morosidad de los pagos y la mala política de subsidio que mantiene en gruesos sectores populares de la ciudad.

Al realizar el análisis de la probabilidad de impacto a los componentes más vulnerables (tabla 40, capítulo V), se obtuvieron resultados que oscilan entre muy alto y moderado, lo que conlleva y se traduce en un grado de amenaza muy grave y grave, indicando que las repercusiones tanto al sistema en todas sus fases operacionales y administrativas, como al ciudadano son de consideración si no se realizan con prioridad los correctivos necesarios y demandados con urgencia.

6.2. De las amenazas

El diagnóstico de las amenazas geológico-geomorfológicas al sistema, permitió hacer una caracterización detallada de los procesos que pudiesen afectar en mayor o menor medida los componentes del subsistema Mucujún, así como el determinar la mayor tasa de exposición y los daños probables (tabla 41, capítulo V).

Entre ellos, destaca la alta probabilidad de ocurrencia de movimientos de masa sobre el área de captación como el ubicado en la microcuenca El Escorial, en la vertiente izquierda de la subcuenca, el cual afecta seriamente la calidad del agua a potabilizar, debido a la cantidad de sedimentos que este lleva al cauce principal del río Mucujún y ha obligado a la paralización del servicio de suministro a gran parte de la ciudad en forma reiterativa.

Una de las amenazas identificadas fue la sísmica o geosísmica, lo cual permitió determinar que un sismo de mediana- alta magnitud, podría afectar a todo el subsistema y ocasionar daños colaterales tales como la activación de procesos geomorfológicos del tipo caída de roca en los bordes de talud y la activación del movimiento de masa de La

Vuelta de Lola, lo cual podría significar la pérdida total de la línea de aducción, así como de la principal vía que conecta a la ciudad de Mérida con el resto del país.

También, se reconoció la existencia de amenazas antrópicas, vinculadas con la fuga de gas cloro, lo cual causaría daños irreparables a los trabajadores de la planta potabilizadora, así como a la población circundante y al ecosistema. Dentro de los escenarios planteados por Barahona, et al. (2021), destaca la proliferación de gases tóxicos, formando una nube de hasta 9,8 kilómetros longitud y 0,3 kilómetros de ancho desde el punto de fuga, expandiéndose desde la planta de potabilización hasta el centro de la ciudad (figura 28, capítulo IV).

6.3. De la gestión ante contingencias y situaciones de emergencias

Esta variable, fue evaluada a partir de una serie de indicadores, resultado en una gestión regular por parte de la empresa abastecedora al hacer frente a las emergencias. Se determinó que, de acuerdo a la población abastecida por el subsistema Mucujún, se requiere una media de 34 l/día por sector, según las necesidades de agua de la población en situaciones de emergencia, por lo que, se necesitarían de hasta treinta y ocho (38) camiones cisternas, asumiendo que cada uno de ellos pueda realizar hasta ocho viajes diarios de 10.000 litros cada viaje.

Actualmente la empresa posee tres camiones cisternas con una capacidad de 10.000 y 8.000 litros, abasteciéndose del agua potabilizada de la planta Dr. Eduardo Jáuregui ubicada en el sector Hoyada de Milla, la cual se abastece del río Albarregas. No se evaluó si habría agua suficiente de esta fuente para atender una situación de emergencia mayor a las 72 horas.

Es importante destacar el tiempo de recuperación de los componentes del sistema, particularmente en algunos procesos operacionales y estructuras que, según la amenaza,

la ubicación y los daños esperados, se estiman entre cuatro horas a dos meses (tabla 45, capítulo V).

6.4. De la gestión prospectiva y correctiva

La valoración de esta variable, se realizó a través de los parámetros diseñados por Larez (2010), resultando una gestión deficiente del ente prestador de servicio. Lo cual, corrobora los resultados obtenidos en el análisis de las vulnerabilidades y en la evaluación de la gestión del ente prestador del servicio de agua potable ante emergencias.

6.5. De las acciones prospectivas y correctivas realizadas

El fin último de este trabajo fue la identificación y propuesta de un conjunto de acciones que pudiesen ser aplicadas por la empresa hidrológica, así como por los entes que están vinculados en mayor o menor medida en la protección de la subcuenca como generadora de agua potable para la ciudad de Mérida.

Cada uno de los componentes evaluados fueron insumos para la creación de estas acciones que pueden aplicarse a corto, mediano y largo plazo (tabla 47, capítulo V).

Cabe destacar, que la coordinación interinstitucional es fundamental para la aplicabilidad de estas acciones, así como la comunicación y participación de la ciudadanía. Estando muchas de ellas condicionadas a la capacidad de endeudamiento y de generación de recursos financieros que la empresa debe volver a tener a partir de una mayor independencia de gestión administrativa.

6.6. Recomendaciones

A continuación, se presentan sugerencias y recomendaciones en torno a la investigación realizada.

Debido a la importancia actual del subsistema Mucujún en el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Mérida, es imperativo la realización de estudios detallados, proyectos de ingeniería y búsqueda de recursos para proteger a los componentes identificados con alto grado de vulnerabilidad. Considerando que este sistema abastece a las mas del 80% de la población de la capital merideña (aproximadamente doscientas mil personas) y que los tiempos de recuperación estimados para atender una contingencia o emergencia para el subsistema oscilan entre cuatro horas a dos meses.

Es prioritaria la búsqueda de nuevas fuentes abastecedoras, haciendo relación entre las condiciones de sitio: geológicas, geomorfológicas, hidrológicas y sísmicas, insertando así la gestión prospectiva en la proyección de los nuevos sistemas de acueducto.

Finiquitar las modificaciones a la legislación para la subcuenca del rio Mucujún, debido al alto grado de intervención en ella y las altas tasas de contaminación en sus aguas.

Realizar un proyecto de ordenamiento territorial que permita que las actividades socioeconómicas que se realizan dentro de la subcuenca migren hacia la sustentabilidad del entorno.

La empresa Aguas de Mérida, como ente rector del abastecimiento de agua potable en el estado Mérida, debe prever recursos (económicos, humanos y materiales) para la atención a contingencias y emergencias, tomando en cuenta que existen áreas que no pueden prescindir del vital líquido, como hospitales, ambulatorios, clínicas entre otros. El mejoramiento de la gestión ante emergencias puede significar en el aumento o disminución de pérdidas humanas y materiales en caso de un evento adverso en la ciudad.

Es indispensable que la empresa Aguas de Mérida C.A, desarrolle planes de capacitación regulares a los funcionarios técnicos, administrativos y operativos. Además de simulacros ante la ocurrencia de las múltiples amenazas identificadas en el subsistema Mucujún. Esto, con el fin minimizar las posibilidades de accidentes dentro de la institución,

considerando la cantidad de productos nocivos que se manejan ella (como el cloro y el sulfato de aluminio), además, de garantizar la mayor cantidad de personal capacitado ante la ocurrencia de un evento adverso.

En este orden de ideas, se requiere que la institución diseñe y disponga de planes periódicos de monitoreo e inventario de los componentes del sistema (catastro de redes), lo cual será un insumo indispensable ante la ocurrencia de un evento adverso.

Considerar la integración interinstitucional, a nivel estatal, nacional e internacional para la construcción de una vía alterna a la ciudad de Mérida, así como de una nueva ubicación de la línea de aducción del acueducto principal y la incorporación de nuevas fuentes de abastecimiento a la ciudad preferiblemente en otro subsistema.

Para finalizar, en concordancia con las palabras de Astorga (2011):

“La sostenibilidad de un ente prestador del servicio de agua potable depende de la capacidad de reconocer las debilidades y fortalezas dentro de la institución y en el sistema”.

Procurando, a partir de ello, buscar alternativas o soluciones en pro de la comunidad que de ellos depende.

Referencias citadas

AGUAS DE MÉRIDA C.A (2023). Filosofía de gestión [online] [citado 2023-12-19], Disponible en: <http://www.aguasdemerida.com.ve/wordpress/index.php/filosofia-de-gestion/>

AGUAS DE MÉRIDA C.A (2023). Informe de inspección realizado al deslizamiento aguas arriba del dique toma Mucujún, sector La Carbonera, finca El Escorial, parroquia Gonzalo Picón Febres, municipio del estado Bolivariano de Mérida.

AGUAS DE MANIZALES. 2016. Plan de seguridad del agua. Documento final.

ARIAS, F. 1999. El proyecto de investigación. Guía para su elaboración. Tercera edición. Editorial Episteme. Caracas, Venezuela.

ARANGUREN, R. 2018. Aportes para la integración de estudios de zonificación de amenazas naturales en la gestión urbana del municipio Libertador del estado Mérida. trabajo especial de grado para optar al título de Magister Scientiae en Gestión de Riesgos Socionaturales. Universidad de Los Andes.

ARISMENDI, J. & JIMÉNEZ, V. 2009. Sectorización para amenazas naturales basada en criterios geomorfológicos: movimientos en masa e inundaciones. El Vallecito, estado Mérida. Informe Técnico.

ASTORGA, A. 2011. Resiliencia sísmica del sistema de acueductos de la ciudad de Mérida. Proyecto del trabajo especial para optar al grado de especialista en gestión de sistemas de abastecimiento, recolección y tratamiento de aguas. Universidad de Los Andes. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial.

AYA-PNUD. 2019. Herramienta GIRA. Guía de gestión integral de riesgos para ASADAS. Costa Rica.

AYALA, R. s/f. Deslizamiento de la vuelta. Material de aula.

BAHARONA, N; TIXI, H; GARMENDIA, H. 2021. Fugas de gas cloro: estudio de los escenarios usando el software ALOHA. Polo de conocimiento. Edición número 59, volumen 6 numero 6. Pp 1063-1077.

BID. 2019. Guía para la gestión del riesgo en sistemas de agua potable y saneamiento ante amenazas naturales.

CAMPOS, A-, HOLM-NIELSEN, N; DIAZ, C; RUBIANO, D; COSTA, C; RAMIREZ F, DICKSON E. 2012. Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas. Banco Internacional de reconstrucción y Fomento. Banco Mundial región de América Latina y El Caribe.

COLMENARES, Y. 2004. Diagnóstico de la subcuenca del río Mucujún. Aguas de Mérida, C.A.

COLMENARES, M. 2018. Diagnostico evaluativo con fines de ordenamiento territorial de la red de asentamientos de la zona protectora subcuenca río Mucujún, estado Mérida. Trabajo que se presenta para optar al grado de Magister Scientiarum en Análisis Espacial y Gestión del Territorio. Universidad Central de Venezuela.

COMISIÓN EUROPEA DE AYUDA HUMANITARIA; CARITAS FRANCE; CARITAS DE VENEZUELA; PROTECCIÓN CIVIL Y ADMINISTRACIÓN DE DESASTRES. 2010. Informe país Venezuela 2010.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA). 2015a. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Integración de un organismo operador. Tomo I. Gobierno de México.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA). 2015b. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Establecimiento de medidas preventivas, de seguridad y diseño de obras de protección de la infraestructura de agua potable en situaciones de emergencia. Tomo III. Gobierno de México.

CONSORCIO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES-AMÉRICA LATINA. 2012. Perú: gestión de riesgo de desastres en empresas de Agua y Saneamiento. Tomo I: perfil de riesgo catastrófico, medidas de mitigación y protección financiera. Caso Sedapal y Emapica. Programa de agua y saneamiento del banco mundial. Lima, Perú.

COORDINADORA NACIONAL PARA LA REDUCCION DE DESASTRES (CONRED). 2011. Política nacional para la reducción de riesgo a los desastres en Guatemala.

COOPERACIÓN SUIZA EN AMÉRICA CENTRAL. 2013. Guía para la reducción de la vulnerabilidad en sistemas de agua potable y saneamiento.

CONTRERAS, I., GRASES, J., GRASES, G. 1997. Vulnerabilidad de los sistemas de agua potable frente a deslizamientos. Estudio de caso. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud.

CHACON R., GIRAUD, L., PAEZ, L., PEREZ, A., PUJAICO, J. 2017. Guía para la gestión de riesgos de desastres urbanos.

CHAFLA, P. & CERON, P. 2016. Pago por servicios ambientales en el sector del agua: el Fondo para la Protección de Agua. Tecnol. cienc. agua [online]. 2016, vol.7, n.6 [citado 2023-12-17], pp.25-40. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000600025&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2007-2422.

DIAZ, O. 2023. Evaluación y mejoras de las estructuras hidráulicas para la producción de agua cruda en la captación del río Mucujún, municipio Libertador, estado Mérida. Trabajo Especial que se presenta ante la ilustre Universidad de Los Andes como requisito parcial para optar al grado de Magister en Desarrollo de los Recursos de aguas y tierras, mención: "obras hidráulicas. Centro interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial. Universidad de los andes, Mérida, Venezuela (Inédito).

ESTEVEZ, R. s/f. la cuenca del Mucujún y el futuro del agua potable para Mérida. Mancomunidad de Consejos Comunales de El Vallecito, Mérida. Proyecto de desarrollo integral y sostenible.

FONDO PARA EL LOGRO DE LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO DEL MILENIO (FIODM), 2011. Guía local para la prevención-mitigación de vulnerabilidades y control de desastres hidrometeorológicos. Naciones Unidas.

FUNVISIS, 2011. Índices de priorización de edificios para la gestión del riesgo sísmico, segunda versión. Informe técnico. Departamento de ingeniería Sísmica. Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología, Caracas, Venezuela.

HERNÁNDEZ, N. 2018. La planificación y la gestión del agua. Fundación Nueva Cultura del Agua. (On Line) <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/la-planificacion-y-gestion-del-agua-en-espana>

JIMÉNEZ, V. & ARISMENDI J. 2009. Sectorización para amenazas naturales basada en criterios geomorfológicos. Movimientos en masa e inundaciones. El Vallecito, estado Mérida. Informe técnico.

JIMÉNEZ, I & TORRES, F. 2012. Análisis de los efectos d sitio en la zona norte de la ciudad de Mérida a través del método de elementos finitos. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero geólogo.

KUPRAT, M. 2019. El sulfato de aluminio en el agua es un peligro. (On Line) <https://www.agua-viva.info/blog/el-sulfato-de-aluminio-en-el-agua-es-un-peligro-n22>

LAFFAILLE, J. 1996. Escenario sísmico de la ciudad de Mérida. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Escuela de Estadística.

LA-ROCA, F. 2018. El agua ¿mercancía o patrimonio eco-social?. Fundación Nueva Cultura del Agua. (On Line) <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/la-economia-del-agua/el-agua-mercancia-o-patrimonio-eco-social>

LA MARCA, E. 1997. Origen y evolución geológica de la cordillera de Mérida, Andes de Venezuela. Cuadernos de la Escuela de Geografía N° 1. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes.

LAREZ, N. 2010. Desarrollo de un instrumento para valorar los niveles de gestión institucional de riesgos mediante el uso de indicadores. Caso de estudio sector agua y saneamiento del área metropolitana de la ciudad de Mérida, estado Mérida, Venezuela. Trabajo de grado para optar al título de magister Scientae en Gestión de Recursos Naturales Renovables y Medio Ambiente.

LÓPEZ, O; CORONEL G; ROJAS R. 2014. Índices de priorización para la gestión del riesgo sísmico en edificaciones existentes. Revista de la Facultad de Ingeniería UCV, Vol. 29 N° 4. Pp 107-126.

MANZUR, C. 2002. Gestión del riesgo en los sistemas de agua potable, alcantarillado y Saneamiento. III curso internacional micro zonificación y su aplicación en la mitigación de desastres. Lima, Perú.

MINISTERIO DE ATENCIÓN DE LAS AGUAS. 2023. Informe de inspección al movimiento de masa en la microcuenca el Escorial, subcuenca del río Mucujún, Mérida.

MINISTERIO DE ATENCIÓN DE LAS AGUAS. 2023. Mapa de la microcuenca el Escorial, subcuenca del río Mucujún, Mérida

MOLINA, Y. 1988. Estudio de la calidad del agua del río Mucujún en base a la determinación de características físicas, químicas y bacteriológicas.

NAVA, R. 2009. Estimación de espesores de sedimentos a partir de modelado gravimétrico con fines de microzonificación sísmica: área metropolitana de la Ciudad de Mérida, Estado Mérida. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero geólogo.

NIETO, M. & VERA, M. 2012. Simulación geomecánica del subsuelo ante movimientos sísmicos en las adyacencias de los tanques de agua potable al norte de la ciudad de Mérida. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero geólogo.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 1998. Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Guías para el análisis de vulnerabilidad. Washington, D.C.

ORGANIZACIÓN PARAMERICANA DE LA SALUD (OPS). 2004. Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento: guía para una respuesta eficaz. Segunda edición.

OSPINO, H; PAREDES D; PEÑA, K; RUJANO, M; VERGARA L. 2012. Aproximación de unidades ambientales y determinación de la capacidad de acogida, como ejercicio de planificación territorial en la subcuenca del río Mucujún, parroquia Gonzalo Picón Febres del municipio Libertador del estado Mérida, Venezuela. Revista Ecodiseño & sostenibilidad. 4 (1) 2012.

PEREZ, J. 2006. La experiencia venezolana en esquemas de pagos por servicios ambientales. Informe para el proyecto CI-CIFOR sobre la factibilidad de PSA en el corredor Norandino.

www.bdigital.ula.ve

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAD PARA EL DESARROLLO (PNUD). 2012. Conceptos generales sobre gestión del riesgo de desastres y contexto del país. Experiencias y herramientas de aplicación a nivel regional y local. Chile.

PROTECCIÓN CIVIL MÉRIDA, 2017. Descripción del movimiento de masa en la microcuenca el Escorial (imagen).

PROTECCIÓN CIVIL MÉRIDA, 2018. Caracterización del deslizamiento La Vuelta de Lola (imagen).

RAMÍREZ, 2005. Zonificación geomorfológica utilizando el concepto de estabilidad relativa aplicado a la microcuenca Los Tapiales, río Mucujún, El Vallecito, estado Mérida-Venezuela. Revista Geográfica Venezolana 46 (2).

REPÚBLICA DE VENEZUELA. 1985. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.

REPÚBLICA DE VENEZUELA. 1986. Reglamento de la Zona Protectora de la Sub-cuenca del Río Mucujún. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 3922 extraordinario del 13 de octubre de 1986.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. 2000. Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Gaceta oficial N° 5.443 Extraordinario. Caracas, 24 de marzo.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. 2007. Ley de Aguas. Gaceta oficial N° 35.595 Caracas, 2 de enero.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. 2009. Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y tecnológicos. Gaceta oficial N° 39.095. Caracas, 9 de enero.

RENGIFO, M; ARANGUREN R; LAFFAILLE J. 2006. La falla Albarregas: determinación de su traza mediante la detección de gas radón.____(On Line)
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So798-40652006000400009

REES, J. 2002. Riesgos y gestión integrada de recursos hídricos. Global Water Partnership.

RODRÍGUEZ, C. 2012. Conflictos socioambientales en El Vallecito, municipio Libertador, estado Mérida. Trabajo de grado para optar al título de Magister en Ordenación del Territorio y Ambiente. Universidad de los Andes, Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales.

SORIANO, L. 2018. Nuevas consideraciones en la gestión de los servicios del agua en las ciudades. Fundación Nueva Cultura del Agua. (On Line) <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/el-agua-en-el-medio-urbano/nuevas-consideraciones-en-la-gestion-de-los-servicios-del-agua-en-las-ciudades>

SUÁREZ, J. 1998. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. UIS.

TAHAL CONSULTING ENGINEERS, LTD. 1999. Proyecto MERBAR I y II. Hidrológica venezolana, Aguas de Mérida, C.A.

VALERA, R. 2007. Algunos aspectos de susceptibilidad y vulnerabilidad del sector San Benito: caso deslizamiento La Vuelta. Municipio Libertador, estado Mérida. Trabajo de grado para optar al título de geógrafo. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela de Geografía.

VIVAS, EDWIS. 2002. Análisis de vulnerabilidad sísmica del acueducto de la ciudad de Mérida. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT)

www.bdigital.ula.ve