

Universidad de los Andes
Facultad de Ciencias forestales y Ambientales
Escuela de geografía



ZONIFICACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES Y
NIVELES DE VULNERABILIDAD ANTE
AMENAZAS DEL TIPO MOVIMIENTOS DE MASA
Y DESBORDES POR CRECIDAS, EN EL
TRAYECTO URBANO DE LA QUEBRADA MILLA
(PARROQUIA MILLA, EDO. MÉRIDA)

Trabajo presentado como requisito para optar al título de Geógrafo

Autor: Juan C. Yee S.
Tutor principal: Rubén Ayala

Mérida - Venezuela, 2008

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	II
CAPITULO I: TEMATICA DEL PROBLEMA	
1.1 Introducción.....	1
1.2 planteamiento y justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Especificos.....	3
1.4 Antecedentes.....	4
1.5 Marco conceptual.....	8
CAPITULO II: DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	
2.1 Localización del área de estudio.....	12
2.1.1 Ubicación.....	12
2.1.2 Extensión.....	12
2.1.3 Limites.....	12
2.2 Características Físico Naturales.....	14
2.2.1 Geología.....	14
2.2.2 Geomorfología.....	16
2.2.3 Hidrografía.....	18

2.2.4 Suelos.....	18
2.2.5 Vegetación.....	19
2.2.6 Clima.....	21
2.2.6.1 Temperatura.....	21
2.2.6.2 Precipitación.....	22
2.2.7 Uso Actual de la Tierra.....	24
2.2.8 Características Socio Económicas.....	25

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1. Procedimientos Metodológicos.....	26
3.2 Análisis de susceptibilidad.....	28
3.2.1 Definición de los criterios para determinar la susceptibilidad ante amenazas del tipo movimientos de masa.....	28
3.2.2 Definición de los criterios para determinar la susceptibilidad ante amenazas del desborde por crecidas.....	29
3.3 Análisis de vulnerabilidad.....	29
3.3.1 Determinación de los niveles de vulnerabilidad física ante amenazas del tipo movimientos de masa y crecidas por desborde.....	32
3.4 Etapas para cumplir con los procedimientos metodológicos propuestos.....	34
3.4.1 Revisión Información existente: bibliográfica y Cartográfica.....	34
3.4.2 Fotointerpretación.....	34
3.4.3 Visitas a Campo.....	35
3.4.4 Elaboración cartográfica.....	35

CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Niveles de susceptibilidad a movimientos de masa.....	36
4.1.1 Pendiente.....	36
4.1.2 Condiciones geológicas y geomorfológicas.....	36
4.1.3 Niveles de susceptibilidad.....	43
4.2 Niveles de susceptibilidad a desbordes por crecidas.....	45
4.2.1 Análisis morfométrico.....	46
4.2.1.1 Relación de forma	46
4.2.1.2 Red de drenaje.....	47
4.2.1.3 Pendiente media de la cuenca.....	48
4.2.1.4 Pendiente media del cauce principal.....	49
4.2.2 Capacidad hidráulica.....	52
4.2.3 Criterios para la determinación de niveles de susceptibilidad a desbordes por crecidas.....	61
4.3 Niveles de vulnerabilidad física.....	62
4.3.1 Tipología constructiva.....	62
4.3.2 Criterios para definir los niveles de vulnerabilidad física.....	64
4.4 Vulnerabilidad social.....	68
CONCLUSIONES GENEREALES.....	77
RECOMENDACIONES.....	80
APENDICES.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS.....	98

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de movimientos de masa de acuerdo a Varnes 1978....	9
Cuadro 2. Coordenadas Geográficas y UTM del área de estudio.....	12
Cuadro 3. Unidades Estratigráficas presentes en el área de estudio.....	16
Cuadro 4. Especies vegetales presentes en la microcuenca quebrada Milla.....	21
Cuadro 5. Precipitación media mensual (mm) estación Santa Rosa período (1967-1988).....	23
Cuadro 6. Clasificación utilizada para elaborar el mapa de pendiente.....	27
Cuadro 7. Criterios para definir los niveles de susceptibilidad.....	30
Cuadro 8. Clasificación de las edificaciones de acuerdo a su tipología, materiales de construcción y grado de vulnerabilidad.....	32
Cuadro 9. Criterios para definir los niveles de vulnerabilidad.....	33
Cuadro 10. Pesos asignados para la ocurrencia a deslizamientos para definir el nivel de susceptibilidad baja.....	43
Cuadro 11. Pesos asignados para la ocurrencia a deslizamientos para definir el nivel de susceptibilidad media.....	44
Cuadro 12. Pesos asignados para la ocurrencia a deslizamientos para definir el nivel de susceptibilidad alta.....	45
Cuadro 13. Algunas características de la red de drenaje de la microcuenca de la quebrada Milla.....	47
Cuadro 14. Distancia por cada curva de nivel.....	49
Cuadro 15. Características del perfil longitudinal de la quebrada Milla.....	50
Cuadro 16. Capacidad hidráulica de algunas secciones flujo consideradas como críticas.....	57

Cuadro 17. Caudales Pico de crecientes de la quebrada milla en m^3/s y considerando aporte de sedimentos	59
Cuadro 18. Descripción del grado de meteorización.....	89
Cuadro 19. Tasas de movimiento aproximadas de los movimientos de masa....	90
Cuadro 20. Escala de Velocidad de Movimientos de Masa.....	91
Cuadro 21. Posible significado destructivo de los Movimientos de Masa de acuerdo a su Velocidad.....	91
Cuadro 22. Valores relativos para la ocurrencia de movimientos de masa.....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de movimientos de masa.....	10
Figura 2. Imagen de satélite de la ciudad de Mérida, en la que muestra en el recuadro blanco la ubicación de la microcuenca de la quebrada Milla.....	13
Figura 3. Histograma de precipitación media mensual (mm) en la estación Santa Rosa, período 1967-1988.....	22
Figura 4. Precipitación anual (mm) en la estación Santa Rosa, período 1967-1988.....	24
Figura 5. Rocas de la formación Palmarito (Filitas Pizarrosas).....	37
Figura 6. Deslizamiento rotacional en la formación Palmarito.....	38
Figura 7. Muestra de rocas de la formación Mucujún (Areniscas lodolitas y conglomerados).....	39
Figura 8. Desprendimiento de roca en la formación Mucujún.....	39

Figura 9. Falla la Hechicera y derrumbes de rocas correspondientes a la formación Mucujún.....	40
Figura 10. Grava de derrumbe de suelo y roca relacionados con la formación Mucujún.....	40
Figura 11. Derrumbe de suelo y roca y flujo de detritos correspondiente a la formación Mucujún.....	41
Figura 12. Derrumbe de detritos por socavación lateral de la quebrada Milla...	42
Figura 13. Perfil longitudinal del cauce principal de la microcuenca de la quebrada Milla.....	51
Figura 14a. Sección puente de entrada al barrio San Pedro.....	53
Figura 14b. Sección puente de entrada al barrio San Pedro.....	53
Figura 15a. Sección puente de entrada a La Hechicera.....	54
Figura 15b. Sección puente de entrada a La Hechicera.....	54
Figura 16a. Sección puente más arriba de la entrada al Barrio Unión.....	54
Figura 16b. Sección puente más arriba de la entrada al Barrio Unión.....	55
Figura 17a. Sección puente de entrada al sector La Calera.....	55
Figura 17b. Sección puente de entrada al sector La Calera.....	55
Figura 18a. Sección puente de entrada vía principal los Chorros.....	56
Figura 18b. Sección puente de entrada vía principal los Chorros.....	56
Figura 19a. Sección puente de entrada al barrio San Benito.....	56
Figura 19b. Sección puente de entrada al barrio San Benito.....	57
Figura 20. Tramos de la quebrada Milla.....	58
Figura 21. Clasificación de las edificaciones de acuerdo a su tipología constructiva.....	63

Figura 22. Vivienda ubicada en sector Unión.....	65
Figura 23. Edificio ubicado en el borde del talud de la Avenida Universidad.....	65
Figura 24. Viviendas de alta vulnerabilidad debido a una alta densidad constructiva, ubicadas en el pie y borde del talud.....	66
Figura 25. Viviendas ubicadas en el talud y pie del talud del sector La Campiña.....	67
Figura 26. Viviendas ubicadas en avenida principal Los Chorros; vulnerabilidad asociada con impactos directos por desbordes.	67
Figura 27. Tipo de vivienda.....	70
Figura 28. Tipo de afectación.....	71
Figura 29. Tipo y nivel de afectación del desastre.....	72
Figura 30. Conocimiento del concepto de riesgo.....	72
Figura 31. Problemas detectados en la comunidad que generen riesgo.....	74
Figura 32 Algunas de las amenazas a que esta expuesta su comunidad.....	74
Figura 33. Actividades que el grupo familiar considera que genere riesgo.....	75
Figura 34. Entrenamiento básico para casos de emergencia.....	76
Figura 35. Lugares que la comunidad considera seguros en caso de emergencia.....	76
Figura 36. Clasificación de tipos de rocas para el área de estudio.....	88

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por ir de la mano conmigo en mi desarrollo como profesional y como persona, y ser esa fuerza de motivación para siempre avanzar y crecer.
- A la Universidad de los Andes como máxima casa de estudios y formadora de excelentes profesionales.
- Al profesor Rubén Ayala por su ayuda como guía y asesor en la conducción y finalización de este proyecto.
- Al personal de la biblioteca, mapoteca y especialmente a las señoritas Betty, Mary y Jackelin de la dirección de la escuela de geografía
- A toda mi familia que siempre estuvo pendiente en apoyarme incondicionalmente durante toda la carrera, especialmente a mi mamá.
- A mis compañeros y amigos Dayana Fernández, Jorge Márquez y Francisco contreras por su colaboración y enseñanza en la cartografía digital que sirvieron de gran ayuda en la realización de este proyecto.
- A los profesores Alejandro delgadillo, Gustavo Silva, Rosa Ramírez, Carlos Amaya, Marbella Dugarte, Carlos Ferrer en su enseñanza durante la carrera y ampliar mis conocimientos.
- Al C.D.C.H.T. (Consejo de desarrollo científico humanístico y tecnológico), por su financiamiento del trabajo especial de grado como un proyecto, lo que sirvió de mucha ayuda en la finalización del presente trabajo.
- Al personal del departamento de catastro de la Alcaldía del municipio Libertador del estado Mérida, por toda su colaboración durante mis pasantías y en el desarrollo de la tesis.
- Y el resto de personas que de alguna manera influyeron en la finalización de este proyecto.

Gracias a todos...

RESUMEN

El presente proyecto plantea la zonificación de áreas susceptibles y la evaluación de niveles de vulnerabilidad ante amenazas del tipo desbordes por crecidas y movimientos de masa, en el trayecto urbano de la quebrada Milla; la cual está ubicada al norte de la ciudad de Mérida y cubre una extensión de 198,5 ha.

Para lograr este propósito se tomó como base la metodología propuesta por Ferrer y Laffaille (2004), orientada a definir niveles de susceptibilidad, y de vulnerabilidad física basada en la tipología constructiva de cada vivienda, a su vez se analizan los aspectos más resaltantes de las condiciones geológicas-geomorfológicas, morfométricas y de pendiente en la microcuenca de la quebrada Milla para establecer el comportamiento de la misma y definir los grupos de limitantes y áreas críticas en base a los niveles de susceptibilidad. Para determinar los niveles de vulnerabilidad física se verifica la tipología constructiva de cada vivienda y a su vez, dependiendo de la ubicación se determinará cada nivel. La cartografía temática se representa a escala 1: 10.000 asistido por un Sistema de Información Geográfica (SIG). Por último, se pretende que se haga seguimiento a este tipo de estudios, y establecer mecanismos y estrategias de planificación y ordenación del territorio para el desarrollo de la región.

Palabras Claves: Susceptibilidad, Amenazas, Vulnerabilidad, Movimientos de Masa, Crecidas.

1.1 Introducción

En la actualidad, una enorme cantidad de los problemas que afectan a las sociedades humanas son causados por los fenómenos naturales, entre los que se destacan los desbordes por crecidas de los ríos y los movimientos de masa, ya que estos eventos son potencialmente destructivos. De allí surge la necesidad de evaluar áreas donde puedan suscitarse este tipo de eventos que afecten a la sociedad; teniendo en cuenta a esta como un conjunto de individuos y a las estructuras donde se desenvuelven, desarrollan y establecen.

Un ejemplo claro de los problemas suscitados por este tipo de fenómenos se vió reflejado en los desastres ocurridos en los estados, Vargas (año 1999) y Mérida (año 2003 y 2005), los cuales se vieron gravemente afectados por pérdidas en términos monetarios, de infraestructuras y de servicios así como de vidas humanas.

Tomando en cuenta que la mayoría de los asentamientos del estado Mérida están ubicados en áreas vulnerables a amenazas del tipo desbordes por crecidas y movimientos de masa, se pretende realizar una investigación prestando atención a áreas urbanas susceptibles a este tipo de amenazas y evaluar los niveles de vulnerabilidad de las comunidades que habitan dichas zonas. La evaluación de vulnerabilidad tiene como objetivo conocer y/o estimar el potencial de afectación de un fenómeno natural en un área determinada. Este tipo de estudio contribuye a orientar la ubicación de infraestructuras, líneas vitales y edificaciones esenciales, en áreas seguras.

Siguiendo estas afirmaciones, se pretende, en la medida de lo posible, llamar la atención de las instituciones públicas y privadas así como, de personas interesadas en este tipo de estudios, seguirlos y tomarlos en cuenta, de manera tal, que los responsables en la toma de decisiones puedan establecer mecanismos y estrategias de planificación y ordenación del territorio óptimos para un buen desarrollo de la región.

1.2 Planteamiento y justificación del problema

En la actualidad se presenta la problemática de encontrar viviendas y sistemas urbanos emplazados y contruidos de manera inadecuada en áreas que son potencialmente susceptibles a ser afectadas por algún tipo de evento o fenómeno natural, lo cual las hace vulnerables. Tal es el caso de las viviendas emplazadas a lo largo del trayecto urbano de la quebrada Milla las cuales en gran parte, han sido afectadas por desbordes de crecidas del cauce principal en varias ocasiones durante los últimos años; sin contar las que se encuentran ubicadas al borde y pie de los taludes, los cuales pueden verse afectadas por movimientos gravitacionales de ladera.

En este sentido, se plantea la inquietud de orientar este trabajo a la zonificación de áreas susceptibles y a la evaluación de niveles de vulnerabilidad ante amenazas del tipo desbordes por crecidas y movimientos de masa, en el trayecto urbano de la quebrada Milla sector este que incluye Los Chorros de Milla y el barrio Andrés Eloy. Se toma en consideración que el área de estudio podría ser afectada por desbordes periódicos de dicha quebrada y por movimientos de masa provenientes de los taludes, hecho este que constituye un factor de riesgo para el sector. Se debe destacar que en el área de estudio no existen estudios específicos relacionados con este aspecto.

Se pretende que a partir de este trabajo la población pueda tener acceso al conocimiento de las áreas vulnerables a los procesos o fenómenos mencionados. A su vez, permitirá establecer bases para futuros estudios de riesgo y también para evaluar otras áreas con características semejantes.

A partir de los resultados obtenidos se plantearán a instituciones públicas y privadas, encargadas de la toma de decisiones, propuestas y recomendaciones para estudios de planificación y de ordenación, y algunas sugerencias sobre la construcción de obras ingenieriles.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Zonificar áreas susceptibles a amenazas del tipo crecidas y movimientos de masa en el trayecto urbano de la quebrada Milla y evaluar la vulnerabilidad física de las viviendas ubicadas a lo largo del mismo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar y zonificar las áreas susceptibles a amenazas del tipo desbordes por crecidas y movimientos de masa en el trayecto urbano de la quebrada Milla a partir de la elaboración y superposición de los siguientes mapas temáticos:
 - Plano topográfico del trayecto urbano
 - Sectores de pendiente
 - Geología de la microcuenca
 - Geología-Geomorfología del área de estudio
- Evaluar las variables que puedan identificar niveles de vulnerabilidad como la tipología constructiva.
- Realizar encuestas sobre diagnóstico de percepción de riesgos.
- Determinar los niveles de vulnerabilidad física de las viviendas ubicadas en el trayecto urbano de la quebrada Milla.
- Establecer propuestas para la obtención de asentamientos seguros para la población; información esta que sea de fácil acceso a planificadores y a responsables de toma de decisiones.

1.4 Antecedentes

En base a la bibliografía encontrada se hará un breve recuento histórico del área de estudio para así conocer más sobre el origen de los asentamientos que se encuentran en el área.

En 1950 aún no se había poblado el área de estudio, sólo se encontraba “la Calera de los Chorros”, en el cual había un tejtar, se quemaban ladrillos y se explotaba una pequeña mina de cal. A partir del año 1959 se comienza a poblar los Chorros de Milla; en ese mismo año se destruye la antigua hacienda Santa María, la cual años después es urbanizada (1963). Es a partir de 1961, cuando el Sr. Heriberto Díaz dueño del sector, donde hoy se asienta el Barrio Andrés Eloy blanco, vende y este se comienza a habitar. En los años 1967 y 1968 se comenzó a construir la Facultad de Ingeniería forestal.

Haciendo un recuento sobre algunos hechos ocurridos que hayan afectado el área de estudio por causa de algún tipo de amenaza natural, vale la pena recordar lo sucedido el 12 de Noviembre de 1959; el desbordamiento del río Milla produciendo daños de consideración en el parque turístico. Una comisión de la Universidad de los Andes, realizó un levantamiento de este suceso presentando un informe técnico del que se concluyó lo siguiente: “el fenómeno es netamente natural aunque acrecentado por el hombre que ha eliminado el equilibrio natural y con ello ha disminuido la capacidad de infiltración y ha acrecentado el escurrimiento violento y arrastre de material, favorecido todo esto al presentarse lluvias como la que registró la estación de la Facultad de Ciencias Forestales (50,8 mm) caída entre las 20 y 22 horas del mismo día, que produjo el desbordamiento, unido a la condición de humedad antecedente, suelo saturado por lluvia caída el día anterior, agregándose a esto la alteración de la vegetación original que hubiera podido retardar el escurrimiento y dificultar el arrastre de material sólido” (Rojas, 1975; p. 11).

A su vez Silva (1990), menciona la ocurrencia de dos crecidas considerables, la primera ocurrida en la tarde del 23 de diciembre de 1985, con una magnitud inusitada para esa época, causando desbordes en diferentes tramos del sector los Chorros de

Milla; y la segunda en la noche del 12 de Septiembre de 1989, causando situaciones de alarma y daños en algunos muros en el mismo sector.

Trabajos previos realizados sobre el área de estudio:

Rojas en 1975 realizó un “análisis hidrológico forestal de la cuenca del río Milla”, en el cual se describen las características socioeconómicas y los factores físicos presentes, así como el comportamiento morfológico, siendo algunos de los factores mencionados independientes de la acción del hombre y otros influidos por él, a los cuales se presta la mayor atención. Se realiza un análisis de la cuenca en torno a los procesos y fenómenos que se dan allí, como crecidas del río, deslizamientos, entre otros. Establece una serie de propuestas para el mejoramiento de obras ingenieriles y propuestas de corrección y de sus costos.

Bautista en 1996, en su trabajo titulado “Evaluación del Deterioro Ambiental en el Trayecto Urbano del río Milla” presentó una descripción resumida de los elementos físico naturales presentes, y de una manera integral las características socioeconómicas y los grados de contaminación del agua. En este sentido estableció cuatro (4) tramos, para determinar las causas que originan el deterioro y sus consecuencias, y planteando soluciones para frenar el problema. Realizó un estudio de la condición de vida en términos de vivienda, educación, servicios básicos, salud y participación ciudadana; lo hizo a través de una encuesta diseñada con el propósito de determinar cual es la aceptación/rechazo de la comunidad ante el grado de contaminación en el río Milla; los resultados reflejaron que no es aceptable. En los tramos estudiados también se evaluaron parámetros físicos, químicos y biológicos de la calidad del agua.

Ramírez (1993), realizó, en su trabajo titulado “Inventario Integrado de Recursos Físico-naturales y Uso Actual de la Tierra en la cuenca el río Milla”, un estudio integral de varios elementos físico naturales y del uso de la tierra, lo cual permitió tener una visión de todas las variables estudiadas. El levantamiento fué realizado a través de interpretación de fotografías aéreas y visitas de campo, las cuáles proporcionaron más información sobre la dinámica actual del área estudiada; a su

vez los elementos estudiados sirvieron de base para conocer el grado de restricciones y potencialidades. En el estudio se plantean algunas conclusiones y recomendaciones como: características sobre el comportamiento de la cuenca, la presencia de los procesos geomorfológicos, especialmente los movimientos de masa.

Trabajos previos realizados sobre la temática en general:

Las investigaciones sobre las amenazas naturales, vulnerabilidad y riesgos pueden apoyarse en diversos estudios que permiten avanzar en su identificación y el análisis de los factores físico naturales, socioeconómicos, culturales, administrativos, entre otros, que puedan contribuir a generar o acrecentar algunos de los eventos mencionados anteriormente. En tal sentido, se pueden mencionar los siguientes trabajos:

Ferrer (1981), en su trabajo titulado “Contribución de la geomorfología a la detección de áreas de riesgos en centros urbanos: caso de la ciudad de Mérida”, se enfoca en el acelerado desarrollo que han experimentado algunos centros poblados, los cuales presentan problemas de índole geomorfológico. Estos centros poblados se expanden ocupando áreas de alta susceptibilidad (a sismos, movimientos de masa y crecidas torrenciales). Se inicia con un inventario/diagnóstico de las condiciones geológicas y geomorfológicas, seguido de la elaboración de un mapa geomorfológico detallado que debe incluir el análisis de procesos y unidades de relieve. La información obtenida, permitió la elaboración de mapas de estabilidad relativa, en base a diversos parámetros. Así se subdividen aquellas zonas de acuerdo a su potencialidad de ser afectadas y se hacen algunas aproximaciones sobre niveles de riesgo crítico.

Rojas y Molina (1982) realizaron un análisis de forma integrada de algunos aspectos físicos y socioeconómicos que inducen a la conformación de riesgos en el espacio de la ciudad de Mérida; con lo cual se pudo comprobar que ésta puede verse afectada, según los niveles de intensidad de riesgo, ante una serie de eventos extraordinarios.

El trabajo realizado por Ferrer y Dugarte (1988), arrojó importantes resultados al analizar la dinámica geomorfológica del deslizamiento Buena vista, río Aracay, como una base para la definición de las características evolutivas del mismo y para la precisión de diversos niveles o categorías de estabilidad relativa de los terrenos; obteniendo una definición de los mismos con un alto grado de confiabilidad y objetividad. En este trabajo se consideraron tres categorías; entre las más representativas: crítica, inestable y potencialmente inestable. Permitió contrastar la factibilidad de varios proyectos de corrección y sin duda puede ser considerado un interesante aporte para mostrar las ventajas de tal enfoque.

Ramírez (1995), en su trabajo sobre el “Análisis de factores combinados en la determinación de áreas críticas por movimientos de masa” en Nicaragua; seleccionó la metodología utilizada por Degraff y Romesburg en 1980, de zonificación de riesgos mediante un análisis de factores combinados, ya que este presenta una ventaja en la rápida recolección de información, procesamiento y facilidad de aplicación a un SIG. Para esta metodología se elaboraron cinco (5) mapas básicos, correspondientes a la litología, pendiente, combinación de ambos, inventario de movimientos de masa y la zonificación definitiva por riesgos. Este último, es resultado de análisis estadísticos de los datos aportados por la superposición de mapas básicos. La susceptibilidad de una zona a ser afectada por movimientos de masa, se representa en esta metodología a través del mapa de zonificación de riesgos; el cual servirá para cualquier proceso de planificación, como un instrumento para identificar áreas de desarrollo.

Donoso (1998), presentó un estudio referido a “vulnerabilidad geográfica y social de la ciudad de Mérida”. Este consistió en ubicar los sectores más vulnerables geográfica y socialmente dentro de la terraza de Mérida y de la cuenca del río Chama, realizando a su vez, un estudio de vulnerabilidad socioeconómica del sector. En este trabajo se hace énfasis en tres aspectos fundamentales: a) Condición socioeconómica de la población, b) Condición de vivienda y c) Percepción del riesgo. Además se efectuó una simulación de los deslizamientos del río Chama, lo que permitió cuantificar daños a viviendas y contingencia humana. Para alcanzar estos

objetivos, empleó como herramienta la estadística a través de paquetes como, el SPSS 7.0 (statal Program For Social Sciense), el STAT-ITCF; con el cual se realizo un análisis factorial, el programa STAT GRAPHIC PLUS 9.0; para realizar las simulaciones. De los resultados obtenidos de los modelos aplicados, se pudo inferir la probabilidad de ocurrencia de siniestros, en relación con algunos sectores de riesgo de la ciudad. De la vulnerabilidad, se consideró por otra parte el riesgo que implica la ocupación de tierras que corresponden al río Chama, y por otro lado, los factores sociales y económicos que implican para vastos grupos familiares, un alto grado de riesgo.

1.5 Marco conceptual

En la actualidad existe una enorme cantidad de problemas que afectan a las sociedades, entre los que se destacan ciertos tipos de amenazas del tipo crecidas y/o desbordes de los cauces de ríos, movimientos de masa, ya que, representan un potencial destructivo. De allí surge la necesidad de conocer, investigar y describir los procesos y/o eventos naturales que afecten o puedan afectar de una manera directa a la sociedad y así establecer una base conceptual de los mismos, la cual servirá para el desarrollo del presente trabajo como del objetivo final(Apéndice 1).

Movimientos de Masa

Los movimientos de masa según como los define Varnes (1978), son movimientos hacia abajo y/o hacia fuera, de materiales que forman una ladera o talud, debido a la influencia de la gravedad a partir de un factor que sirve de detonante o fuerza natural desencadenante como son, los sísmicos, volcánicos, presión de gases y exceso de humedad.

Un movimiento de masa se define como un movimiento de roca, detritos o tierra pendiente abajo bajo la acción de la gravedad, cuando el esfuerzo de corte excede el esfuerzo de resistencia del material (Ferrer, 1980).

Ayala 2002, los define como masas de terreno que se mueven por acción de la fuerza de la gravedad. Se aplica, en general, a movimientos rápidos del terreno,

éstos suelen estar relacionados principalmente con sismos, aunque también pueden originarse por otras causas. La acción constante de la fuerza de gravedad y el debilitamiento progresivo de los materiales, principalmente por efecto de la meteorización física y química, hacen que los movimientos de masa sean muy abundantes a lo largo del registro geológico.

Cuadro 1. Clasificación de movimientos de masa de acuerdo a Varnes (1978)

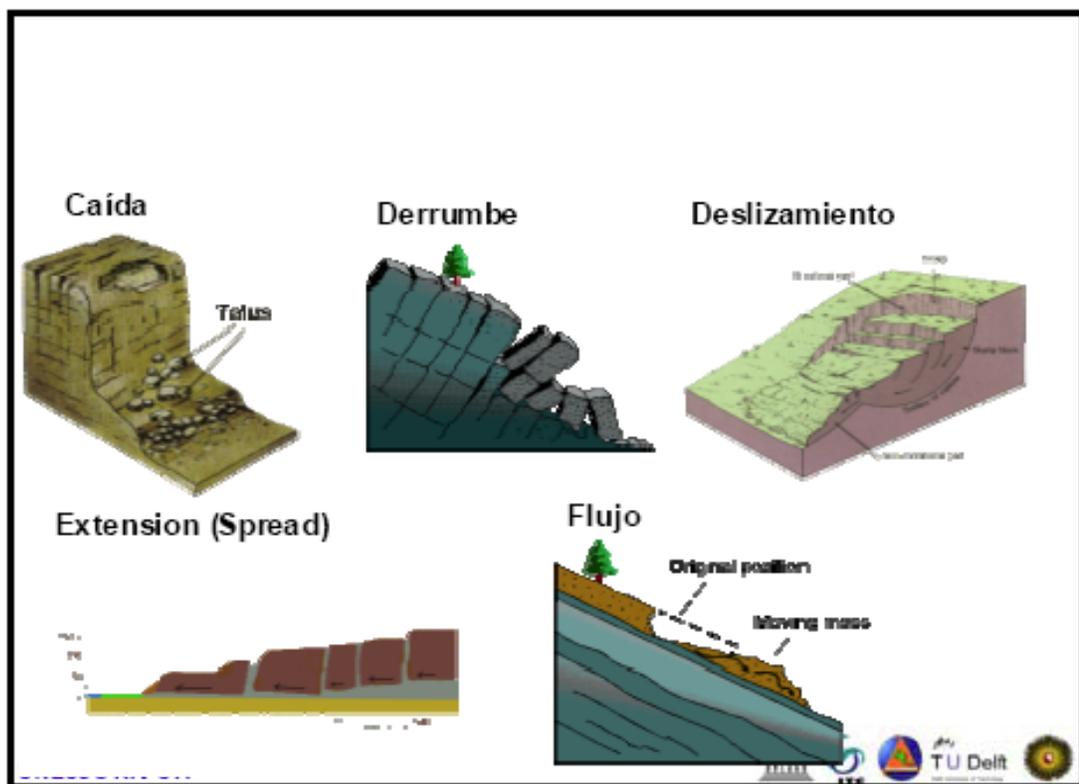
Tipo de movimiento	Tipo de material		
	roca	Suelo: detritus	Suelo: tierra
Derrumbes	Derrumbes de roca	Derrumbes de Detritus	Derrumbes de tierra
Desprendimientos	Desprendimientos de roca	Desprendimientos de detritus	Desprendimientos de tierra
Deslizamientos	Deslizamientos de bloques rocosos	Deslizamientos de Detritus en bloque	Deslizamientos de Tierra en bloques
Rotacionales	Desplome de roca	Desplome de Detritus	Desplome de Tierra
Traslacionales	Alud de roca	Alud de detritus	Alud de Tierra
Extensión ó Esparcimiento Lateral	Esparcimiento de rocas	Esparcimiento de detritos	Esparcimiento de tierra
Flujos	Flujo de rocas	Flujo de Detritus	Flujo de Tierra
Complejos	Combinación de dos o más de ellos		

Fuente: Varnes, 1978

Varnes (1978), clasifica los movimientos de masa en base a: el tipo de material y tipo de movimiento, y los define de la siguiente manera:

1. Derrumbes: colapsos rápidos o extremadamente rápidos provenientes de zonas abruptas y que descienden en una caída libre a lo largo de una superficie que no presenta ningún plano de corte específico.

2. Desprendimientos: masas desprendidas de pendientes muy fuertes o escarpes, que se mueven en caída libre, dando tumbos (saltos) o ruedan ladera abajo.
3. Deslizamientos: los define como todos los movimientos de deformación por corte y desplazamiento a los largo de una o varias superficies que son visibles o pueden ser inferidas.
4. Movimiento translacional: se da cuando la superficie de ruptura es más o menos plana o suavemente ondulante y la masa se mueve paralela a la superficie del terreno
5. Esparcimiento lateral: movimiento de extensión lateral acompañado por fracturamiento cortante o tensional.
6. Flujos: masas que se mueven como unidades deformadas, viscosas, sin un plano discreto de ruptura.



Fuente: Van Westen, 1998

Figura 1. Tipos de movimientos de masa

La construcción de algunos mapas de peligro a movimientos de masa procede a lo largo de aproximaciones geomorfológicas en las cuales la distribución de las formaciones geológicas y el grado de sus propiedades ingenieriles pueden ser bien representados o puede ser referido solo indirectamente.

Crecidas

Son el riesgo más común en el planeta. Las crecidas fluviales constituyen un caso extraordinario de escurrimiento, caracterizado por una gran cantidad de flujo que se genera y evacua con relativa rapidez. En este proceso cuando el flujo supera la capacidad de evacuación del cauce, el agua pasa a ocupar el cauce excepcional, construido a lo largo de los años por el propio sistema fluvial de un modo que permita absorber el impacto de las avenidas (Ayala 2002; en Guzmán 2005).

Veliz (2001), define las crecidas torrenciales como el efecto generado por el flujo de una corriente, cuando excede las condiciones que le son normales y alcanza niveles extraordinarios y que no pueden ser alcanzados en lugares naturales o artificiales que la contienen, lo cual se transforma en daños.

2.1 Localización del área de estudio

2.1.1 Ubicación

El área de estudio forma parte de la microcuenca de la quebrada Milla la cual se encuentra localizada al noroeste de la ciudad de Mérida y pertenece a la Parroquia Milla (Figura 2). Sus coordenadas geográficas y UTM se pueden apreciar en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Coordenadas Geográficas y UTM del área de estudio

Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM		Ubicación
Latitud Norte	Longitud Este	Norte	Este	
8°38'09''	71°8'38''	955261	264053	Cascada parque zoológico Chorros de Milla
8°36'24''	71°8'21''	952035	264573	Confluencia con el río Albarregas

2.1.2 Extensión

Para efectos de este estudio se consideró el área comprendida entre el parque zoológico Chorros de Milla hasta la confluencia con el río Albarregas la cuál tiene una extensión de 197,8 ha. aproximadamente; ya que para el estudio de la vulnerabilidad se deben considerar áreas pobladas.

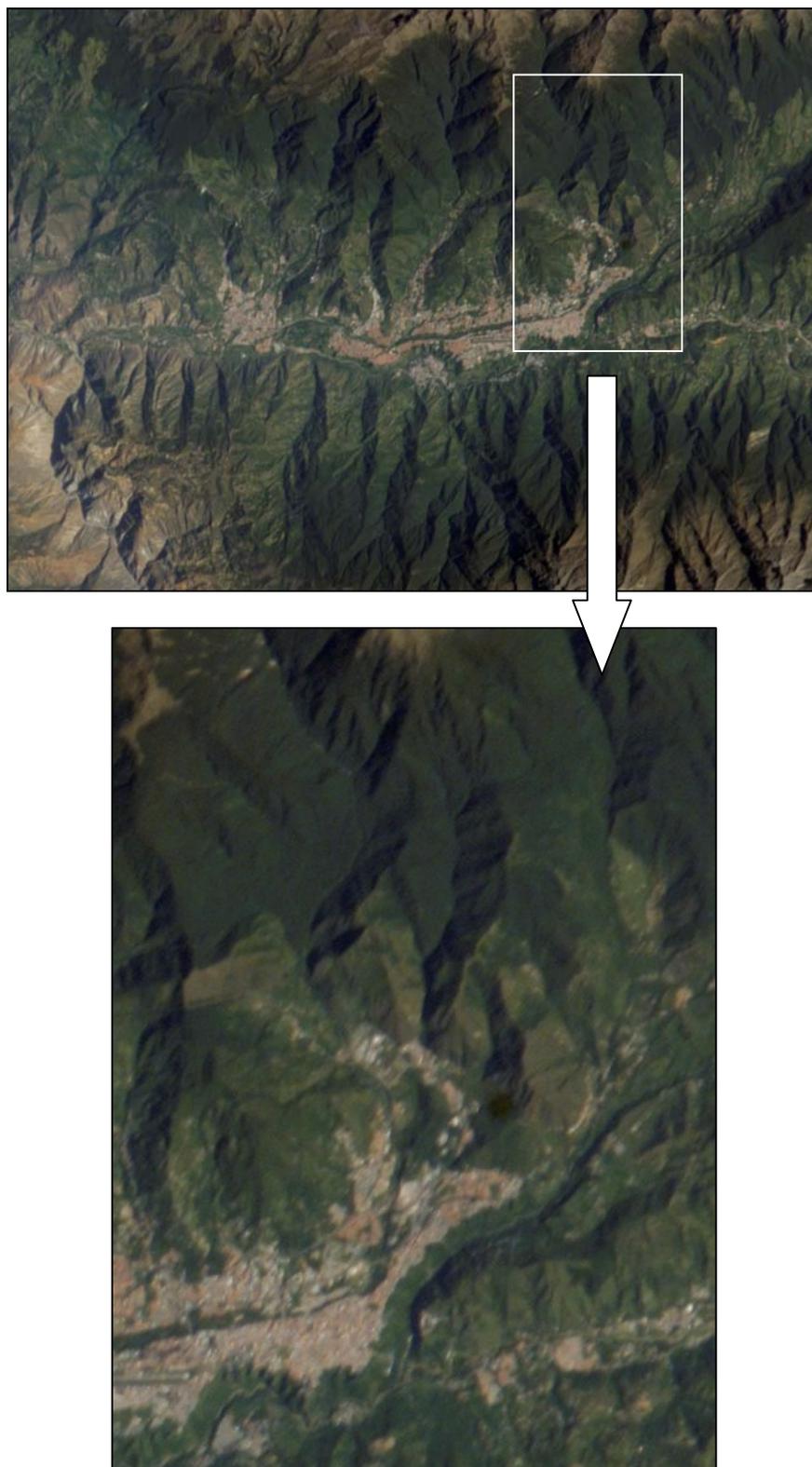
2.1.3 Límites

Norte: Cascada parque Chorros de Milla

Sur: Confluencia con el río Albarregas

Este: Parte Norte de la Urbanización Santa María

Oeste: Divisoria de aguas del río Albarregas y la quebrada Milla



Fuente: http://ftp://eol.jsc.nasa.gov/ESC_large_ISS004_ISS004-E-12119.JPG

Figura 2. Imagen de satélite de la ciudad de Mérida, en la que muestra en el recuadro blanco la ubicación de la microcuenca de la quebrada Milla

2.2 Características Físico Naturales

2.2.1 Geología

La secuencia de unidades estratigráficas presentes en el área de estudio (trayecto urbano de la quebrada Milla) son: formación Palmarito, formación Mucujún y depósitos sedimentarios de edad Cuaternario (Cuadro 3). Es importante destacar que, aunque no aflora en el trayecto urbano de la quebrada, se debe incluir para efectos de estudio, al Complejo Iglesias, ya que forma parte de la microcuenca de la quebrada Milla.

Complejo Iglesias:

Esta unidad fue definida por Künding en 1938, señalando la localidad tipo en el cerro de las Iglesias en el macizo de los Conejos del estado Mérida, cuya edad se atribuye al Precámbrico superior. Aflora en la parte norte de la microcuenca, donde se encuentran las nacientes de la quebrada en los límites superiores descendiendo hasta aproximadamente los 2.500 msnm. La litología corresponde a una secuencia sedimentaria metamorfizada (Bass y Shagam, 1960; Kovisars, 1972; citados por La Marca, 1997), que incluye principalmente esquistos y gneises, cuarzo feldespáticos bandeados; aunque localmente se han reportado ortogneises biotíticos, anfibolitas y gneises anfibolíticos, esquistos y cuarcitas, todas pertenecientes a la Asociación Sierra Nevada y rocas ígneas intrusivas graníticas (La Marca, 1997).

Formación Palmarito:

Marechal, 1983; en La Marca (1997), sostiene que la formación Palmarito es una secuencia marina detrítica poco profunda, ubicada en el flanco sur Andino de la Cordillera de Mérida, considerada la sedimentación más reciente del Paleozoico Pérmico. Puede subdividirse en dos miembros: uno inferior compuesto por lutitas y margas limolíticas fosilíferas con una base de arenas con marcas de corrientes e intervalos con restos vegetales que representan una sección cerca del contacto de las formaciones Sabaneta y Palmarito, y uno superior donde abundan las calizas estratificadas de color gris, fosilíferas, intercaladas con margas blandas delgadas.

En el área de estudio, esta unidad presenta nivel de metamorfismo bajo, encontrándose afloramientos de pizarras filíticas y calizas recristalizadas.

Formación Mucujún:

Esta unidad fue descrita por Ghosh y Odreman (1987), (citado por La Marca, 1997); consiste en una secuencia alternante y cíclica de areniscas, limolitas y lutitas; la edad de la formación es Mio-Plioceno, determinada por estudios paleopalínológicos, y su ambiente de depositación es no marino.

Sedimentos Cuaternarios:

Según Schubert y Vivas (1993), los sedimentos aluviales cuaternarios de la cordillera de Mérida, referidos tanto a su interior como a sus piedemontes frecuentemente han sido correlacionados con las fluctuaciones paleoclimáticas Pleistocenas. Así como el factor tectónico que es bien relacionado con la orogénesis andina fini-Terciaria y Pleistocena, las cuales explican la presencia de estos grandes volúmenes detríticos cordilleranos y piemontinos. Sin embargo, el factor tectónico incidió más durante el Pleistoceno temprano con el levantamiento paroximal Plio-Pleistoceno, cuando los cursos de agua favorecido por este hecho exacerbaron su poder de erosión y transporte, depositando grandes volúmenes de sedimentos a lo largo de los recorridos, y así formar características de terrazas y abanicos terrazas.

Las Terrazas y Abanicos-Terrazas presentes en el área de estudio pertenecen al Pleistoceno medio con facies litológicas donde alternan bloques y cantos de rocas ígneas y metamórficas en proporciones variables. Se localizan en el fondo del valle de la quebrada Milla y su depositación tuvo lugar en el mismo período. Están constituidas por fragmentos de rocas ígneas y metamórficas con predominio de las facies gnéisicas y graníticas, provenientes de los afloramientos del Complejo Iglesias (Rojas, 1975).

Geología Estructural:

La complejidad estructural de los andes Venezolanos es muy amplia, donde pueden encontrarse una serie de zonas de fallas, y extensas hendiduras longitudinales y transversales. En la cuenca de la quebrada Milla, se presenta una falla oblicua a la falla de Boconó, denominada falla la Hechicera.

Cuadro 3. Unidades Estratigráficas presentes en el área de estudio

UNIDAD LITOLÓGICA	ERA / PERIODO	LITOLOGIA	LOCALIZACION
Complejo Iglesias	Precámbrico	Gneises, ortogneises de biotita, augengneises intercaladas con mica esquistos granatíferos.	Norte de la microcuenca a partir de los 2.500 msnm.
Formación Palmarito	Pérmico Medio	Rocas sedimentarias metamorizadas; estratificación de lutitas y calizas.	Parte inferior de las montañas bajas al este de los Chorros de Milla
Formación Mucujún	Terciario: Mioceno-Plioceno	Rocas sedimentarias areniscas y limolitas intraestratificadas.	Al norte y noreste de los Chorros de Milla
Depósitos Aluviales	Cuaternario	Material aluvial y coluvial	A menos de 1900 msnm de la quebrada Milla

Fuente: Bautista, 1996

2.2.2 Geomorfología

En la microcuenca de la quebrada Milla se pueden diferenciar dos unidades de relieve bien diferenciadas: las vertientes y los fondos de valle. Esta microcuenca ha experimentado procesos de modelado similares al conjunto montañoso en el cual se ubica (Sierra de la culata).

Es necesario, por lo tanto, tomar en cuenta diferentes factores que directa o indirectamente intervienen en el modelado de las montañas, como: la altitud, factor que interfiere directamente en el clima, de allí a que determine la sucesión de pisos climáticos, en los cuales se desarrollan diferentes procesos morfogenéticos. El relieve modifica también el clima que junto con la inclinación de las vertientes acrecienta los procesos de orden mecánico y sobre todo los movimientos de masa y el escurrimiento.

El modelado aluvial:

Los rasgos de las acumulaciones cuaternarias, que comprenden abanicos aluviales y terrazas los cuales constituyen formas de relieve que ocupan por lo general el fondo de todos los valles caracterizados por superficies de poca pendiente, donde se

desarrolla la mayor parte de la actividad antrópica en los Andes. Constituyen una zona de acumulación de materiales resultantes de los cambios climáticos y los cambios observados en la geometría hidráulica de cada flujo, donde la corriente deja de estar confinada a un caudal más profundo y estrecho. (Vivas, 1984; en Ramírez, 1993).

En el fondo de valle de la cuenca de la quebrada Milla se pueden observar grandes capas detríticas y de espesor considerable sobre los taludes actuales como es el caso de las terrazas o de los abanicos-terrazas donde ha sucedido una dinámica similar.

Las acumulaciones aluviales de los fondos de valle, se presentan generalmente en forma escalonada. Su formación está ligada con el levantamiento de los Andes y los cambios que ocurrieron durante el Cuaternario, trayendo como consecuencia una erosión muy intensa asociada a grandes movimientos de masa, dejando evidencias en las vertientes y las depresiones intramontanas (Rojas, 1975).

Modelado de aguas superficiales o escorrentía:

En las vertientes se dan los procesos morfogenéticos que las modelan, determinados en parte por las condiciones climáticas, y de manera más importante por las aguas superficiales, otros factores como el relieve, alteración de las rocas, la cobertura vegetal y los suelos, interactúan para acelerar o atenuar los procesos morfogenéticos. Los factores antrópicos son difícilmente distinguibles de los naturales, y han acentuado los procesos de degradación y destrucción de las formas del relieve.

En el área de estudio los fenómenos modeladores están representados casi en su totalidad por el escurrimiento intenso, escurrimiento fuerte y de concentración inicial, que se traducen en un lavado superficial de los suelos.

Un fenómeno importante son los movimientos de masa que se extienden a través de la vertiente, la presencia de estos, actualmente puede estar ligada a la deforestación, por lo que diversas acciones antrópicas pueden reactivarlos.

2.2.3 Hidrografía

La microcuenca de la quebrada Milla se encuentra en la vertiente izquierda de la subcuenca del río Albarregas siendo esta su tributario principal, la cual se encuentra a la margen derecha de la cuenca del río Chama, perteneciente a la hoya hidrográfica del Lago de Maracaibo (Silva, 1999).

La quebrada Milla se encuentra situada al Noreste de la ciudad de Mérida (Estado. Mérida), y tiene sus nacientes en el páramo de los Leones, conservando un caudal permanente durante todo el año, siendo su máximo en los meses Abril - Octubre. La cuenca de la quebrada presenta una superficie aproximada de 848 ha., con elevaciones que van desde 3700 msnm., hasta los 1700 msnm. (Lluncor, 2004).

2.2.4 Suelos

Este aspecto es fundamental, ya que permite determinar aquellas zonas apropiadas e inapropiadas para cada tipo de uso, ya sea, agrícola, pecuario, forestal, urbanista o de recreación.

Según Bautista (1996) en el área de estudio se encuentran dos tipos de suelos:

A) Suelos transportados: Por depósitos, caracterizados por ser suelos formados por materiales transportados

B) Suelos Residuales: In-situ, formados a partir de materiales originarios residuales.

De acuerdo con Ramírez (1993), en el área de estudio se encuentran las siguientes asociaciones:

Asociación A-20; Estos suelos son derivados de materiales transportados recientes sobre terrazas o abanicos (QI), la pendiente del área que comprende esta asociación va de 10% a 30% ubicados en posiciones próximas a corrientes de agua, erosionando y depositando nuevos materiales en la superficie. La textura es franco arcillosa; la materia orgánica varía de 3,8% hasta 12,8%; el pH se encuentra de 4,3. Aptos para uso agropecuario.

Asociación A-30; suelos desarrollados sobre materiales pleistocénicos, en posición de terraza (QII), la pendiente del área que comprende esta asociación va de 10% a 20%, la textura es franco, franco-arenosa a franco-arcilloso-arenoso, el contenido de materia orgánica varía de 5,3 a 5,8%, mientras que los horizontes inferiores varían entre 3,5 y 6,1%. Estos suelos sufren una pérdida de materia orgánica con el uso agrícola por lo cual requieren algunas medidas de conservación para la obtención de altos rendimientos, medidas éstas que pueden estar sustentadas o apoyadas en la aplicación de abono orgánico controlado aptos para usos urbanos.

Asociación B-70; constituidos por suelos residuales de rocas ígneas y metamórficas (gneis y esquistos gneisoides y filitas), localizado a partir de los 1800msnm. a 2400msnm. En la vertiente derecha del río Milla, con un grupo de pendientes que van de 10% a 30% y superiores al 50%; la textura es franco arcillosa; el pH varía entre 4,3 a 4,8; no son aptos para cultivo ni uso agropecuario, debido a la presencia de altas pendientes, por una parte y a que favorece la erosión como producto de material existente como segunda razón.

Asociación B-90; suelos derivados de rocas ígneas y metamórficas. Localizado a partir de los 1800 a 2400 msnm. Los valores de pendiente varían de entre 30% al 50% a superiores al 50%, la textura varía en función del material que aflora en el área como lutitas, areniscas, neises, etc. Lo que se tiene una textura que va de arcillosa a franco-arcillosa o arcillo arenosa; el contenido de materia orgánica va de 5,7 a 6,2; el pH varía entre 5,2. En estos suelos se nota una profunda meteorización alcanzando varios metros de espesor. No son aptos para actividades agrícolas o pecuarias.

2.2.5 Vegetación

La distribución espacial de los principales tipos de cobertura vegetal presentes en el área de estudio responden al comportamiento e interacción del conjunto de factores físicos-naturales, los cuales representan un papel muy importante en el desarrollo de la vegetación. Se puede decir que responde a condiciones ecológicas específicas y propias del área de estudio y también como consecuencia de las diferencias

climáticas por la altitud y exposición de las vertientes (umbría y solana); las llamadas diferencias topográficas.

Según Ramírez (1993), en el área de estudio podemos encontrar una gran diversidad de cobertura vegetal (Cuadro 4) separadas por categorías principales como las siguientes:

1. Piso Premontano:

Sector húmedo: Precipitación media anual 1700mm; temperatura media anual 17,4=18,0 °C; altitud 1600-1700 msnm.

Matorral y Bosque secundario Premontano, se encuentra en áreas de poca pendiente y en posiciones cuaternarias, localizado en las inmediaciones del parque la Isla.

2. Piso montano Bajo

Sector húmedo: Precipitación media anual 1600-1700mm; temperatura media anual 17,4-13,2 °C; altitud 1700-2400 msnm.

Bosque Alto Húmedo Montano Bajo, abarca un bosque siempre verde, irregular, mixto y denso con gran diversidad de especies, predominan especies como lauráceas, euforbiáceas y mirtáceas.

Bosque Medio Húmedo Montano Bajo, son bosquetes muy abiertos donde predominan árboles muy pequeños.

Bosque Bajo Húmedo Montano Bajo, se localiza en ambas márgenes de área.

Matorral y Bosque secundario Montano Bajo, característico de una vegetación baja, también se visualizan árboles con alturas de 25 m en zonas húmedas.

La vegetación es importante, ya que al momento de producirse la precipitación parte del agua es interceptada evitando así que se escurra inmediatamente después de llegar a la superficie del suelo, además que disminuye también la erosión del mismo (Llúncor, 2004).

Cuadro 4. Especies vegetales presentes en la microcuenca quebrada Milla

Nombre común	Nombre científico	Familia
Punta de lanza	<i>Vismia dealbata</i>	Gutisferrae
Cinarito	<i>Myrcia acuminata</i>	Mystaceae
Mamey	<i>Nectrandra</i> sp.	Lauraceae
Quindú	<i>Hieronyma oblonga</i>	Euphorbiaceae
Quindú blanco	<i>Laplacea fruticosa</i>	Theaceae
Laurel verdecito	<i>Ocota</i> sp.	Lauraceae
Pino aparrado	<i>Podocarpus oleifolius</i>	Podocarpaceae
Marfil	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i>	Euphorbiaceae
Cañaflote	<i>Alchornea grandiflora</i>	Euphorbiaceae
Salvio negro	<i>Guettarda discolor</i>	Rubiaceae
Yayao tambor	<i>Vochysia</i> sp.	Vochysaceae
Manteco negro	<i>Ternstroemia acrodanthe</i>	Theaceae

Fuente: Infante, 2006

2.2.6 Clima

La caracterización del clima se puede apreciar en función de la temperatura y precipitación, que según datos de la estación climatológica Santa rosa instalada en terrenos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad de los Andes, se expresan de la siguiente manera:

2.2.6.1 Temperatura

En el trayecto urbano de la quebrada Milla la temperatura varía espacialmente desde 17,4°C a nivel de la cascada del parque Los Chorros de Milla hasta 24°C en la confluencia con el río Albarregas (Bautista, 1996). Silva (1990), consideró un gradiente térmico de -0,6°C / 100m, del cual se obtiene que la temperatura media anual varía de 2°C a 19°C según la altitud.

2.2.6.2 Precipitación

Su distribución espacial, se caracteriza por su humedad y por una amplitud de la variación de 100mm. Mensuales. La precipitación se distribuye en dos sectores, el primer sector ubicado entre el parque La Isla y el comedor universitario de la ULA, a 1700 msnm., con una precipitación de 1700mm anuales y el segundo sector se localiza entre la facultad de Ciencias Forestales y Ambientales y el parque Los Chorros a 1840 msnm. con precipitaciones entre 1600-1700mm anuales; Claramente se observa en la quebrada Milla un régimen bimodal de precipitación donde se ubican los picos más altos en los meses de Abril-Mayo y el segundo en Octubre-Noviembre respectivamente, siendo Octubre el mes de mayor precipitación promedio (Bautista, 1996), esto se presenta en el gráfico 1 correspondiente a precipitaciones mensuales promedio en la estación Santa Rosa del período 1971-2001 realizado a partir de los datos del cuadro 5, a su vez, se presenta el gráfico 2 que representa la precipitación anual durante el mismo periodo observando la variación para cada año.

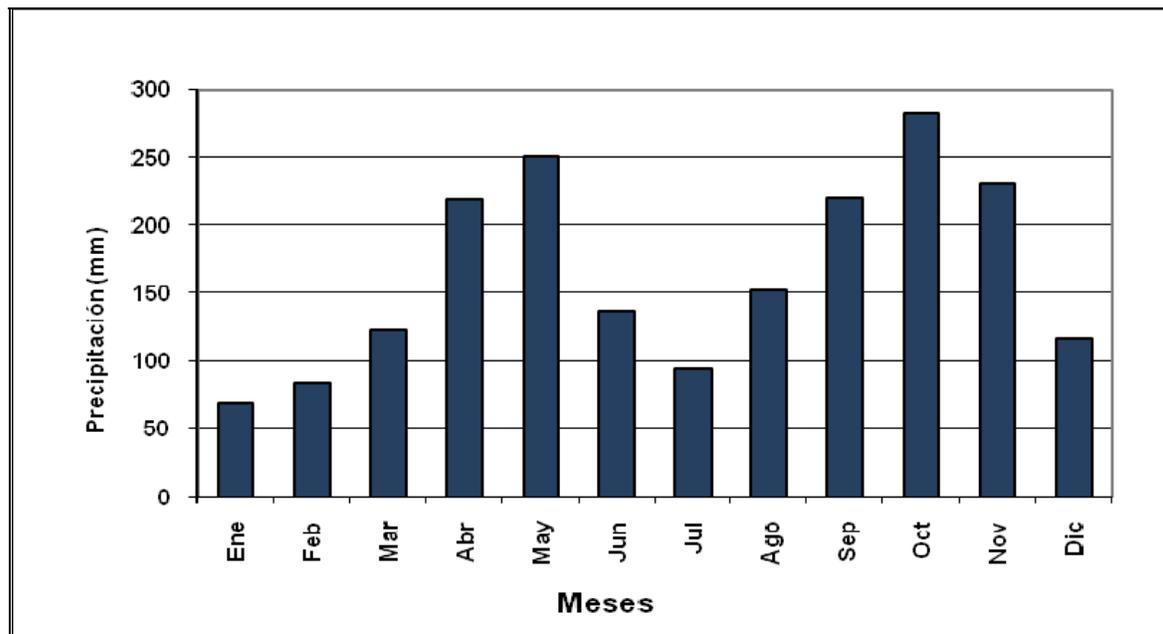


Figura 3. Histograma de precipitación media mensual (mm) en la estación Santa Rosa, período 1971-2001

Cuadro 5. Precipitación media mensual (mm) estación Santa Rosa período (1971-2001)

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total anual
1971	159,3	157,3	230,2	246,3	329,7	68,3	89,5	209,0	256,5	275,8	192,6	187,2	2401,7
1972	207,9	83,9	195,5	550,7	325,7	133,3	18,0	64,7	231,0	181,4	181,1	136,5	2309,7
1973	16,3	8,9	95,4	93,8	140,2	148,1	96,7	197,8	292,0	186,5	226,9	132,6	1635,2
1974	82,7	89,9	151,0	163,7	262,5	68,8	58,7	119,2	192,6	197,4	217,9	21,9	1626,3
1975	37,9	57,2	138,7	201,6	292,5	108,8	132,5	116,7	296,0	296,5	310,8	289,0	2278,2
1976	76,0	131,5	237,8	281,4	213,3	88,0	76,9	111,6	158,2	323,5	108,9	41,4	1848,5
1977	10,4	0,4	101,8	61,9	271,9	111,1	75,6	69,1	130,7	426,4	270,3	48,5	1578,1
1978	77,5	36,1	144,1	362,8	302,4	203,0	61,4	127,4	154,5	197,2	122,6	117,4	1906,4
1979	49,3	71,6	88,5	347,4	229,5	269,4	98,5	192,6	178,1	465,2	353,7	120,5	2464,3
1980	58,6	131,7	35,5	122,4	226,0	146,3	124,5	185,7	325,7	166,5	197,6	84,1	1804,6
1981	53,4	86,2	68,6	187,5	115,1	235,7	62,6	176,1	126,6	158,9	203,4	132,6	1606,7
1982	125,0	230,8	166,4	373,9	386,9	151,7	67,9	41,3	224,9	360,0	207,3	106,7	2442,8
1983	36,3	21,7	26,4	329,7	379,8	98,3	132,0	115,5	245,2	197,1	230,1	147,2	1959,3
1984	46,6	82,8	50,3	122,9	164,8	90,9	114,9	91,5	334,4	296,5	252,1	67,6	1715,3
1985	10,6	17,7	198,8	209,6	245,6	90,0	136,3	161,4	144,3	273,5	227,7	161,6	1877,1
1986	76,7	133,3	82,7	272,8	295,6	134,9	86,2	105,4	331,9	532,7	135,5	25,0	2212,7
1987	8,2	28,5	74,2	140,3	282,7	166,9	52,1	108,3	179,5	442,5	273,4	110,8	1867,4
1988	14,2	143,2	127,5	310,4	307,7	223,5	87,0	343,9	214,0	312,5	479,6	131,8	2695,3
1989	52,0	79,7	178,5	99,3	59,9	259,3	304,4	259,3	304,0	250,4	152,3	84,0	2083,1
1990	118,9	51,0	145,7	211,9	200,2	84,6	87,5	222,6	123,4	338,5	303,9	196,4	2084,6
1991	170,5	48,1	112,5	239,6	331,3	104,8	50,3	79,7	78,1	228,2	520,8	99,4	2063,3
1992	76,6	83,6	10,9	136,2	241,7	138,4	90,5	164,0	145,0	109,0	137,0	61,0	1393,9
1993	11,8	4,5	148,7	332,6	460,2	73,2	73,2	166,7	223,8	166,2	232,8	182,2	2075,9
1994	29,3	82,9	95,4	319,4	237,9	107,7	86,8	176,5	302,9	303,2	284,9	68,9	2095,8
1995	21,0	9,0	140,6	174,2	244,0	123,9	112,1	211,1	261,9	262,2	83,3	80,3	1723,6
1996	121,5	64,8	44,4	109,9	278,1	170,7	146,3	132,9	179,5	426,4	339,3	87,0	2100,8
1997	49,0	148,9	72,9	157,3	156,6	193,1	4,9	96,4	277,9	112,3	188,6	18,8	1476,7
1998	12,5	55,2	221,5	204,8	320,0	96,2	143,2	173,9	252,5	237,3	257,4	226,1	2200,6
1999	226,5	347,8	127,9	248,4	157,4	237,0	111,4	274,7	290,5	325,5	170,1	175,3	2692,5
2000	99,9	125,5	217,8	135,0	170,2	74,6	102,1	99,4	240,6	317,12	172,66	8,00	1762,9
2001	10,2	11,2	84,7	72,5	165,9	64,9	52,0	132,9	130,3	392,13	122,05	275,90	1514,5
Total	2147	2624,9	3814,9	6820	7795	4265	2936	4727	6826,5	8758,6	7156,6	3625,7	61498
Media mensual anual	69,2	84,7	123,1	220,0	251,5	137,6	94,7	152,5	220,2	282,5	230,9	117,0	

Fuente: www.cecalc.ula.ve, 2006
Silva, 1990

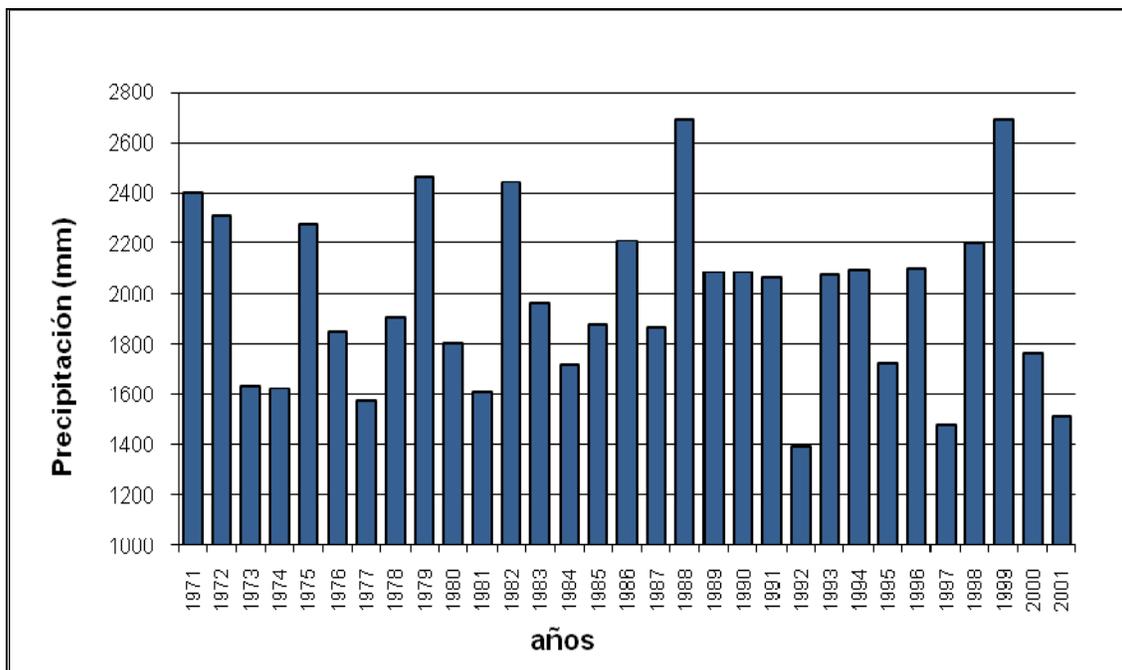


Figura 4. Precipitación anual (mm) en la estación Santa Rosa, período 1971-2001

2.2.7 Uso Actual de la Tierra

Se dan actividades antrópicas dirigidas a diferentes usos, entre los que tenemos los siguientes.

1. Áreas Residenciales, se encuentran a todo lo largo del trayecto, a su vez se presentan viviendas en zonas de pendiente moderada a baja, manifestación del desarrollo urbanístico de la ciudad de Mérida.
2. Áreas Recreacionales, localizadas en el parque zoológico Chorros de Milla y parque La Isla.
3. Áreas Institucionales, se localizan en el núcleo Forestal y el Ciclo Básico.

A su vez se encuentran las siguientes categorías de uso:

1. Cultivos: áreas cultivadas dispersas asociadas al uso residencial rural.
2. Pastos: áreas de pasto natural o cultivado asociadas al uso residencial.
3. Maleza con carruso: vegetación a orillas de la quebrada Milla.
4. Bosque bajo y matorral: vegetación boscosa con menos de 10m de altura y matorral asociado con el anterior.
5. Bosque alto: vegetación boscosa cuya altura predominante es mayor de 10m, generalmente se trata de un bosque primario denso de varios estratos.

2.2.8 Características Socio Económicas

Vivienda:

La población en su mayoría está sujeta a riesgos de inundación dada su proximidad a la quebrada Milla. El tipo de construcción utilizada es en su mayoría casas de una y dos plantas de características estructurales sencillas y denominadas modelos rurales. Sin embargo existen remodelaciones a convenio de los particulares sin el debido control y supervisión, así también ampliaciones urbanas autorizadas por la alcaldía. Se puede decir también que el 59% de las personas cuentan con viviendas seguras en términos de calidad de vida pero totalmente expuestas a la amenaza de desborde de la quebrada Milla. (Dufflart, 2002 en Llúncor, 2004).

Vialidad:

El área de estudio posee un sistema de vialidad en regulares condiciones, es recorrida en sentido a la quebrada Milla de forma longitudinal, destacando la variación de la misma a ambas márgenes de la quebrada y por ello existe una gran cantidad de puentes con características que incrementan la probabilidad de severidad de algún evento que se presente, como por ejemplo una crecida torrencial que al transportar sedimentos de gran tamaño podría obstruir la luz del puente y generar un represamiento y luego un desencadenamiento de evento aguas abajo, es decir que no es suficientemente amplio y alto como para que pasen el caudal tanto líquido como sólido que puedan acarrear un evento como una crecida torrencial (Dufflart, 2002 en Llúncor, 2004).

3.1. Procedimientos Metodológicos

Para la evaluación de las condiciones físicas y estudio de la vulnerabilidad del trayecto urbano de la quebrada Milla, el cual está comprendido desde el parque zoológico Chorros de Milla hasta la confluencia con el río Albarregas, se tomó como base la metodología propuesta por Ferrer y Laffaille (2004), orientada a definir, por una parte, los niveles de susceptibilidad a amenazas del tipo movimientos de masa y desbordes, tomando en cuenta los mecanismos generadores de inestabilidad de los terrenos y su incidencia sobre los sectores de estudio; y por otra parte, la vulnerabilidad física asociada a la tipología constructiva de edificaciones respectivamente.

Para el análisis de los niveles de susceptibilidad se tomaron en cuenta los aspectos más resaltantes de las condiciones geológicas-geomorfológicas y morfométricas del área de estudio definiendo cuatro grupos de limitantes:

- A) Limitantes asociadas a los valores de pendiente (áreas de pendiente crítica).
- B) Limitantes asociadas a los taludes (áreas asociadas al pie y borde del talud).
- C) Limitantes asociadas con masas deslizadas.
- D) Limitantes asociadas a la dinámica de la quebrada Milla.

A) Limitantes asociadas a los valores de pendiente.

La relación que existe entre la inclinación de la pendiente y la ocurrencia de movimientos de masa es directamente proporcional. Por tal motivo se considera el estudio de la pendiente de los terrenos como un factor de suma importancia en la estimación de movimientos de masa.

Fue necesario dibujar previamente un mapa de pendientes con el objetivo de generar una planta topográfica del área de estudio delimitando las áreas de pendientes en sectores o fajas según los rangos de valores de pendiente propuestos Suárez (1998) los cuales fueron modificados y adaptados para el presente trabajo (cuadro 6).

Cuadro 6. Clasificación utilizada para elaborar el mapa de pendientes

Clasificación	Pendiente	(ángulo de inclinación)
Baja	0 - 15°	(0 a 15 grados)
Media	15° - 30°	(15 a 30 grados)
Alta	30° - 45	(30 a 45 grados)
Muy alta	Mayor de 45°	(más de 45 grados)

Fuente: Modificado a partir de Suárez, 1988

B) Limitantes asociadas a los taludes (áreas asociadas al pie y borde del talud):

El objetivo principal fue determinar las áreas que tienen un comportamiento crítico para así definir los niveles susceptibilidad a amenazas del tipo movimientos de masa. Para lograr dicho objetivo se asignaron calificaciones o valores a cada parámetro geológico y geomorfológico, de acuerdo a su grado de influencia sobre la susceptibilidad al tipo de amenazas mencionadas, como se muestra el cuadro 7.

Características geológicas-geomorfológicas

Las características geológicas se plasmaron en el mapa geológico y geológico-geomorfológico, donde se representan las unidades litológicas presentes en la cuenca de la quebrada Milla, así como los principales rasgos estructurales; esto se hizo a partir de la información extraída del mapa elaborado por Ferrer (1996), producto de una detallada fotointerpretación y levantamientos de campo.

Para evaluar la litología se tomó como referencia la clasificación de rocas propuesta por Nicholson y Hencher (1997, en Suárez, 1998) de acuerdo a grupos litoestructurales, teniendo en cuenta sus susceptibilidades, resistencia y características litológicas (Apéndice 2).

C) Limitantes asociadas con masas deslizadas.

Se verificaron los tipos de movimientos de masa del área de estudio identificados a partir de los criterios propuestos en la clasificación convencional de Varnes (1978) y se interpretó su posible significado destructivo (Apéndice 3).

D) Limitantes asociadas a la dinámica de la quebrada Milla

Análisis de aspectos morfométricos y capacidad hidráulica

Se evaluaron los parámetros morfométricos de la microcuenca de la quebrada Milla considerando como las más importantes: la relación de forma, red de drenaje, pendiente media de la cuenca y del cauce principal. Las mediciones se realizaron a partir del mapa 3 (Anexos 3), correspondiente a la geología de la microcuenca a escala 1:25.000.

Por otra parte, fue importante verificar, en algunas secciones de flujo consideradas como críticas del trayecto urbano, su capacidad hidráulica; es decir la cantidad de caudal medido en m³/s que puede pasar por un área determinada a partir de un corte transversal. Con esta información y tomando en cuenta datos obtenidos por Silva (1990) referente a los períodos de retorno de 50 y 100 años para la quebrada Milla, se obtuvo una mejor idea del comportamiento de la quebrada ante alguna crecida extraordinaria.

El análisis conjunto de los parámetros morfométricos y la capacidad hidráulica, arrojó una visión sobre las posibilidades de ocurrencia de desbordes en base al posible comportamiento de la microcuenca de la quebrada Milla y con la fotointerpretación del área de estudio. De esta manera se complementó la información necesaria para la realización del mapa de zonas de impacto directo ante un desborde por crecidas (mapa 7) (Anexos 3).

3.2 Análisis de susceptibilidad

3.2.1 Definición de los criterios para determinar la susceptibilidad ante amenazas del tipo movimientos de masa

La finalidad fue definir los diferentes criterios que se consideraron para estimar las áreas con limitantes a movimientos de masa, considerando para estas los diferentes procesos geomorfológicos presentes, asociados al talud y pie del talud, y los valores de pendiente, así como también el tipo de litología y las condiciones de los macizos

rocosos, factores estos que revisten de importancia ya que brindan información correspondiente a la estabilidad de los terrenos de la quebrada Milla. Estos aspectos estudiados quedan representados en una planta cartográfica digitalizada en diferentes capas, que da como resultado un mapa de niveles de susceptibilidad a movimientos de masa, sobre la base de los criterios empleados para definir niveles de susceptibilidad mostrados en el cuadro 7.

3.2.2 Definición de los criterios para determinar la susceptibilidad ante amenazas del tipo desborde por crecidas

Para la estimación de las áreas susceptibles a desbordes por crecidas se tomaron en cuenta los valores de los parámetros morfométricos que definen el comportamiento de la microcuenca de la quebrada Milla. Además se hizo la comparación entre la capacidad hidráulica de la misma y los datos de períodos de retorno para 50 y 100 años, suministrados por (Silva, 1990). También se tomó en cuenta el relieve de las zonas adyacentes a la quebrada (verificadas a través de fotografías aéreas) y las secciones consideradas como críticas a lo largo del trayecto urbano de la quebrada.

Para los niveles de susceptibilidad a desbordes, se emplearon tres “buffers”: uno para zonas de impacto directo a 25 metros de distancia del cauce para ambas márgenes, otro de entre 25 metros y 50 metros y el último mayor de 50 metros. Estos “buffers” se establecieron sobre la base de las características morfométricas de la quebrada Milla, su comportamiento ante eventos históricos de crecidas, y finalmente de acuerdo a las especificaciones recomendadas para zonas protectoras en la Gaceta Oficial N° 1004. Estos criterios se muestran en el cuadro 7.

3.3 Análisis de Vulnerabilidad.

Como la vulnerabilidad social y la vulnerabilidad física comprenden aspectos que deben ser estudiados por separado, se analizó cada uno de estos tipos de vulnerabilidad a lo largo del trayecto urbano de la quebrada Milla.

Cuadro 7. Criterios para definir los niveles de susceptibilidad

NIVELES DE SUSCEPTIBILIDAD	CARACTERISTICAS GENERALES
BAJO	<p>Sectores del fondo de valle, alejados del pie de los taludes y de las superficies de ruptura.</p> <p>Valores relativos para la ocurrencia de movimientos de masa entre 1-6, según los parámetros evaluados, presentando las siguientes condiciones:</p> <p>Materiales de media calidad, poco fracturamiento o sin fracturas, pendientes menores a 15°, rocas poco alteradas, ausencia de fallas, presencia de humedad en el suelo, estructuras no favorables a movimientos de masa, y ausencia de los mismos.</p> <p>Muy pocas limitaciones asociadas al desborde de la quebrada Milla, con distancias mayores a 50 metros del cauce principal.</p>
MEDIO	<p>Sectores alejados del borde y pie de los taludes.</p> <p>Valores relativos para la ocurrencia de movimientos de masa entre 7-14, según los parámetros evaluados, presentando las siguientes condiciones:</p> <p>Materiales de mala calidad, alto grado de fracturamiento, pendientes menores a 15° y entre (15° – 30°), rocas moderadamente meteorizadas a muy meteorizadas, ausencia de fallas, presencia de humedad en el suelo, estructuras algo favorables a movimientos de masa, y presencia de los mismos.</p> <p>Limitaciones asociadas con la dinámica de la quebrada Milla, con zona de desborde a partir de 25 hasta 50 metros de distancia del cauce para ambas márgenes.</p>
ALTO	<p>Zonas con alta propensión a movimientos de masa, donde incluso hay movimientos de masa activos.</p> <p>Zonas ubicadas a corta distancia del pie y borde de los taludes, con restricciones asociadas a los mismos.</p> <p>Valores relativos para la ocurrencia de movimientos de masa entre 15-25, según los parámetros evaluados, presentando las siguientes condiciones:</p> <p>Materiales de mala calidad, alto fracturamiento o totalmente fracturadas, pendientes mayores a 30°, presencia de fallas, rocas moderadamente meteorizadas y muy meteorizadas, presencia de humedad en el suelo, estructuras algo favorables a movimientos de masa, y presencia de los mismos como, reptación, deslizamiento rotacional, desprendimiento de roca y de suelo.</p> <p>Limitaciones asociadas con la dinámica de la quebrada Milla, con zona de desborde menores a 25 metros de distancia del cauce para ambas márgenes.</p>

Fuente: Modificado a partir de Delgadillo, 2005

El análisis de la vulnerabilidad social (percepción de riesgo), se llevó a cabo a partir de la aplicación de una encuesta de percepción de riesgo modificada de Varela (2007) (Anexo 2). A través de la encuesta aplicada se observa el comportamiento de los individuos y de la comunidad ante las amenazas a las cuales están expuestos.

La encuesta consta de diferentes campos que incluyen: datos generales, datos del entrevistado y del grupo familiar, datos de la tipología de la vivienda, campo de organización comunitario, memoria de desastres y/o eventos adversos, percepción del riesgo, responsabilidad en la construcción del riesgo y preparación ante potenciales eventos adversos. Con 35 preguntas en total, distribuidas en las secciones anteriormente mencionadas, se procede a su aplicación con la finalidad de obtener la información necesaria en cuanto a dos aspectos principales, como son: la percepción del riesgo en el trayecto urbano de la quebrada Milla y las características económicas del sector. El área de estudio fue dividida en dos sectores para hacer más fácil el trabajo de campo, el primero va desde el parque Chorros de Milla hasta el puente de la entrada al barrio Andrés Eloy y el segundo desde la entrada del barrio Andrés Eloy hasta el barrio la Isla.

Para el análisis asociado a los niveles de vulnerabilidad física se realizó una evaluación de las viviendas y edificaciones presentes, la cual definió la ubicación de las mismas y su tipología constructiva para la estimación de daños probables en caso de presentarse un evento extremo, del tipo movimientos de masa y desbordes por crecidas.

Para el área de estudio, los niveles de vulnerabilidad física se basaron en la clasificación propuesta por Ferrer y Laffaille (2004), de acuerdo a su tipología, materiales de construcción (cuadro 8), la cual es usada para estudios de amenaza sísmica pero, es adaptada en este trabajo para el tipo de amenazas contempladas y se combinó con la localización de las edificaciones asociadas con zonas de impacto directo o zonas al alcance de movimientos de masa y desbordes por crecidas torrenciales.

Cuadro 8. Clasificación de las edificaciones de acuerdo a su tipología, materiales de construcción y grado de vulnerabilidad

Tipo	Descripción	Vulnerabilidad
R	Rancho	X
A1	Tradicional: paredes de adobe y techo con teja	XI
A2	Tradicional: paredes de tapia y techo con teja	IX
A3	Tradicional: paredes de bahareque y techo con teja	VI
A6	Tradicional: paredes de bahareque y techo de zinc o tejalit	IV
AB	Tradicional reforzada: paredes de tierra o bloque, columnas, techo de teja	VIII
B1	Artesanal: paredes de bloque trabado y techo de zinc o tejalit	VII
B2	Artesanal: paredes de bloque, machones y de techo de zinc o tejalit	V
B4	Artesanal: paredes de bloque, columnas y techo de zinc o tejalit	III
B3	Artesanal: paredes de bloque, columnas y vigas	II
C	Diseño estructural	I

Fuente: Ferrer y Laffaille, 2004

Tomando en consideración las características tipológicas constructivas de cada edificación se establecieron los siguientes rangos de vulnerabilidad: del nivel I al II vulnerabilidad baja, del nivel III al V vulnerabilidad media y del nivel VI en adelante vulnerabilidad alta. La vulnerabilidad física de las edificaciones puede aumentar debido a su localización en zonas de impacto directo o alcance de movimientos de masa y desbordes por crecidas.

3.3.1 Determinación de los criterios para definir los niveles de vulnerabilidad física ante amenazas del tipo movimientos de masa y crecidas por desborde

La finalidad fue definir los criterios que se incluyeron para estimar las edificaciones con limitantes, dependiendo de la tipología de construcción y de las condiciones de

sitio (áreas expuestas al impacto de movimientos de masa y de los desbordes por crecidas de la quebrada Milla), considerando para esto, los niveles de susceptibilidad presentados en el punto anterior. De esta manera se pudo estimar las edificaciones más propensas a sufrir daños en caso de presentarse alguna de las amenazas estudiadas en el trayecto urbano de la quebrada Milla. Los niveles de vulnerabilidad se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 9. Criterios para definir los niveles de vulnerabilidad

NIVELES DE VULNERABILIDAD	CARACTERISTICAS GENERALES
BAJO	<p>Incluye viviendas con tipologías constructivas C y B3 que corresponden a niveles de vulnerabilidad I y II según la clasificación de Ferrer y Laffaille (2004) ubicadas en sectores alejados de los bordes de los taludes y de las superficies de ruptura, áreas de baja susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa.</p> <p>Muy pocas limitaciones asociadas al desborde de le quebrada Milla distancias mayores a 50 metros del cauce principal.</p>
MEDIO	<p>Incluye viviendas con tipologías constructivas B4, B3 y B2 que corresponden a niveles de vulnerabilidad II, III y V según la clasificación de Ferrer y Laffaille (2004) ubicadas en sitios cercanos a las zonas de impacto directo e indirecto de movimientos de masa en el pie del talud y zonas de susceptibilidad media a la ocurrencia de movimientos de masa.</p> <p>Limitaciones asociadas con la dinámica de la quebrada Milla, con zona de desborde a partir de 25 hasta 50 metros de distancia del cauce para ambas márgenes.</p> <p>Se incluye también la tipología constructiva tipo C, cuando se cumplan las siguientes condiciones: se encuentre en la zona de desborde hasta 25 metros de distancia del cauce para ambas márgenes y zonas de impacto directo de movimientos de masa y nivel de susceptibilidad alta a los mismos.</p>
ALTO	<p>Incluye viviendas con tipologías constructivas R, A1, A2, A3, AB y B1, B2, B3, B4 que corresponden a niveles de vulnerabilidad II en adelante, según la clasificación de Ferrer y Laffaille (2004) ubicadas en zonas donde existen movimientos de masa activos y alta propensión o susceptibilidad alta a movimientos de masa. Restricciones asociadas al borde de taludes.</p> <p>Limitaciones asociadas con la dinámica de la quebrada Milla, con zona de desborde hasta 25 metros de distancia del cauce para ambas márgenes.</p> <p>Zonas de impacto directo de movimientos de masa en el pie del talud.</p>

3.4 Etapas o procedimientos para cumplir con la metodología propuesta

Existe una variedad de métodos y procedimientos para zonificar áreas susceptibles y evaluar niveles de vulnerabilidad ante amenazas como las que se destacan en este trabajo (movimientos de masa y desborde por crecidas). Cada área geográfica presenta características particulares como los aspectos físicos-naturales y los socioeconómicos y por ende se debe aplicar el método o procedimiento más adecuado para su estudio. Este trabajo fue realizado en cuatro etapas:

3.4.1 Revisión Información existente: bibliográfica y cartográfica

Se analizaron los trabajos de diversos autores, en los cuales se revisaron las metodologías usadas y desarrolladas para determinar áreas de riesgos, susceptibilidad, amenazas naturales y vulnerabilidad; a su vez toda la parte conceptual que compete a cada uno de los estudios realizados por esos autores y para el desarrollo de este trabajo. También, se revisaron trabajos realizados referentes al área de estudio; en los cuales fueron muy pocos los encontrados que sirvieran de apoyo al presente trabajo.

Con respecto a la información cartográfica se tomaron como base cuatro mapas: el mapa topográfico del área metropolitana de Mérida, realizado por IMPRADEM a escala 1:5000 a partir de fotografías aéreas tomadas en Noviembre de 1996, las cartas 5941-I-NO y 5942-II-SO, que corresponden al Ministerio de Obras Públicas del año 1979, Dirección de Cartografía Nacional, a escala 1:25000 vistas aéreas tomadas en el año 1952, y por último el mapa Geológico del Sector Tabay-Estanques, estado Mérida a escala 1:25000, realizado por Ferrer (1996).

3.4.2 Fotointerpretación

Una herramienta que es de gran ayuda en el momento de realizar visitas a campo y verificar procesos morfogénicos. Se utilizaron fotografías aéreas del año 1996 de la misión aerofotográfica 010486, de las cuales se tienen las fotos 422-423-424, 461-462, 570-571-572-573 y 882-883 a escala 1:12000.

3.4.3 Visitas a Campo

Se realizaron varias visitas al área de estudio con el objetivo de hacer un reconocimiento de campo con la finalidad conocer los procesos morfogénicos y variables que se deben tomar en cuenta al momento de establecer las áreas susceptibles y los niveles de vulnerabilidad que puedan presentarse. A su vez, permitió actualizar toda la información sobre la topografía, geología y geomorfología.

3.4.4 Elaboración Cartográfica

Se elaboraron varios mapas, base y temáticos, a saber: el mapa topográfico base del área de estudio (mapa 1) en el cual se representan las edificaciones, la vialidad, la red de drenaje completa y las curvas de nivel cada 10 metros; El mapa de Pendiente (mapa 2) se realizó a partir de la modificación de la clasificación utilizada para elaborar el mapa de pendientes según Suárez (1998) y que fue adaptada al área de estudio; se consideraron los siguientes rangos de pendiente: menor a 15°, 15 - 30°, 30 - 45°, mayor a 45°, ya que se consideran los más óptimos para el área de estudio. Para la información Geológica de la microcuenca (mapa 3) se utilizó el mapa elaborado por Ferrer (1996), a su vez este sirvió como base para realizar los rasgos geomorfológicos presentes en el área de estudio (mapa 4); la información obtenida del mapa fue mejorada a partir de las fotografías aéreas y levantamiento en campo. El mapa sobre la tipología constructiva (mapa 5) se realizó en base a la clasificación de edificaciones de acuerdo a su tipología, materiales de construcción propuesta por Ferrer y Laffaille (2004) y con la verificación en campo de todas las edificaciones ubicadas en el trayecto urbano de la quebrada Milla. Una vez que se obtuvo la información temática se digitalizaron los mapas utilizando los software Arcview 3.3 y Didger 3 y Arcgis 9.1, los cuales constituyen una herramienta esencial para obtener los resultados como el mapa 6 de zonificación de áreas susceptibles ante amenazas del tipo desbordes por crecidas y el mapa 7 de movimientos de masa, y por último el mapa 8 final de niveles de vulnerabilidad física el cual, se obtuvo superponiendo el mapa de tipología constructiva (mapa 5) y respectivamente los mapas 6 y 7.

En este último capítulo se hace mención a los resultados obtenidos para definir los niveles de susceptibilidad y de vulnerabilidad ante amenazas del tipo movimientos de masa y desbordes por crecidas en el trayecto urbano de la quebrada Milla; así como algunos de los aspectos analizados en cada uno de ellos y por último se analiza la percepción del riesgo (vulnerabilidad social). Estos aspectos revisten de gran importancia para la definición de los niveles de susceptibilidad y de vulnerabilidad en el sector.

4.1 Niveles de susceptibilidad a movimientos de masa

A continuación se establece la posible vinculación de cada una de las variables señaladas (Pendiente, Geología y Geomorfología) con la generación de movimientos de masa, a partir de los resultados obtenidos:

4.1.1 Pendiente

Como se refleja en el mapa 3, en el área de estudio se encuentran valores de pendiente mayores a 45° grados que coinciden con algunas zonas escarpadas de los taludes y cubren un área aproximada de 5,7 ha, al pie de los cuales se pueden localizar un aproximado del 35% de las edificaciones presentes en el área; del mismo modo podemos apreciar que donde se encuentran pendientes menores a 15 grados se ubica casi el 65% de las edificaciones restantes del área de estudio, representando un área de 139,5 ha; estos valores de pendiente son los más representativos por lo cual toman mayor importancia. Los rangos de valores entre (15° – 30°) y (30° – 45°) se ubican las zonas que coinciden con el pie del talud, donde el primero representa un área de 45,8 ha y el segundo 7,5 ha respectivamente.

4.1.2 Condiciones geológicas y geomorfológicas

Como se había mencionado en el capítulo II, en el área de estudio (trayecto urbano de la quebrada Milla) se encuentran tres unidades estratigráficas como son la

formación Palmarito, la formación Mucujún y los depósitos sedimentarios del Cuaternario, las cuales fueron estudiadas para explicar su susceptibilidad a sufrir amenazas por movimientos de masa.

Formación Palmarito: presenta un nivel de metamorfismo bajo, que se evidenció a través de las salidas de campo, encontrándose afloramientos de lutitas pizarrosas y en algunos casos pizarras filíticas de color verdoso, casi brechificadas (Figura 5) y muy alteradas en algunos sitios, al punto de convertirse en lodo. Por lo que se asume que la formación Palmarito desde el punto de vista de la clasificación litoestructural propuesta por Nicholson y Hencher (1997; en Suárez 1998) se comporta como una unidad de rocas anisotrópicas debilitadas tectónicamente, lo cual, junto al grado de meteorización que estas presentan, conlleva a catalogarla como una unidad de mala calidad geotécnica.

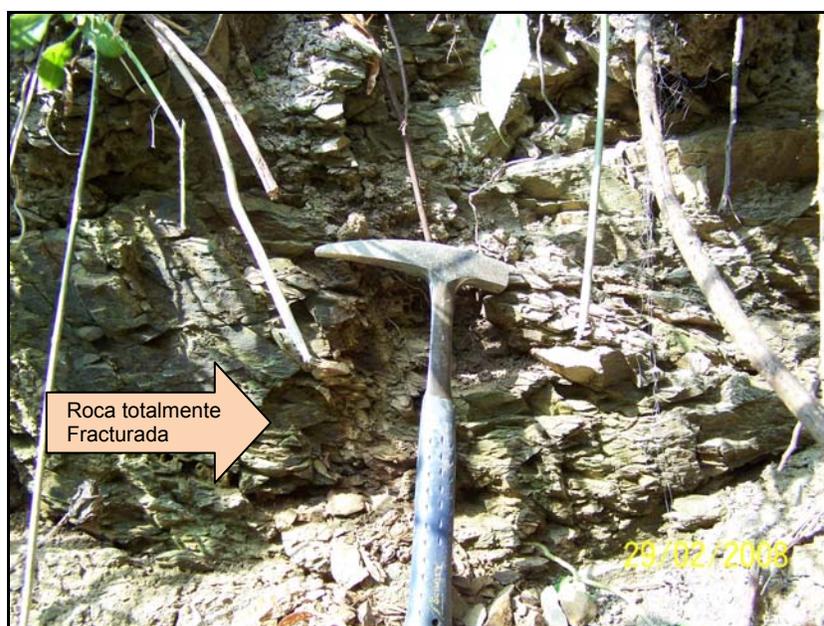


Figura 5. Rocas de la formación Palmarito (Filitas Pizarrosas)

Con respecto a la orientación de las estructuras, se verificó que estas son algo favorables a la ocurrencia de movimientos de masa, ya que buzan en dirección del corte del talud (en el caso de la vertiente izquierda de la quebrada).

En la misma vertiente izquierda de la quebrada, se localiza la falla La Hechicera, la cual es de carácter intraformacional en algunos sitios donde aflora la formación

Mucujún, y en otros, pone en contacto a la formación Palmarito con la formación Mucujún. En las zonas inmediatas a esta falla (hasta de 200 metros de distancia desde la misma) se observó un deslizamiento de tipo rotacional, de gran magnitud, ubicado al noreste del sector La Calera.

En las zonas intermedias (entre 200 a 600 m de distancia) se observaron otros tres deslizamientos del tipo rotacional, de menor magnitud; ubicados al este de los sectores La Campiña y Los Pinos respectivamente, y el ultimo ubicado detrás de la escuela ubicada en la entrada del Barrio El Amparo (Figura 6); probablemente todos ellos inducidos por la actividad de esta falla.

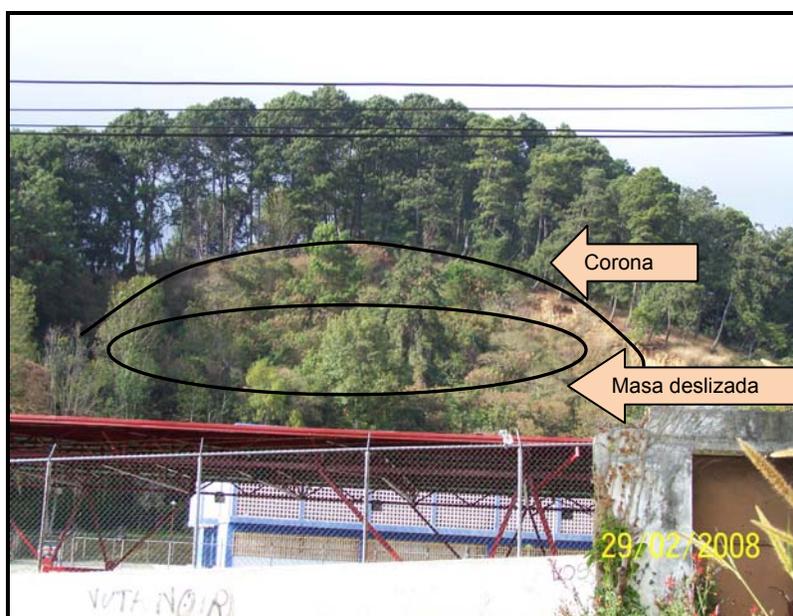


Figura 6. Deslizamiento rotacional en la formación Palmarito

Formación Mucujún: presenta afloramientos de areniscas sucias, de grano fino hasta conglomerático, intercaladas con limolitas y lodolitas moteadas que gradan a colores rojizos por meteorización (Figura 7). Esta unidad se encuentra bastante fracturada, presentando diaclasas perpendiculares y paralelas a los planos de estratificación con espaciamiento que varía desde 1cm hasta poco más de 2 m, (Figura 8). Se puede catalogar la formación Mucujún como una unidad de calidad media desde el punto de vista de la clasificación litoestructural propuesta por Nicholson y Hencher (1987; en Suárez 1998); se trata de rocas fuertes discontinuas, debilitadas tectónicamente.



Figura 7. Muestras de rocas de la formación Mucujún (Areniscas lodolitas y conglomerados)

Con respecto a la orientación de las estructuras, se verificó que estas son algo favorables a la ocurrencia de movimientos de masa de acuerdo a las observaciones realizadas en la vertiente izquierda de la quebrada.

El área donde aflora esta formación se encuentra afectada por la falla La Hechicera (Figura 9). Hecho este que contribuye al aumento de los niveles de susceptibilidad a movimientos de masa en las áreas adyacentes a la misma.

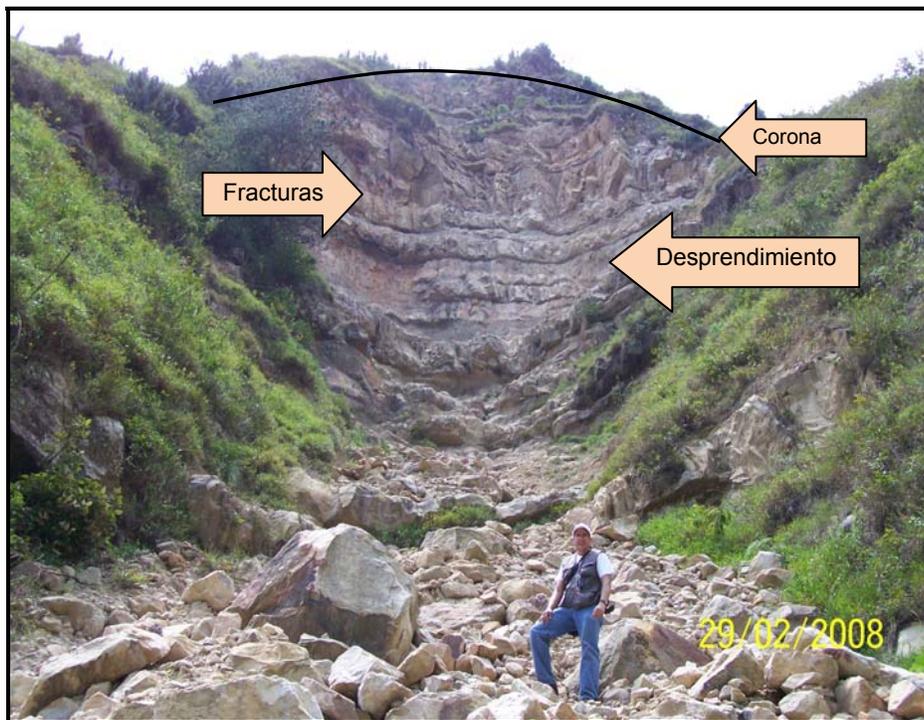


Figura 8. Desprendimiento de roca en la formación Mucujún



Figura 9. Falla la Hechicera y derrumbes de rocas correspondientes a la formación Mucujún

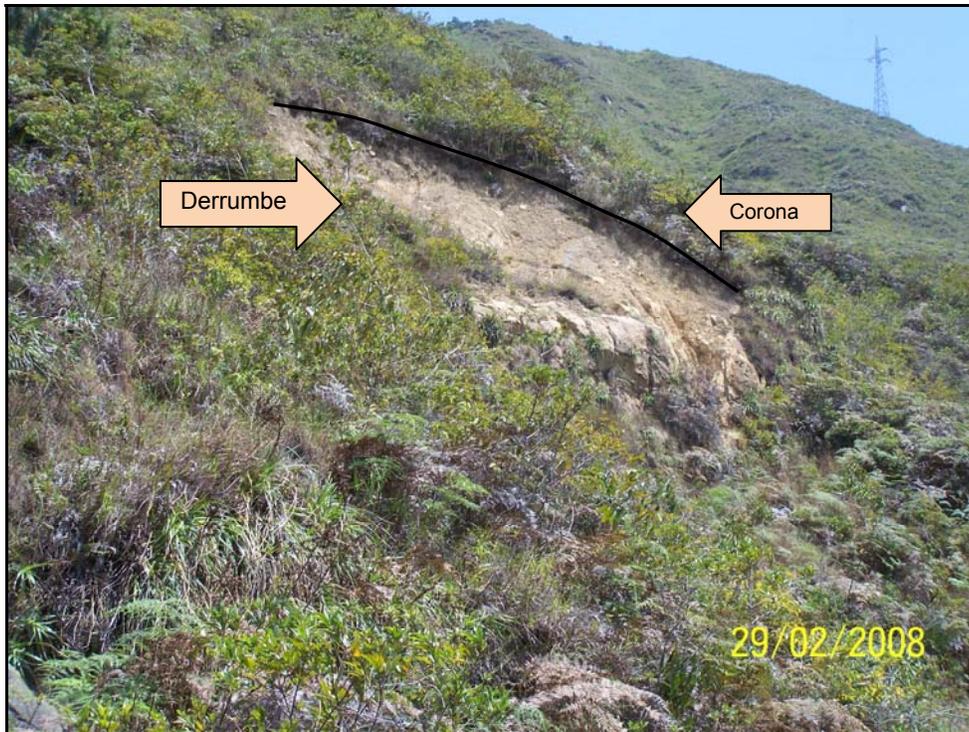


Figura 10. Grava de derrumbe de suelo y roca relacionados con la formación Mucujún

En los afloramientos de la formación Mucujún, ubicada en ambas vertientes, se observó la ocurrencia de movimientos de masa del tipo reptación, además de derrumbes y desprendimientos de roca y suelo, en los sitios que se mencionan a continuación: Al noroeste del barrio San Pedro, se localiza un proceso de desprendimiento, el cual, según versión de los vecinos, años atrás se activó generando la caída de una roca sobre una casa ubicada al pie de talud, ocasionando la muerte de una niña.



Figura 11. Derrumbe de suelo y roca y flujo de detritos correspondiente a la formación Mucujún

Al norte del sector La Calera hacia la vertiente izquierda de la quebrada Los Conucos (Figura 10). En la ladera derecha de la quebrada Los Conucos cerca de la naciente, se puede apreciar un gran proceso de desprendimientos de grandes bloques, caídos por gravedad, el cual no fue cartografiado por que no se poseía información base de curvas de nivel, pero que da una idea del comportamiento de esta unidad (Figura 8). Hacia el noreste del sector la Calera, se observa un proceso que puede haber comenzado como un derrumbe o un pequeño deslizamiento y luego se transformó en un flujo de detritos ayudado por el agua y la gravedad (Figura 11); este proceso tampoco fué cartografiado.

Depósitos sedimentarios: Estas acumulaciones presentan un nivel de meteorización moderado, que se evidencia por la presencia de rocas decoloradas y oxidadas a lo largo del tramo. El nivel de consolidación de estos depósitos es moderado a alto por lo que se catalogaron como rocas con apariencia de suelo según la clasificación litoestructural propuesta por Nicholson y Hencher (1997; en Suárez 1998). Este tipo de depósitos granulares es estable bajo condiciones estáticas, pero los movimientos sísmicos pueden causar el reacomodo de las partículas, generando asentamientos diferenciales, por lo que se asume una calidad media desde el punto de vista geotécnico.

En los sitios donde se encuentran masas deslizadas o desprendimientos de rocas sobre estos depósitos, especialmente al pie de los taludes; la susceptibilidad a movimientos de masa aumenta, ya que se asocian a zonas de impacto directo (limitantes asociadas al talud y a masas deslizadas). La presencia de la falla de La Hechicera, también contribuye a aumentar su susceptibilidad.

En el talud ubicado en la margen izquierda antes de la confluencia con el río Albarregas, se evidenció la presencia de desprendimientos de roca ocasionados por la socavación basal del talud (Figura 12).



Figura 12. Derrumbe de detritos por socavación lateral de la quebrada Milla

4.1.3 Niveles de susceptibilidad

Luego de realizar la superposición de los mapas mencionados y de haber determinado las áreas que tienen un comportamiento crítico, se procedió a definir los niveles de susceptibilidad a amenazas del tipo movimientos de masa. La asignación de calificaciones o valores a cada parámetro geológico, geomorfológico y de pendiente, de acuerdo a su grado de influencia sobre la susceptibilidad y posible amenaza que represente, de esta manera se obtuvo los siguientes niveles:

➤ **Susceptibilidad baja**

Áreas con un nivel bajo de susceptibilidad, coinciden con los sectores centrales de los depósitos sedimentarios de origen Cuaternario, cuyos rangos de pendiente son menores a 15°; donde los procesos geomorfológicos influyen con menor afectación o intensidad. Como son presentados en el siguiente cuadro:

Cuadro 10. Pesos asignados para la ocurrencia a movimientos de masa para definir el nivel de susceptibilidad baja

Factor o Parámetro	Característica presentes	Peso asignado
Formación Geológica	Calidad media	2
Fracturamiento	(No aplica para depósitos sedimentarios)	*
Pendientes	Menos de 15 °	1
Grado de Meteorización	Roca decolorada	1
Fallas	Ausencia de Fallas	1
Orientación de Las Estructuras	(No aplica para depósitos sedimentarios)	*
Presencia de movimientos de masa	Ausencia de movimientos de masa	*
Posible significado destructivo de los movimientos de masa presentes	*	*
Presencia de humedad	Húmedo	1
TOTALES		6

(*) Parámetro sin asignación.

➤ Susceptibilidad media

Este nivel de susceptibilidad media incluye áreas con rangos de pendiente menores a 15° y entre 15° - 30°, se presenta en algunas zonas donde las formaciones Palmarito y Mucujún presentan alteración y fracturamiento moderado a alto, y se encuentran alejadas de la falla de La Hechicera; se presenta también en sectores de los depósitos sedimentarios adyacentes a los taludes, cerca de las áreas de ocurrencia de movimientos de masa, áreas cercanas a las zonas de impacto directo por movimientos de masa (Cuadro 11).

Cuadro 11. Pesos asignados para la ocurrencia a deslizamientos para definir el nivel de susceptibilidad media

Factor o Parámetro	Característica presentes	Peso asignado		
		Formación Palmarito	Formación Mucujún	Depósitos sedimentarios
Formación Geológica	Mala calidad	3	-	3
	Media calidad	-	2	-
Fracturamiento	Muy fracturada	-	2	*
	Totalmente fracturada	3	-	-
Pendientes	Menos de 15 °	1	1	1
	15° - 30°	2	2	-
Grado de Meteorización	Roca muy meteorizada	3	-	-
	Roca moderadamente meteorizada	-	2	-
	Roca decolorada	-	-	1
Fallas	Ausencia de Fallas	0	-	-
	Presencia de Fallas	-	1	1
Orientación de Las Estructuras	Estructura algo favorable	1	1	*
Presencia de movimientos de masa	Presencia de movimientos de masa	1	1	*
Posible significado destructivo de los movimientos de masa presentes	Reptación	*	1	*
Presencia de humedad	Húmedo	1	1	-
	Flujo	-	-	3
TOTALES		13-14 **	12-13 **	9

(*) Parámetro sin asignación.

(**) Puede variar de acuerdo a la pendiente

➤ Susceptibilidad alta

Se presenta en sectores con condiciones geológicas-geomorfológicas que ofrecen poca estabilidad, debido a la baja calidad de las formaciones Mucujún y Palmarito,

producto de su litología, alto grado de meteorización y fracturamiento, incluyendo los rangos de pendiente (30° - 45°) y mayores a 45°; asociada a zonas de ocurrencia de movimientos de masa y zonas de impacto directo vinculadas al pie y borde de los taludes (Cuadro 12).

Cuadro 12. Pesos asignados para la ocurrencia a deslizamientos para definir el nivel de susceptibilidad alta

Factor o Parámetro	Característica presentes	Peso asignado		
		Formación Palmarito	Formación Mucujún	Depósitos sedimentarios
Formación Geológica	Mala calidad	3	-	3
	Media calidad	-	2	-
Fracturamiento	Muy fracturada	-	2	*
	Totalmente fracturada	3	-	
Pendientes	30° - 45°	3	3	-
	Mayor a 45°	4	4	4
Grado de Meteorización	Roca muy meteorizada	3	-	-
	Roca moderadamente meteorizada	-	2	-
	Roca decolorada	-	-	1
Fallas	Ausencia de Fallas	0	-	-
	Presencia de Fallas	-	1	*
Orientación de Las Estructuras	Estructura algo favorable	1	1	*
Presencia de movimientos de masa	Presencia de movimientos de masa	1	1	1
Posible significado destructivo de los movimientos de masa presentes	Reptación	-	1	-
	Deslizamiento Rotacional (asentamiento)	2	-	-
	Flujo de Detritos	-	3	-
	Desprendimientos o Caídos de Suelo	-	4	-
	Desprendimiento o Caído de Roca	-	5	5
Presencia de humedad	Húmedo	1	1	1
TOTALES		17-18**	>16***	15

(*) Parámetro sin asignación.

(**) Puede variar de acuerdo a la pendiente.

(**) Puede variar de acuerdo a los movimientos de masa presentes y las pendientes.

4.2 Niveles de susceptibilidad a desbordes por crecidas

Para definir los niveles de susceptibilidad a desbordes por crecidas en primer lugar se realizó el análisis de los parámetros morfométricos de la microcuenca de la quebrada Milla y de la capacidad hidráulica de algunas secciones, consideradas como críticas, del trayecto urbano, para de esta manera establecer el posible

comportamiento que tendrá en caso de alguna crecida extraordinaria, como se presenta a continuación:

4.2.1 Análisis morfométrico

La microcuenca de la quebrada Milla abarca un área de 8,48 km², presenta un sistema fluvial de orden 4 cuyas nacientes se ubican en el páramo Los Leones (como se mencionó en el capítulo II) y su cauce principal tiene una longitud de 9,8 km aproximadamente.

En el presente análisis se hace una descripción de las características morfométricas de la microcuenca de la quebrada Milla: la relación de forma, red de drenaje, pendiente media de la cuenca y del cauce principal. Todas las mediciones fueron realizadas a partir del mapa 2 a escala 1:25.000.

A continuación se presentan las características morfométricas estudiadas:

4.2.1.1 Relación de forma

Es un índice numérico que expresa la forma de la cuenca. Es importante señalar que se ha empleado solo el Coeficiente de Circularidad de Miller. El uso de la relación de forma de Horton, la cual es una de las más utilizadas no sería óptimo para el cálculo; debido a que cuando se hace uso de la longitud axial, que debe estar incluida dentro de toda la cuenca, esta queda casi en su totalidad por fuera del área considerada de la microcuenca de la quebrada Milla y por ende no se aplicó.

Coeficiente de Circularidad de Miller

El Coeficiente de Circularidad de Miller es el más indicado para el tipo de cuenca en estudio. Este parámetro se refiere a la relación que hay entre el área de la cuenca y el área de un círculo de igual perímetro que la misma.

$$R_c = 4\pi * (A / P^2)$$

Donde:

$$A = \text{Área de la cuenca} = 8,48 \text{ km}^2$$

$$P = \text{Perímetro} = 20,126 \text{ km}$$

$$R_c = 12,57 * (8,48 \text{ km}^2 / 405,06 \text{ km}^2) = 0,26$$

Con un valor obtenido de 0,26 indica ser un tipo de cuenca alargada (Ruiz, 2001) la cual tiene sus efectos desde el punto de vista hidrológico ya que, si la cuenca es alargada, hay menos probabilidad de ser afectada simultáneamente por una lluvia, lo cual disminuye la posibilidad de picos de crecidas violentos, por otra parte hay menos posibilidad que la escorrentía sea simultánea en toda la cuenca. Sin embargo, esto puede ser contrarrestado por lo pequeño de la cuenca lo cual puede traer como consecuencia que una lluvia o tormenta afecte toda la cuenca simultáneamente.

4.2.1.2 Red de Drenaje

Otro de los elementos en el análisis morfométrico es la red de drenaje, donde los parámetros que influyen en el aumento de la escorrentía en la microcuenca de la quebrada Milla se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 13. Algunas características de la red de drenaje de la cuenca de la quebrada Milla

Ordenes de los cauces (u)	Número de cauces por orden (Nu)	Relación de bifurcación $R_{bu} = \frac{Nu}{Nu(u+1)}$	Longitud del cauce (km.) $\Sigma L_{i,u}$	Longitud promedio del cauce de orden u (km.) $L_u = \frac{\Sigma l_{i,u}}{Nu}$	Relación de longitud $RL = \frac{L_u}{L_{u-1}}$
1	55	4,58	18,62	0,34	1,21
2	12	6,0	4,95	0,41	6,66
3	2	2	5,45	2,73	1,05
4	1		2,86	2,86	
		rb= 4,19	$\Sigma = 31,88$		

$$D = \frac{\Sigma \Sigma L_{i,u}}{A}$$

Donde:

D = Densidad de drenaje

$\Sigma \Sigma L_{i,u}$ = longitud de los cauces = 31,88 km

A = Área de la cuenca = 8,48 km²

$$D = \frac{31,88\text{km}}{8,48\text{km}^2} = 3,76 \text{ km / km}^2$$

La microcuenca de la quebrada Milla posee 70 cauces, de los cuales se tienen 55 de orden 1, 12 de orden 2, 2 de orden 3 y 1 de orden 4, que suman una longitud total de 31,88 km, y tiene una la relación de bifurcación (rb) de 4,19 (cuadro 13). Esta relación de bifurcación puede asociarse con picos de crecidas moderados. En la longitud promedio de los cauces se obtuvo valores de 2,86 km; 2,73 km; 0,41 km y 0,34 km, para los cauces de orden 4, 3, 2 y 1 respectivamente.

Por otra parte con una densidad de drenaje de 3,76 km/km² ((alta densidad) Strahler (1994); en Ruiz (2001) indica que hay una mayor concentración de escurrimiento por lo tanto mantiene un buen drenaje y fácil escurrimiento lo cual pudiera generar una buena respuesta en caso de tormentas.

4.2.1.3 Pendiente media de la cuenca

Para el cálculo de la pendiente media de la cuenca se usó la siguiente formula:

$$S_c = \frac{(\sum L_i * eq)}{A} * 100$$

Donde:

S_c = Pendiente media de la cuenca

eq = equidistancia = 0,1km

Σli = sumatoria de la distancias de cada curva de nivel = 54,80 km

A = área = 8,48km²

$$S_c = \frac{(54,80 \text{ km} * 0,1 \text{ km})}{8,48 \text{ km}^2} * 100 = 64,62 \%$$

Cuando el valor es mayor al 50% como es nuestro caso donde se tiene un resultado de 64,62% de pendiente media de la cuenca, se considera una pendiente muy fuerte, por lo tanto tiende a presentarse mayor velocidad y por ende un mayor arrastre de sedimentos. Ello representa un factor de riesgo de crecidas, debido al arrastre de

sedimentos que pudieran obstruir el cauce en los sitios donde hay puentes, ocasionando eventuales represamientos.

Cuadro 14. Distancia por curva de nivel

Cota (msnm)	Distancia (km.)
1.700	1,00
1.800	2,90
1.900	3,80
2.000	4,80
2.100	6,38
2.200	7,26
2.300	7,63
2.400	6,78
2.500	3,20
2.600	1,56
2.700	1,43
2.800	1,44
2.900	1,48
3.000	1,31
3.100	1,13
3.200	0,50
3.300	0,34
3.400	0,23
3.500	0,43
3.600	0,59
3.700	0,48
3.800	0,13
total	54,80

Los datos se tomaron del mapa 2, donde se procedió a medir las curvas de nivel de cada 100 metros que se encuentran dentro de los límites de la microcuenca de la quebrada Milla, de esta manera se obtuvo los datos presentados en el cuadro 14.

4.2.1.4 Pendiente media del cauce principal.

Los datos del perfil longitudinal de la quebrada Milla se indican en el cuadro 20. En dicho cuadro se señalan las curvas de nivel, la distancia progresiva, la distancia

vertical y horizontal y por último las pendientes para cada cota; que se encuentran desde su nacimiento hasta su desembocadura en el río Albarregas.

Cuadro 15. Características del perfil longitudinal de la quebrada Milla

Cota	Progresiva	Δhi (DV)	Δli (DH)	Si
3.160	0+000			
		60	90	66,67
3.100	0+090			
		100	130	76,92
3.000	0+220			
		100	130	76,92
2.900	0+350			
		100	200	50,00
2.800	0+550			
		100	125	80,00
2.700	0+675			
		100	106	94,34
2.600	0+791			
		100	190	52,63
2.500	0+971			
		100	210	47,62
2.400	1+181			
		100	450	22,22
2.300	1+631			
		100	690	14,49
2.200	2+321			
		100	1090	9,17
2.100	3+411			
		100	825	12,12
2.000	4+236			
		100	600	16,67
1.900	4+636			
		100	520	19,23
1.800	5+356			
		100	2175	4,60
1.700	7+531			
		80	2300	3,48
1.620	9+831			
		$\Sigma=1.540$	$\Sigma=9.831$	

La pendiente media del cauce principal se determina utilizando la siguiente formula:

$$S = \frac{\sum Ah_i}{\sum Al_i} * 100$$

Donde:

S = Pendiente media del cauce

$\sum Ah_i$ = sumatoria del desnivel entre cada cota

$\sum Al_i$ = sumatoria de la longitud del cauce entre cada cota

$$S = \frac{1.540}{9.831} * 100 = 15,7 \%$$

La pendiente media del cauce es relativamente alta (15,7 %), lo cual hace que esta se comporte como una quebrada torrencial; es importante destacar que el valor de pendiente incrementa la velocidad de la corriente y la capacidad de arrastre de sedimentos, por lo tanto se trata de una microcuenca susceptible a desarrollar mayor violencia en sus crecidas.

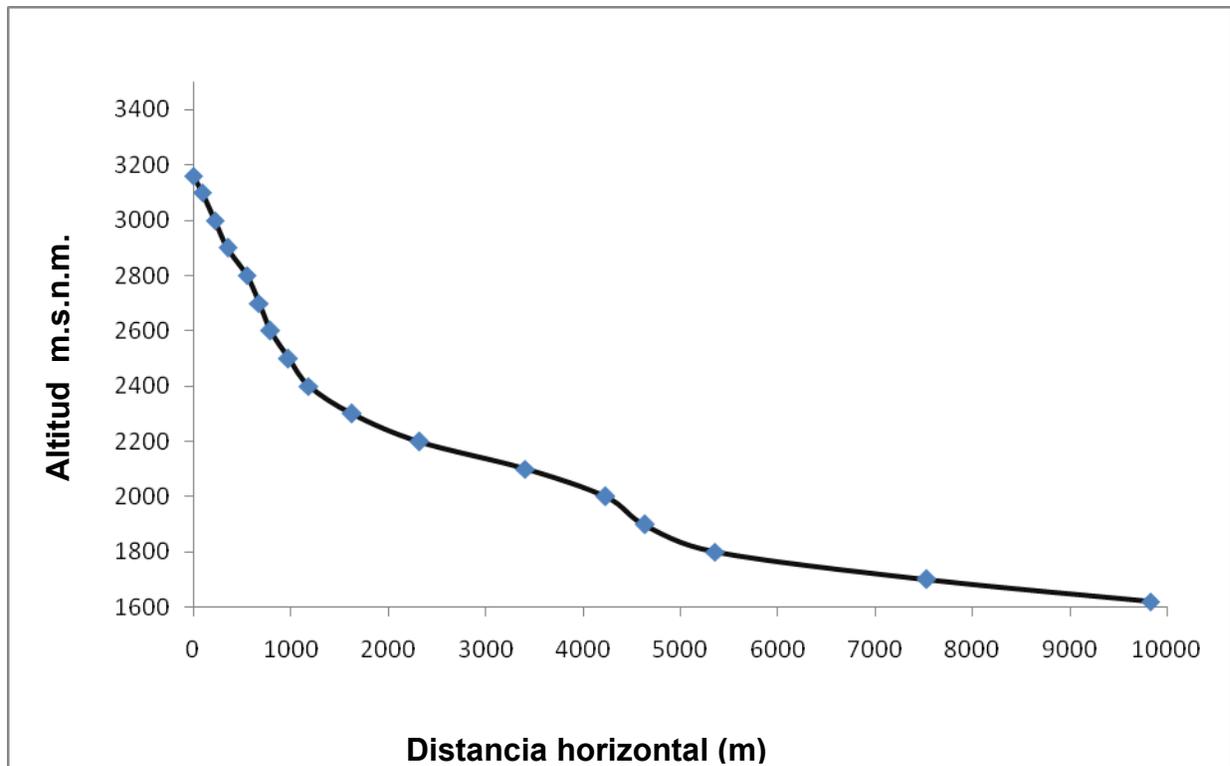


Figura 13. Perfil longitudinal del cauce principal de la quebrada Milla

Los datos del cuadro 15 son extrapolados para generar el perfil longitudinal; resultando una curva bastante regular, presentando pendientes mas pronunciadas en la parte superior de la quebrada a unos 3160 msnm y descendiendo hasta los 2400 msnm aproximadamente, en este punto las pendientes se comienzan a hacer menos pronunciadas hasta la cota 2000 msnm donde se observa un salto abrupto hasta la cota 1800 a partir del la cual comienza el trayecto urbano de la quebrada, con una pendiente mucho más suave, como se refleja en la figura 13.

4.2.2 Capacidad hidráulica

La finalidad fue verificar en algunas secciones de flujo del trayecto urbano, consideradas como críticas su capacidad hidráulica. Este análisis además de haber proporcionado una visión cuantitativa, ayuda en el estudio del comportamiento de la quebrada ante desbordes por crecidas.

Para este punto se tomó como base de cálculo la formula de Manning:

$$Q = A \cdot V$$

Donde:

Q= Capacidad hidráulica m³/s

A = Área de la sección

V = Velocidad

$$V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

n = Coeficiente de rugosidad = 0,050

R = Radio hidráulico = A/P

P = Perímetro mojado de la sección

S = Pendiente longitudinal del cauce

Para seleccionar el valor de “n” de Manning, fue asumido por medio de la comparación de cauces de las mismas características como los de tipo de montaña como lo explica Ruiz (2001) y del análisis de trabajos previos en el área de estudio como el de Lluncor (2004), por lo cual se tomó el valor de 0,050.

Se consideraron 6 secciones identificadas a través de reconocimiento de campo; vistas desde aguas arriba en el sentido del flujo de la quebrada, las cuales corresponden a una serie de puentes ubicados a lo largo del trayecto urbano de la quebrada Milla, considerados por su fácil acceso y para la realización de las mediciones. En cada una se realizó la medición del ancho y alto del espejo de agua como se refleja en el cuadro 16, a su vez, de la distancia que tiene por ambos lados hasta el talud, casa o muro más cercano, como se puede apreciar desde la figura 14a hasta la 19b.

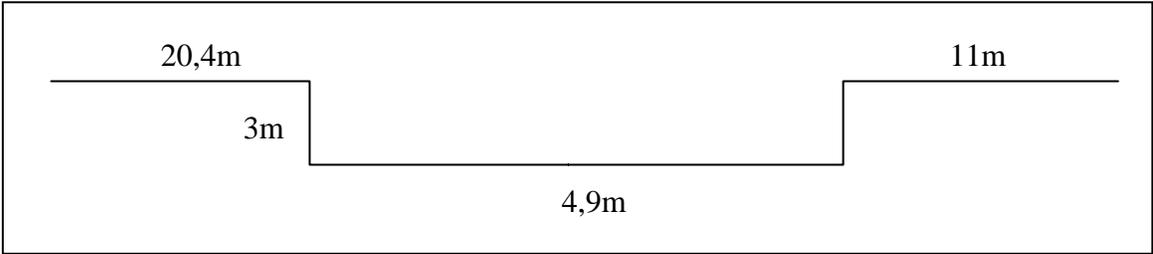


Figura 14a. Sección puente de entrada al barrio San Pedro

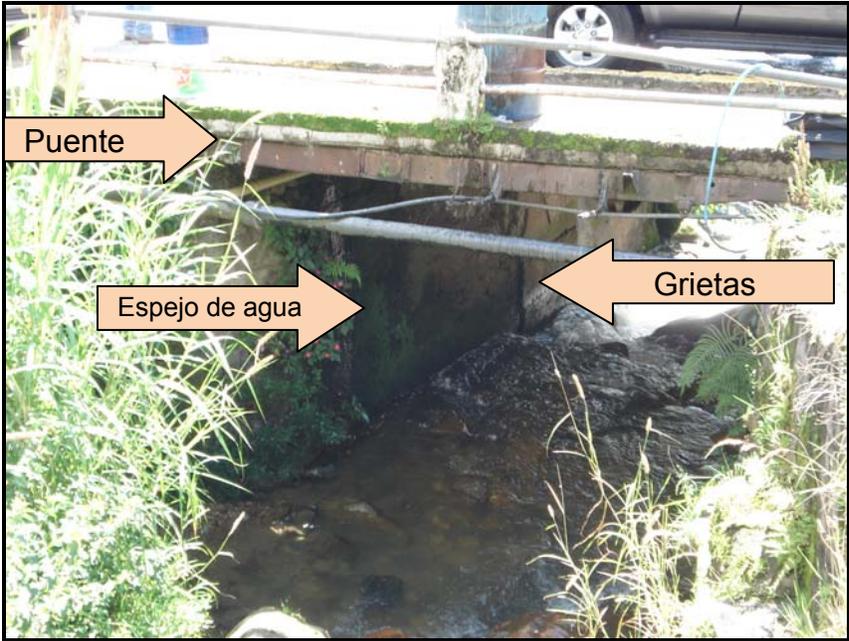


Figura 14b. Sección puente de entrada al barrio San Pedro

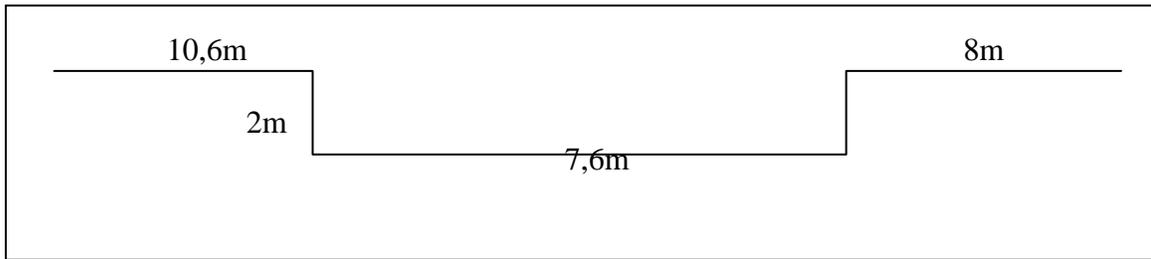


Figura 15a. Sección puente de entrada a La Hechicera

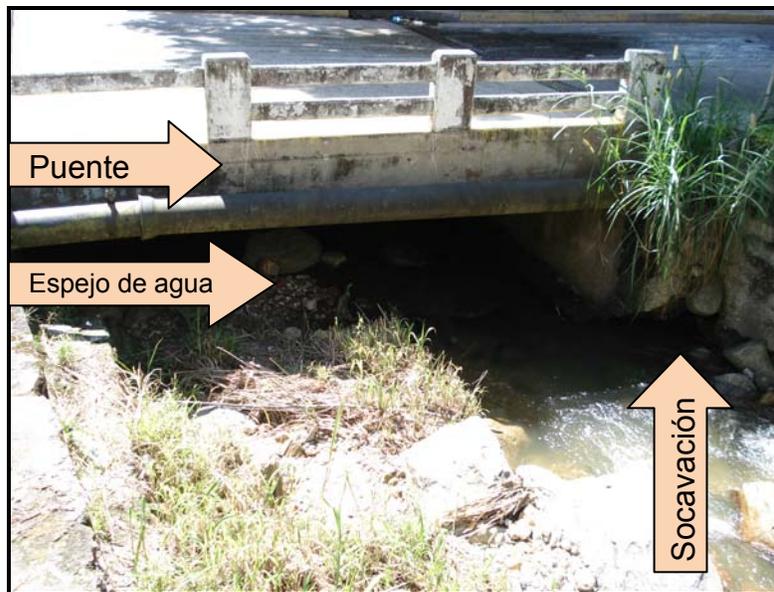


Figura 15b. Sección puente de entrada a La Hechicera

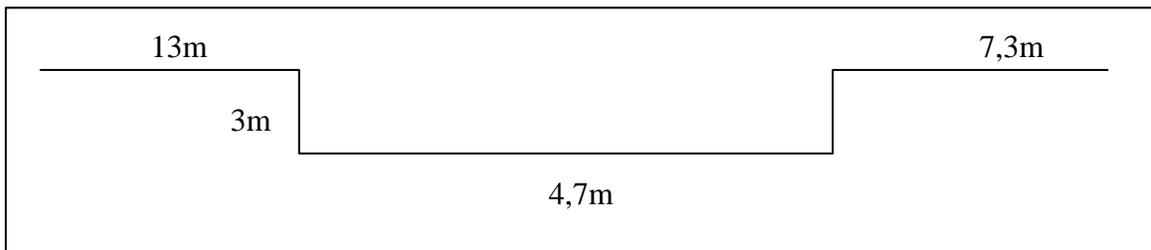


Figura 16a. Sección puente más arriba de la entrada al Barrio Unión



Figura 16b. Sección puente más arriba de la entrada al Barrio Unión

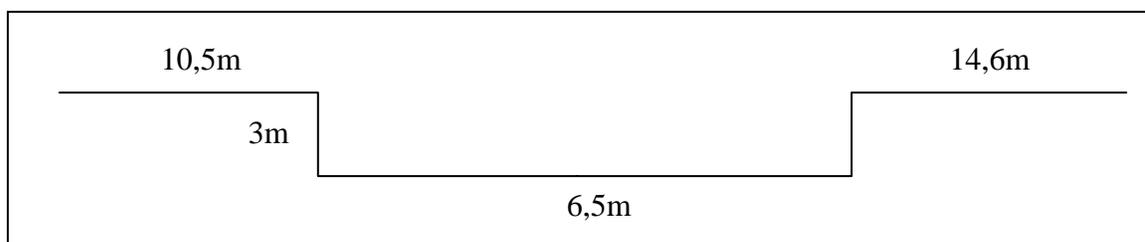


Figura 17a. Sección puente de entrada al sector La Calera

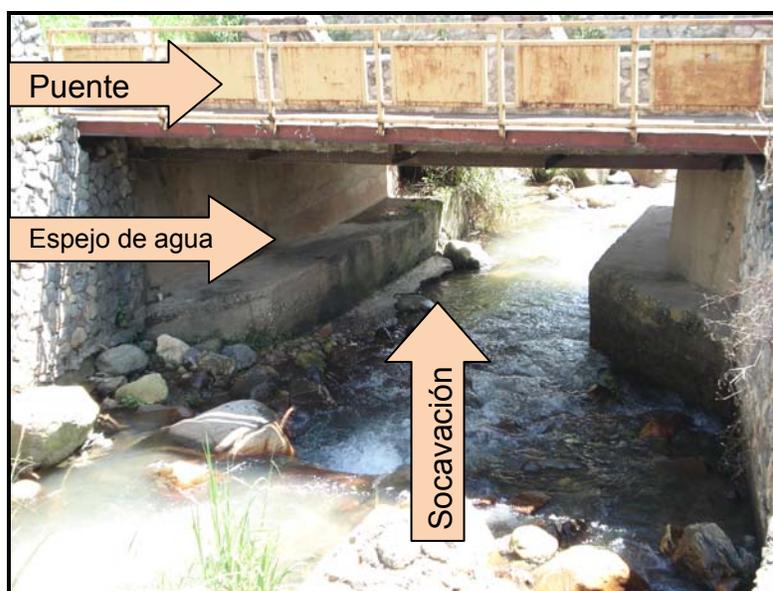


Figura 17b. Sección puente de entrada al sector La Calera

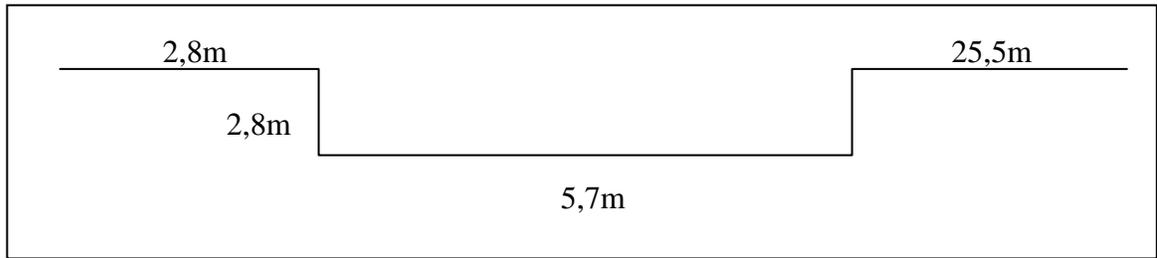


Figura 18a. Sección puente de entrada vía principal los Chorros



Figura 18b. Sección puente de entrada vía principal los Chorros

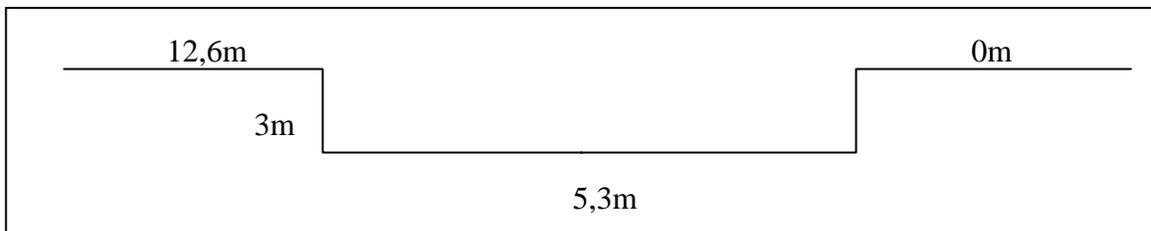


Figura 19a. Sección puente de entrada al barrio San Benito



Figura 19b. Sección puente de entrada al barrio San Benito

Cuadro 16. Capacidad hidráulica de algunas secciones flujo consideradas como críticas

Sección	Ubicación	X alto	Y ancho	A (m ²)	P (m)	R	R ^{2/3}	S (%)	S ^{1/2}	V (m/s)	Q (m ³ /s)
1	Puente entrada Barrio San Pedro	4,9	3,0	14,70	10,90	1,35	1,22	6,8	0,261	6,37	93,62
2	Puente vía la Hechicera	7,6	2,0	15,20	11,60	1,31	1,20	8,9	0,298	7,15	108,71
3	Puente arriba entrada Barrio Unión	4,7	3,0	14,10	10,70	1,32	1,20	7,7	0,277	6,65	93,74
4	Puente entrada sector La Calera	6,5	3,0	19,50	12,50	1,56	1,35	6,2	0,249	6,72	131,10
5	Puente entrada los Chorros	5,7	2,8	15,96	11,30	1,41	1,26	4,2	0,205	5,17	82,45
6	Puente entrada San Benito	5,3	3,0	15,90	11,30	1,41	1,26	4,7	0,217	5,47	86,95

Los datos obtenidos en el cuadro anterior son comparados con los caudales pico de crecientes con períodos de retorno de 50 y 100 años (cuadro 17), los cuales fueron

tomados del trabajo de Silva (1990) en el cual se estudiaron una serie de tramos de la quebrada Milla (figura 20):

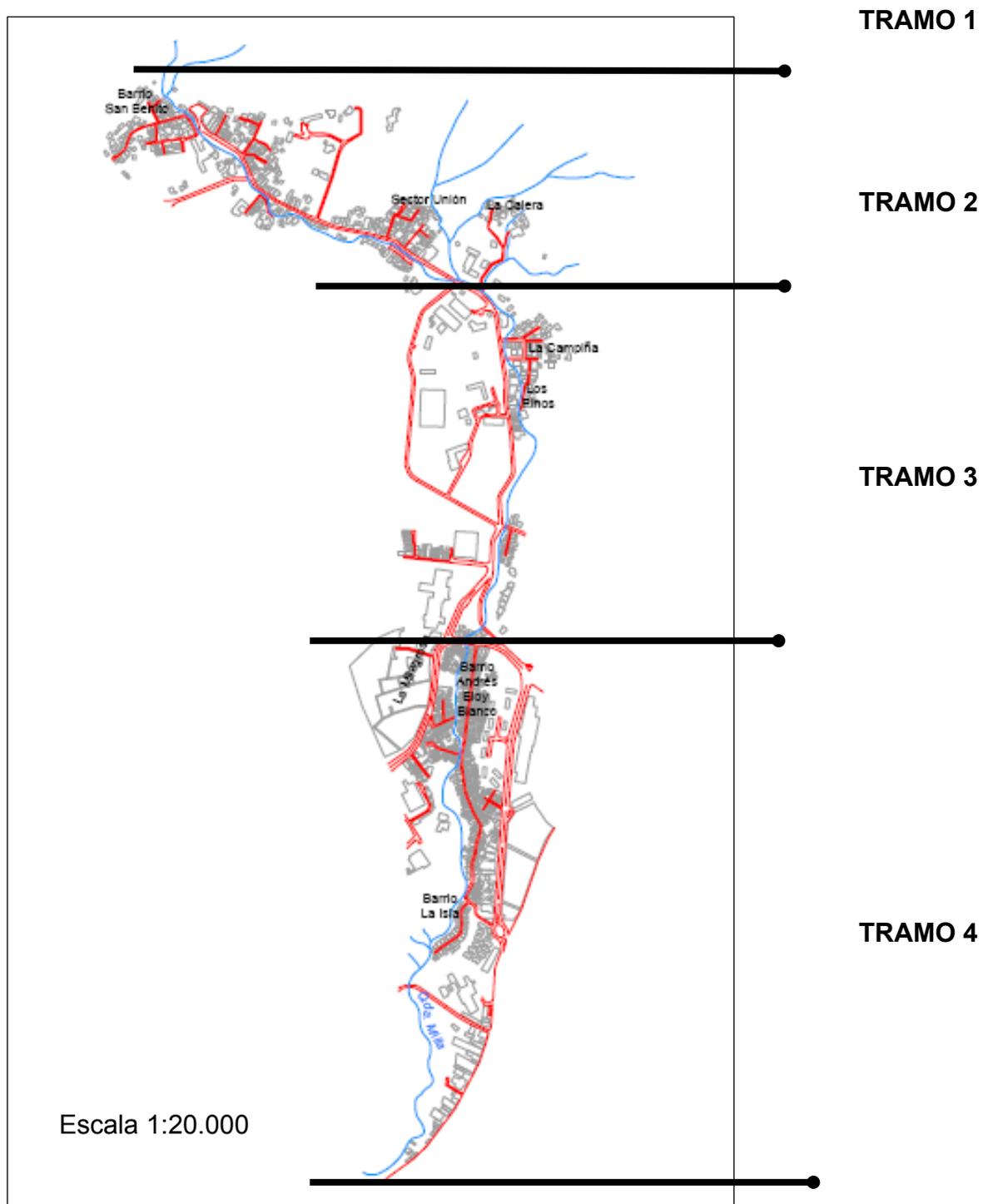


Figura 20. Tramos de la quebrada Milla

Tramo 1: Parque zoológico Los Chorros de Milla.

Tramo 2: Aguas abajo del parque hasta frete la entrada la Calera.

Tramo 3: Aguas abajo entrada la Calera hasta puente de la Av. los Próceres.

Tramo 4: Aguas abajo puente de la Av. los Próceres hasta su desembocadura con el río Albarregas.

Es importante destacar que, para establecer el caudal sólido o aporte de sedimentos se utilizó el método que permite multiplicar el caudal por un incremento del 15%, 30% y hasta 50%, esto dependiendo de las características de las cuencas (Delgadillo, 2005). Para efectos de este trabajo se consideró solo multiplicar los caudales máximos de la quebrada por un 30% de incremento, ya que la superficie total de la microcuenca de la quebrada Milla es relativamente pequeña. Pero esto puede ser contrareestado con el 64,62% de pendiente media de la cuenca, la cual se considera una pendiente muy fuerte, por lo tanto tiende a presentarse una mayor velocidad y por ende un mayor arrastre de sedimentos, como se mencionó anteriormente.

Cuadro 17. Caudales Pico de crecientes de la quebrada milla en m³/s y considerando aporte de sedimentos

Tramos	(m ³ /s) Períodos de Retorno (años)		Aumento de caudal por aporte de material Sólido	
	50	100	Incremento del 30% (50años)	Incremento del 30% (100años)
1	19,6	24,3	25,5	31,6
2	25,6	31,1	33,3	40,4
3	43,4	51,5	56,4	66,9
4	52,6	63,2	68,4	88,9

Fuente: modificado a partir de Silva, 1990

Como se pudo comprobar, los resultados de la capacidad hidráulica de las secciones son superiores a los datos con períodos de retorno para 50 y 100 años y con aportes

de sedimentos. Si se toma en cuenta solo la parte cuantitativa de los resultados se diría que la quebrada no irá a sufrir algún desborde en los próximos 100 años, sin embargo la realidad es otra ya, que en los últimos años la quebrada se ha desbordado en varias ocasiones. Este comportamiento podría deberse, a lo que fue mencionado anteriormente respecto, a la pendiente media de la cuenca o al aporte de sedimentos que pueden causar posibles represamientos, especialmente en los puentes debido al arrastre de grandes bloques en tránsito por el cauce de la quebrada y grandes cantidades de sedimentos de menor tamaño.

De los parámetros morfométricos estudiados, se desprende que la quebrada Milla presenta alta propensión a crecidas. Esto quiere decir, que al momento de presentarse una precipitación excepcional se incrementaría el flujo de agua, la velocidad de la corriente y la capacidad de arrastre de sedimentos. En ella puede obstruir el cauce en los sitios donde las secciones transversales son menores debido al embaulamiento de la quebrada, como es el caso de los puentes, causando desbordes. También en los puntos donde hay un cambio en la dirección del cauce se podría desbordar la quebrada, por acción del aumento de la velocidad que puede generar socavamiento lateral basal, aportando material que puede obstruir el cauce.

Por otra parte, Lluncor (2004) afirma en sus conclusiones, que en el tramo de la quebrada Milla existen dos sitios críticos, propensos a presentar desbordes por crecidas con periodos de retorno de 25 años, como lo son el puente de la posada el Remanso de los Chorros y el puente al frente del restaurant Tía Mila; a su vez incluye otros sitios menos críticos como el puente entrada al barrio San Pedro, puente la Hechicera y el de aguas abajo de la U.E. Camilo Contreras.

A su vez, los casos de desbordes que se han dado en la quebrada responden a momentos donde las precipitaciones son muy altas en cortos periodos de tiempo, dichos desbordes se presentaron en sitios puntuales. Esto no quiere decir que en caso de que se presenten precipitaciones excepcionales se vuelva a repetir una crecida y se vaya a desbordar la quebrada; sin embargo se debe contemplar esa posibilidad.

Por tal motivo para poder establecer áreas protectoras ante la posible afectación directa por un desborde, se tomó como base la “ley forestal de suelos y aguas y su reglamento” gaceta oficial No 1004, la cual en el artículo 17, declara las zonas protectoras de la siguiente manera: una zona mínima de cincuenta (50) metros de ancho a ambos márgenes de los ríos navegables y una de veinticinco (25) metros para los cursos no navegables permanentes o intermitentes”.

En tal sentido se establecieron áreas de impacto directo a una distancia de 25 metros del cauce principal para ambos márgenes, donde los niveles de susceptibilidad a desbordes son relativamente altos, entre 25 y 50 metros de distancia en ambos márgenes, a partir del cauce principal, que revisten niveles medios de susceptibilidad a desbordes; y distancias mayores a 50 metros para el nivel de susceptibilidad baja. De esta misma manera se diseñaron unos “buffers” adicionales para los cursos de agua tributarios del cauce principal, como la quebrada Los Conucos, ya que revisten de importancia en el posible desborde de los mismos en caso de alguna crecida. Dichos “buffers” contemplan una distancia máxima de 10 metros a partir del cauce principal para el nivel de susceptibilidad alta y entre 10 y 20 metros para el nivel de susceptibilidad media.

Con la ayuda de las fotografías aéreas, se verificaron las zonas de afectación directa de la quebrada realizando una superposición de estas con las zonas protectoras planteadas para adaptarlas a la realidad de la microcuenca.

4.2.3 Criterios para la determinación de niveles de susceptibilidad a desbordes por crecidas:

➤ Susceptibilidad baja

Incluye aquellos sectores alejados de los márgenes de la quebrada Milla a más de 50 metros de distancia del cauce principal y con una diferencia altitudinal entre 5 y 10 con respecto al mismo, donde los procesos hidrológicos influyen con menor afectación e intensidad.

➤ **Susceptibilidad media**

Incluye las zonas de desborde de la quebrada a ambos márgenes con distancias de entre 25 y 50 metros del cauce principal, y entre 10 y 20 metros de los afluentes al cauce principal; con diferencias altitudinales con respecto al cauce que varían entre 3 y 5 metros.

➤ **Susceptibilidad alta**

Sectores que presentan restricciones asociadas a sitios críticos de desborde en la quebrada Milla, como se mencionó anteriormente, y zonas de impacto directo, asociadas a distancias menores a 25 m. del cauce principal y menos de 10 metros de los afluentes al cauce principal, con cotas muy cercanas a las del cauce (entre 0 y 3 metros de diferencia altitudinal).

4.3 Niveles de vulnerabilidad física

4.3.1 Tipología constructiva

Para el trayecto urbano de la quebrada Milla se tiene un total de 1.268 edificaciones que están representadas en el mapa 6; las cuales fueron verificadas a través de salidas de campo y con ayuda de algunas planillas catastrales obtenidas de la oficina de catastro de la alcaldía del Municipio Libertador, donde se obtuvo la información necesaria para determinar los tipos de edificaciones presentes según la tipología constructiva considerada en la metodología. Siguiendo estos pasos se encontraron para el área de estudio solo cinco tipos de construcciones que son los más representativos.

De la clasificación de las edificaciones de acuerdo a su tipología constructiva y materiales de construcción considerados tenemos el tipo **AB** que comprende paredes de tierra o bloque, columnas y techo con teja, el cual representa solo el 1% del total de edificaciones; el tipo **B2** que se describe con paredes de bloque, machones y techo de zinc, el cual solo representó un el 5%, el tipo **B3** con paredes de bloque, columnas y vigas que corresponde al 38%; el tipo **B4** descrito con paredes de bloque, columnas y techo de zinc el cual tiene la mayor representación

con un 51% del total; y por último la tipología de construcción **C** que es el denominado diseño estructural el cual solo representa un 5% del total de las edificaciones, como se aprecia en la figura 21.

Es importante destacar que el mapa 6 refleja áreas denominadas manzanas, las cuales son sectores (barrios o caseríos) que están ubicadas dentro del área de estudio, pero no forman parte del análisis del presente trabajo.

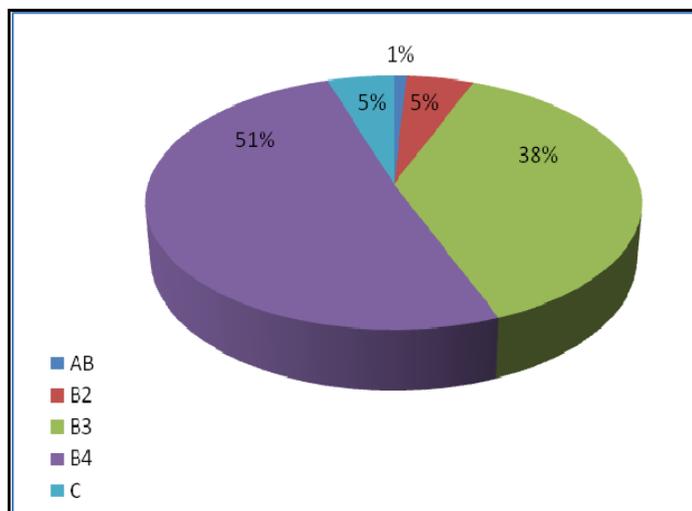


Figura 21. Clasificación de las edificaciones de acuerdo a su tipología constructiva

Como se había mencionado en el capítulo anterior, los niveles de vulnerabilidad física se asumieron a partir de las características de la tipología de construcción según la clasificación propuesta por Ferrer y Laffaille (2004). Las condiciones tipológicas que pueden incrementar la vulnerabilidad física dependen del peso de la construcción y de algunas características observadas en campo como las viviendas ubicadas en zonas de impacto directo o alcance de movimientos de masa y desbordes por crecidas. De tal manera, se incluyeron dentro del nivel de vulnerabilidad baja, todas aquellas edificaciones que corresponden a los niveles I y II de la misma clasificación; en el nivel de vulnerabilidad media las que corresponde a los niveles que van del III al V según los autores mencionados y en el nivel de vulnerabilidad alta las edificaciones que se encuentran desde el nivel VI en adelante.

Tomando como base el mapa de tipología de construcción (mapa 5) y realizando la superposición con las condiciones de sitio: mapas de niveles de susceptibilidad a desbordes por crecidas y de movimientos de masa (mapas 6 y 7); y representando cada edificación según la clasificación de vulnerabilidad física descrita, se obtuvo el mapa 8 de niveles de vulnerabilidad

De acuerdo a lo indicado, se establecieron los criterios para definir los tres niveles de vulnerabilidad física, como se expresa a continuación:

4.3.2 Criterios para definir los niveles de vulnerabilidad física:

➤ Vulnerabilidad baja

En este nivel predominan las edificaciones del tipo **B3** y **B4** localizadas en zonas de pendientes bajas (menores a 15°), en sectores alejados de las zonas de desborde de la quebrada a más de 50 metros de distancia del cauce principal, a su vez fuera del alcance de los movimientos de masa del pie y borde del talud (Figura 22); también se encuentran las edificaciones del tipo **C**, las cuales se encuentran en las zonas con distancias mayores a 25 metros del cauce principal, y a distancias considerables del pie y borde del talud, relativamente alejadas de las áreas de impacto directo por movimientos de masa. El 17 % del total de construcciones presentes en el área de estudio se incluyen en el nivel de vulnerabilidad baja.

➤ Vulnerabilidad media

En este nivel se encuentran las edificaciones del tipo **B3** y **B4** localizadas en zonas de pendientes menores a 15° y algunas en pendientes entre 15° y 30°, sectores alejados de las zonas de desborde de la quebrada a más de 25 metros de distancia del cauce principal, a su vez alejadas de las zonas de impacto directo por movimientos de masa del pie y borde del talud; también encontramos edificaciones del tipo **C**, que están ubicadas en las zonas de desborde de la quebrada hasta los 25 metros de distancia del cauce principal, y en las zonas de impacto directo a movimientos de masa, al pie y borde del talud (Figura 23). Este nivel de vulnerabilidad media está representado por el 28 % del total de construcciones presentes del área de estudio.



Figura 22. Vivienda ubicada en sector Unión



Figura 23. Edificio ubicado en el borde del talud de la Avenida Universidad

➤ **Vulnerabilidad alta**

En este nivel se tienen edificaciones del tipo **AB**, **B2**, **B3** y **B4** las cuales predominan en las zonas pendientes menores a 15° y otras en menor cantidad en los sectores con pendientes de 15° a 30°, 30° a 45° y mayores a 45° (Figuras 24, 25 y 26), ubicadas en las zonas de impacto directo a desborde de la quebrada hasta los 25 metros de distancia del cauce principal y en las zonas de impacto directo por movimientos de masa, al pie y borde del talud.

Este nivel de vulnerabilidad alta está representado por un 55 % del total de edificaciones presentes, lo cual podría deberse a la falta de planificación urbana y la construcción sin ningún tipo de asistencia o normatividad técnica.



Figura 24. Viviendas de alta vulnerabilidad debido a una alta densidad constructiva, ubicadas en el pie y borde del talud



Figura 25. Viviendas ubicadas en el talud y pie del talud del sector La Campiña



Figura 26. Viviendas ubicadas en avenida principal Los Chorros; vulnerabilidad asociada con impactos directos por desbordes

4.4 Vulnerabilidad social

Como se mencionó en el capítulo anterior se elaboró y aplicó la encuesta de percepción de riesgo (Anexo 2), la cual permite obtener información sobre la vulnerabilidad social de la zona, el comportamiento de los individuos y de la comunidad ante las potenciales amenazas a las cuales están expuestos.

Para la realización de las encuestas se tomó una muestra aleatoria correspondiente a un 15% del aproximado total de edificaciones y viviendas localizadas en el área de estudio que pudieron ser encuestadas, ya que se encuentran muchas edificaciones las cuales por su uso únicamente comercial y para efectos de encuesta no fue posible, por su condición o porque los propietarios no se mostraron a gusto con las mismas.

Los dos sectores en los cuales fue dividida el área de estudio para hacer más fácil el trabajo de campo y la interpretación de los resultados obtenidos de la encuesta se definen de la siguiente manera:

Sector 1: Comprendido desde el parque los Chorros hasta el puente de la Av. los Próceres que corresponde a la entrada al barrio Andrés Eloy.

En este sector se presenta una variada tipología constructiva: se ubican edificaciones paralelas a lo largo del trayecto de la quebrada y en el talud y pie del talud. La población encuestada está consciente de que puede verse afectada por alguna de las amenazas estudiadas en el trabajo y algunas de estas personas las han presenciado y saben del peligro o riesgo que corren al vivir allí.

Los habitantes de este sector tienen unos ingresos familiares promedios mensuales de entre 500 y 800 bolívares (BsF) y con respecto al grupo familiar, el 62% de las viviendas tienen más de 5 habitantes, y un 70% posee más de 10 años de residencia en el sector.

Sector 2: Comprendido desde la entrada del barrio Andrés Eloy hasta el barrio la Isla.

Al igual que el sector 1 se presenta una variada tipología constructiva, todas las edificaciones se encuentran a ambos márgenes de la quebrada Milla. Estas viviendas se encuentran protegidas por un muro del embaulado de la quebrada diseñado hace años atrás. La estructura tiene una altura aproximada de 20 metros protegiendo las viviendas en caso de alguna crecida, sin embargo, esto se presenta solamente en la parte alta del sector. Sus habitantes alegan que no hay mucho peligro, es importante señalar que ellos desconocen la importancia del muro en la protección de sus hogares, de allí la importancia de un mantenimiento riguroso para evitar el colapso del mismo. Por otra parte, en la zona más baja del sector se ha visto mayormente afectada ante estos eventos por tal motivo están consciente que podrían verse afectados ante alguna crecida.

Este sector Incluye habitantes con ingresos familiares promedio mensuales mayores a 800mil, el 52% de las viviendas tienen menos de cinco (5) personas y un 76% posee más de 10 años de residencia en el sector.

Con respecto a los resultados obtenidos de las encuestas realizadas en el área de estudio, se obtuvo lo siguiente:

Un 72,8 % de los encuestados posee más de diez años de residencia en la zona; la población se encuentra entre las edades de 19 a 50 años (adultos) que representan el 65,4% seguido muy por las edades mayores a 51 años (viejos). La mayoría de la población, que habita el sector, se encuentra trabajando, ya sean fijos o temporales, seguida por un población estudiantil típica en la ciudad de Mérida y ocupan el ultimo lugar los desempleados o discapacitados.

El rango mensual del sueldo promedio de los habitantes oscila entre 500,001 y 800 bolívares (BsF), la mayoría habita en casas que comprende el 87% de la población, el resto lo incluyen quintas (Figura 27); la tenencia de la vivienda es propia en su mayoría. Con respecto a la tipología de construcción el 100% está construido con

bloques y a su vez todas las viviendas tienen disponibles todos los servicios como agua, acueducto, luz eléctrica, gas y accesos pavimentados.

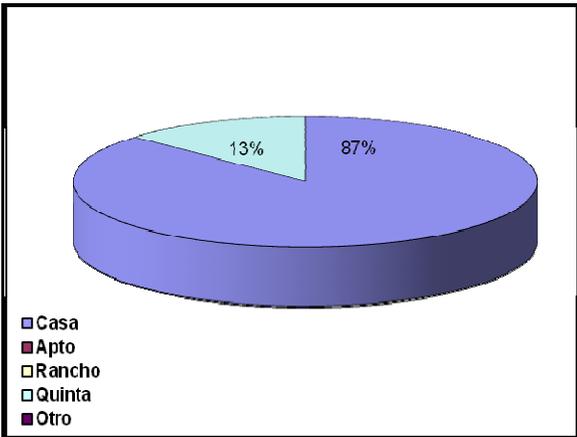


Figura 27. Tipo de vivienda

En lo que respecta al campo de organización comunitario: el 90% de la población conoce de la existencia de alguna organización comunitaria, de los cuales el 64% participa de alguna manera en ellas, a su vez se tiene que un 94% indica desconocer que haya algún programa de gestión o prevención en caso de que ocurra un desastre Natural, el resto indicó que si lo hay, sin embargo no sabe cual.

Con respecto al campo referido a memoria ante desastres y/o eventos adversos, la mayoría conoce de desbordes ocurridos en la zona, sin embargo ninguno ha vivido terremotos, incendios o explosiones, y solo unos pocos han escuchado de la ocurrencia de alguno de estos eventos mencionados sin indicar donde y cuando; tan solo un 14% ha sabido de derrumbes ya sea dentro o fuera del sector. Para el tipo de afectación por los eventos señalados se tiene que un 85% no sufrió ninguna afectación, un 7% fue afectado de manera indirecta, y en el otro 8% la afectación presentada fue directa, como lo muestra la figura 28.

Para evaluar el tipo y nivel de afectación del desastre se escogieron nueve renglones correspondientes al tipo de afectación y a su vez cada uno de estos se dividió en tres niveles de afectación, baja, media y alta según los criterios del encuestado y de las respuestas de los mismos. Los resultados se observan en la figura 29.

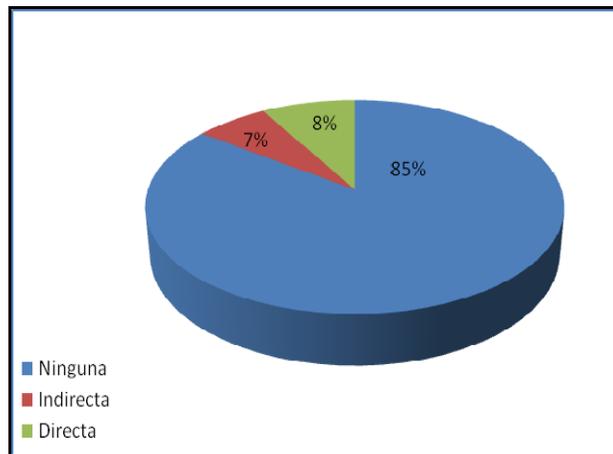


Figura 28. Tipo de afectación

Para cada renglón y su respectivo nivel de afectación escogido se obtuvieron los siguientes resultados presentados así:

De los resultados de los renglones que corresponden a los daños materiales y daños en viviendas reflejan que más del 50% presentaron un nivel de afectación baja. Para los renglones que se refieren a pérdida de trabajo y de familiares no hubo afectación alguna.

Respecto a los renglones que corresponden a las lesiones físicas y emocionales, se tiene que para cada nivel de afectación se tiene un 33% para alta, media y baja respectivamente. De las pérdidas de amigos/vecinos se tiene que el 53,3% de la población presentó afectación alta.

Un 66% de la población no presentó ninguna afectación, y un 2% no respondió.

Sobre la evaluación de la eficiencia de los actores durante los primeros momentos de la emergencia se tienen ocho (8) renglones presentados de esta manera: Usted mismo, familiares, su comunidad, los bomberos, protección civil, fuerzas armadas, medios de comunicación y otros; a su vez cada uno de está dividido en cinco (5) categorías, tales como, mala, regular, buena, excelente y no sabe. Para los cinco primeros renglones, las respuestas obtenidas con resultados mayores al 50% fueron a no saber si hubo actuación o participación de los actores mencionados anteriormente y con menor porcentaje indicaron que es buena la respuesta de los mismos. El 100% de la población encuestada indicó no saber si las fuerzas armadas

o los medios de comunicación participaron, y el último renglón otros, no se tuvo respuesta alguna de participación.

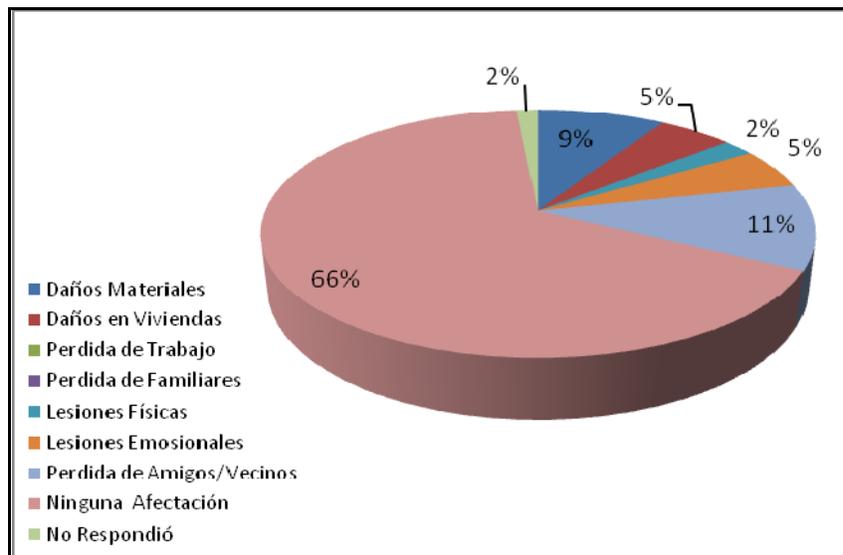


Figura 29 Tipo y nivel de afectación del desastre

Con respecto al campo de percepción del riesgo, que se refiere a saber si conoce el concepto de riesgo donde un 51% respondió que si lo conoce el resto no lo conoce o no sabe a que se hace referencia (Figura 30); sin embargo en el momento de realizar la pregunta se pudo apreciar por parte de los encuestados que dijeron conocer el concepto, la mayoría solo se refirió a que viven en un área de riesgo o que están propensos a alguna amenaza solamente. En lo referente si cree vivir en una zona de riesgo el 78% respondió que si.

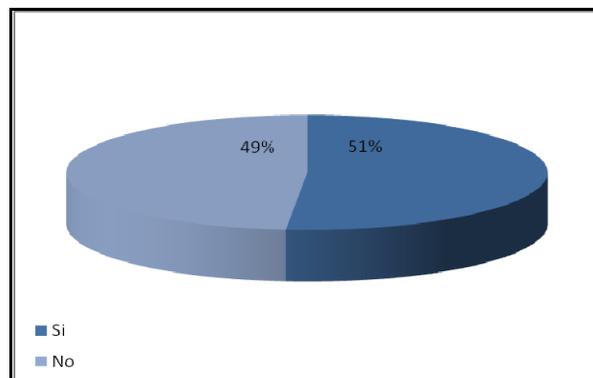


Figura 30. Conocimiento del concepto de riesgo

De acuerdo al tipo de amenaza a la cual pueda estar expuesto se tiene que un 59% considera que sería el desborde de la quebrada, un 17,9 % dice que puede ser afectado por derrumbes y el resto indicó que nada los afectaría. Con respecto si considera que su casa esta en un lugar seguro el 58% indicó que no lo está. Se pudo constatar que las personas desconocen de cualquier amenaza a las que están expuestas, ya que todas las viviendas están propensas a ser afectadas por cualquier tipo de amenazas de las estudiadas en este trabajo. El 84,1% indicó que si estaría dispuesto a realizar alguna inversión para mejorar las condiciones de seguridad y minimizar el riesgo, dentro este porcentaje se encuentran algunos de los que aseguran estar en un lugar seguro. Un 68,2% si estaría dispuesto a desalojar la vivienda. Para las condiciones que exigiría de reubicación el 45% indicó que un lugar seguro sería la más adecuada así como optaron por una vivienda en óptimas condiciones que representó el 43%.

Otro campo consultado, fue la responsabilidad en la construcción del riesgo. En el cual tenía que ver en primer lugar con las causas principales que a su juicio generan riesgo, para el cual se tienen: usted mismo, la naturaleza, la pobreza, la falta de planificación y el estado o gobierno; donde la naturaleza es la considerada la principal causa de riesgo en el sector y seguida por la planificación considerada como la segunda opción. A su vez se pidió mencionar que problemas presenta su comunidad que generen condiciones de riesgo, se obtuvo que un 20% consideró que es la falta de información como principal respuesta, para los demás problemas los porcentajes se pueden apreciar en la figura 31.

En el punto donde se pide mencionar según su criterio las amenazas principales a que está expuesta su comunidad, se tienen cinco eventos como lo son terremotos, incendios, explosiones, derrumbes y desbordes de la quebrada; este último fue el más representativo con un 66% (Figura 32). Es importante destacar que la mayoría de las viviendas encuestadas se encuentran cerca del cauce principal de la quebrada por tal motivo es fácil comprender los resultados obtenidos.

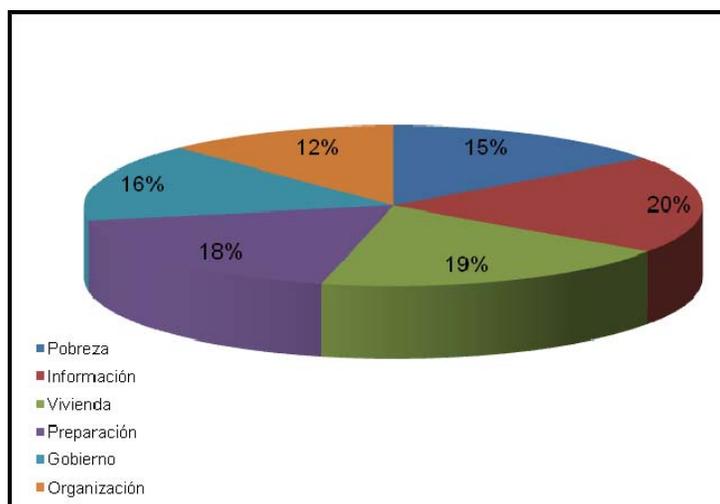


Figura 31. Problemas detectados en la comunidad que generen riesgo

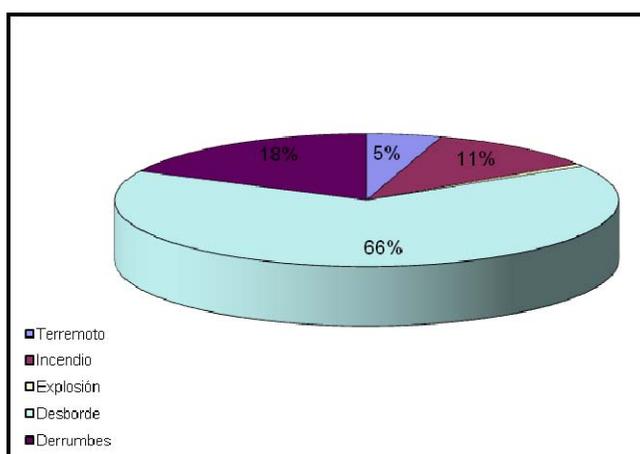


Figura 32. Algunas de las amenazas a que esta expuesta su comunidad

Con respecto al campo correspondiente a la responsabilidad en la construcción de la vulnerabilidad, en primer lugar se pide mencionar las actividades que el grupo familiar realiza y que incrementan el riesgo la vulnerabilidad en su comunidad. En la cual se tienen siete categorías: los rellenos, la ubicación, las aguas servidas, el manejo de los desechos sólidos, la falta de educación ambiental, la modificación de viviendas y por último, no saber de alguna actividad que se realice, la cual representó el 86% como se aprecia en la figura 33. De esta misma manera se pidió mencionar las principales actividades que su comunidad realice que incidan en el aumento de la vulnerabilidad, donde la respuesta con mayor afirmación fue no saber de alguna

actividad. Al parecer las personas están desinformadas de lo que ocurre en el sector o no les preocupa lo que ocurra.

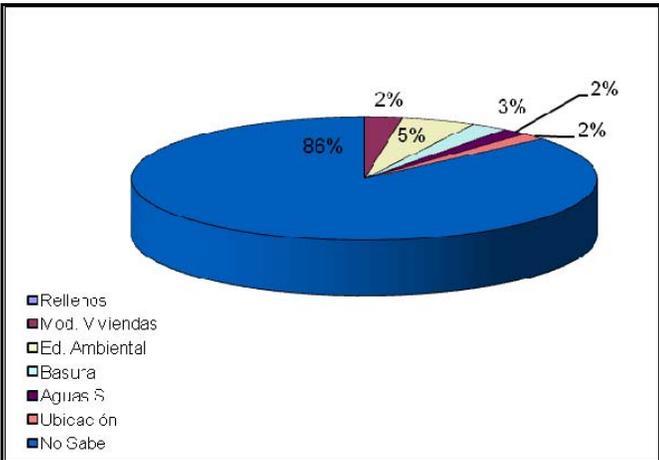


Figura 33. Actividades que el grupo familiar considera que genere riesgo

En el último campo el cual se refiere a la preparación ante potenciales eventos adversos, se tiene como primer punto le pregunta si usted o su familia han recibido algún entrenamiento para casos de emergencia, la cual fue dividida en ocho categorías de las cuales el 63% de la población indicó no haber recibido entrenamiento (Figura 34). El 49% de los encuestados no tiene algún instrumento o equipo para casos de emergencia. Por otra parte, en el sector no existe algún sistema de alerta temprana.

En el ultimo punto donde se pidió mencionar los lugares más seguros ante la ocurrencia de un evento y ¿por qué (Razones para asumir que ese sitio es seguro)? Donde el 42% de la población indicó ser la calle la mejor opción como un sitio seguro, como se puede apreciar en la figura 35; a su vez mencionaron que para cada uno de los lugares escogidos, la mayoría lo haría por prioridad.

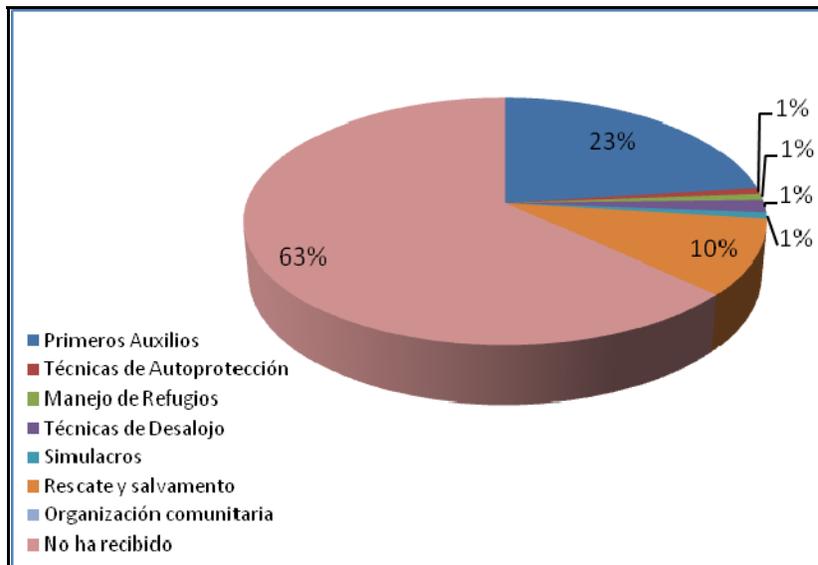


Figura 34. Entrenamiento básico para casos de emergencia

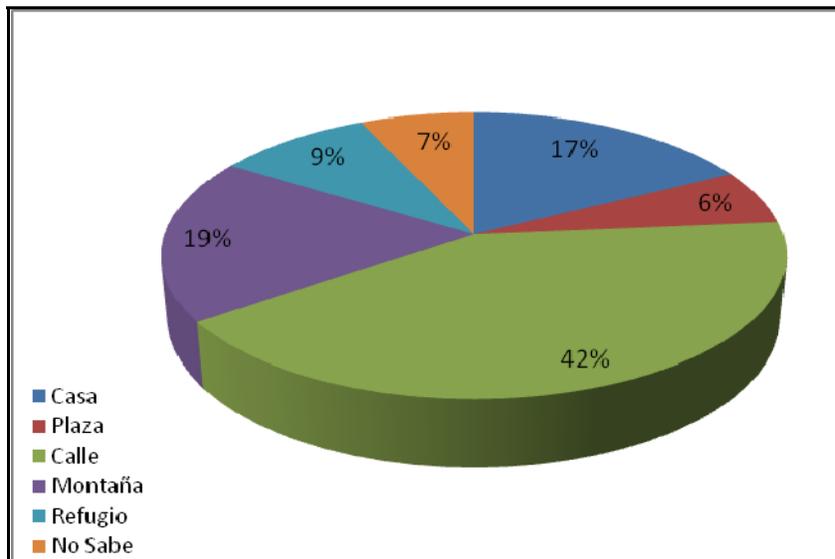


Figura 35. Lugares que la comunidad considera seguros en caso de emergencia

El trayecto urbano de la quebrada Milla se caracteriza por su ubicación en una unidad de fondo de valle cuyas características morfométricas indican altas posibilidades de desborde, y frecuente ocurrencia de movimientos de masa en las vertientes, esto último se deriva de una deficiente calidad rocosa de las unidades presentes.

De acuerdo a los resultados de esta investigación: la formación Mucujún presenta condiciones geotécnicas que la hacen propensa a experimentar procesos de movimientos de masa. Destacan como principales características: rocas fuertes (areniscas), ligeramente meteorizadas, debilitadas tectónicamente (fracturadas), intercaladas con limolitas y lodolitas con moderado a alto grado de meteorización. Los valores de pendiente son superiores a 45° , escasa presencia de vegetación y planos de discontinuidad orientados de manera favorable al corte del talud. Tales condiciones inducen la ocurrencia de derrumbes y desprendimientos de gran volumen de material fracturado que cae por gravedad en la vertiente izquierda de la quebrada Milla.

Los afloramientos de la formación Palmarito ubicados en la margen izquierda, presentan condiciones que aumentan su susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa: alto grado de meteorización, alto a muy alto grado de fracturamiento (casi brechificado); pendiente que oscilan entre los $15^\circ - 30^\circ$, $30^\circ - 45^\circ$ y mayores a 45° ; lo cual se verifica por la presencia de deslizamientos rotacionales y derrumbes en ese tramo, a pesar de la abundante cobertura vegetal que presenta.

En resumen, las condiciones litoestructurales y los valores de pendiente para ambas formaciones son adecuadas para la generación de movimientos de masa; solo basta la acción de algún evento detonante, que puede ser de origen sísmico o hidroclimático, para generar nuevos procesos o reactivar otros.

En los depósitos sedimentarios de fondo de valle se encuentran las zonas de impacto directo a movimientos de masa (zonas cercanas al pie del talud), las cuales se incluyen dentro del nivel alto de susceptibilidad, destacándose el sector ubicado en el talud de la margen izquierda antes de la confluencia con el río Albarregas.

Las características morfométricas de la quebrada Milla reflejan su alta susceptibilidad a presentar crecidas extraordinarias, sin embargo el estudio de la capacidad hidráulica, según comparaciones de periodos de retorno de 50 y 100, años indicó que no se irá a desbordar la quebrada en esos periodos mencionados. No se descarta esta posibilidad debido a lo mencionado en el análisis morfométrico, y al hecho de que el material en tránsito a lo largo del cauce de la quebrada puede disminuir su capacidad hidráulica, conllevando al desborde de la misma, como de hecho a sucedido en ocasiones anteriores como el ocurrido el 12 de noviembre de 1959, el 23 de noviembre de 1985 y el 12 de septiembre de 1989.

Debido a esto se establecieron las zonas de impacto directo de desbordes por crecidas a través de los “buffers” realizados en el trayecto urbano. Es importante indicar que se consideran los puentes y los puntos, donde hay un cambio en la dirección del cauce, como los sitios más críticos donde se podría desbordar la quebrada por acción del aumento de la velocidad del caudal; ello a su vez puede generar socavamientos laterales a lo largo del trayecto y más aún en los sitios donde se encuentran grietas en los puentes y muros, y que aportaría material que puede obstruir el cauce.

De acuerdo a la tipología constructiva y materiales de construcción de las edificaciones presentes del trayecto urbano de la quebrada Milla, el total de 1.268 edificaciones, está dividido en 5 tipos, según la clasificación propuesta por de Ferrer y Laffaille (2004), el AB, B2, B3, B4 Y C.

El 55% de las viviendas presentan un nivel alto de vulnerabilidad, lo cual reviste gran importancia ya que esto quiere decir que más de la mitad de las viviendas y por

consiguiente de la población, están propensas a verse afectadas por alguna de las amenazas estudiadas.

Por otra parte, los datos de las encuestas realizadas indicaron, en términos generales, que la población no está preparada para casos de emergencia, aún sabiendo que se encuentran en una zona de alto riesgo, como ellos mismos lo mencionaron, y que hay una serie de problemas que se presentan, como la pobreza y la falta de planificación y de vivienda, lo cual repercute en que la población se ubique en sitios con alta susceptibilidad (a movimientos de masa y desbordes por crecidas) y que las construcciones sean de menor calidad.

Los problemas que se presentan a lo largo del trayecto urbano de la quebrada Milla se pueden solucionar, solo se necesita de acciones que sean efectivas para asegurar la prevención de desastres y además la recuperación sanitaria y visual del cauce por tal motivo se propone lo siguiente:

1. Se requiere evaluación e inspección del cauce y de las obras construidas a lo largo del trayecto urbano, se deben presentar además, informes de los datos recabados que servirán para el control y manejo de las áreas más alejadas de la zona de impacto directo.
2. Reparación de las obras civiles, como lo son muros y puentes. En algunos sitios los muros y puentes presentan grietas producidas de la socavación basal. Esto evitaría posibles daños mayores en caso de una crecida y posible desborde.
3. Construcción de nuevas obras, como muros en los sitios que sean necesarios. El objetivo de estas obras es estabilizar el lecho de la corriente de agua y disminuir la energía cinética del flujo (Silva, 1990), así como mantener el agua alejada de las zonas con desarrollos urbanísticos.
4. Limpieza del cauce, la cual comprende remover todos los materiales sólidos que se encuentren en tránsito a lo largo del trayecto y en las secciones de flujo ya que al disminuir estos baja la capacidad hidráulica de la quebrada. También sería de importancia eliminar la maleza en las orillas de la quebrada por lo menos cada 6 meses.
5. Control de las aguas servidas, es importante en primer lugar para mejorar la calidad del agua por el grado de contaminación que presenta, en segundo lugar, por ser causa de infiltraciones por tuberías averiadas las cuales causan la saturación de los terrenos, aumentando su inestabilidad.

6. Evitar los cortes en los taludes para la construcción de edificaciones, ya que generan condiciones para la ocurrencia de movimientos de masa.
7. En zonas de altas pendientes que fueron deforestadas, se recomienda la siembra de arbustos o arboles para proteger el talud y evitar la caída de rocas o posibles movimientos de masa a futuro.
8. Es importante que las instituciones competentes (Alcaldía), para dar permisos de construcciones o remodelaciones de viviendas, realicen las inspecciones siguiendo sus reglamentos y de esta manera las construcciones se hagan respetando lo previsto en la ley respecto a las zonas protectoras presentes.
9. Establecer un programa que contemple educación ambiental y prevención en caso de emergencias para la población, y así disminuir el riesgo en la zona.

Apéndice 1:

En esta base conceptual se presentan algunas definiciones útiles que servirán de marco de referencia para el trabajo:

Amenazas

La OEA (2000; en Arismendi 2005), define las amenazas como “aquellas manifestaciones del medio ambiente que son peligrosas al hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él, fuerzas que se refieren especialmente a fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente sísmicos y volcánicos) y a los incendios, que por su ubicación, severidad y frecuencia, tienen el potencial de afectar adversamente al ser humano, a sus estructuras y a sus actividades”. (p.36)

En 1981 Varnes define la amenaza natural como “la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructor, en un área específica dentro de un período de tiempo”.

El IUGS en 1997 definió la amenaza, a una “condición con el potencial de causar una consecuencia indeseable. Según el IUGS, una descripción de amenaza a deslizamientos debe incluir las características de los deslizamientos, incluyendo el volumen y áreas de los movimientos y su probabilidad de ocurrencia”.

Según Cardona (2001), amenaza se puede definir como un peligro latente o factor de riesgo interno de un sistema o de un sujeto expuesto, que se puede expresar en forma matemática como la probabilidad de ocurrencia de un suceso con una cierta intensidad, en un sitio específico y durante un tiempo de exposición determinado.

Veliz (2001), indica que “Las amenazas naturales pueden ocurrir por la combinación de procesos geoestructurales, litológicos, geomorfológicos, edáficos, climáticos, vegetacionales e hidrográficos los cuales actúan en combinación y se materializan en

eventos como tormentas, movimientos sísmicos, deshielos, deslizamientos, erosión, crecidas de quebradas y ríos”. (p. 2)

Susceptibilidad

Según Suárez (1998), la susceptibilidad generalmente, expresa la facilidad con que un fenómeno puede ocurrir sobre la base de las condiciones locales del terreno. La probabilidad de ocurrencia de un factor detonante como una lluvia o un sismo no se considera en un análisis de susceptibilidad.

Esta autor sostiene que para la elaboración del mapa de susceptibilidad se tienen en cuenta generalmente tres elementos:

- 1) Inventario de deslizamientos ocurridos en el pasado.
- 2) Topografía y mapa de pendiente.
- 3) Características geológicas, geomorfológicas y geotécnicas del terreno.

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se refiere al grado de pérdida de un elemento o conjuntos de elementos dados sometidos a riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada (Varnes, 1984; en Ferrer, 1980).

La vulnerabilidad es un factor de riesgo interno que matemáticamente está expresado como la factibilidad de que el sujeto o sistema expuesto sea afectado por el fenómeno que caracteriza a la amenaza (Cardona, 2001).

Ayala (2002), expresa la vulnerabilidad como el tanto por uno de pérdida esperable de un determinado bien expuesto, que puede expresarse determinísticamente o probabilísticamente, siendo 0 para ausencia de daño y 1 para daño o pérdida total.

Suárez (1998), la vulnerabilidad se define generalmente como cualquier condición de susceptibilidad a impactos externos que pudieran amenazar las vidas, los recursos naturales, las infraestructuras y el desarrollo de una región. A su vez menciona que

en general pueden considerarse como elementos vulnerables la población, el medio ambiente y las estructuras física (infraestructura).

La vulnerabilidad depende de algunos factores:

- El grado de exposición a un tipo de amenaza.
- La calidad del diseño y de la construcción de las viviendas y de otras edificaciones.
- El grado de incorporación en la cultura de la educación y de los conocimientos que permita a los pobladores reconocer las amenazas a las cuales están expuestos.
- El grado de organización de la sociedad, la capacidad de interacción y de diálogo entre sus diversas instituciones, que estén en la capacidad para implementar medidas en caso de emergencias.

La vulnerabilidad se clasifica en dos tipos: Física y social.

Vulnerabilidad física: hace referencia a la ubicación de la población y de infraestructura crítica en zonas de amenaza, y muchas veces se utiliza erróneamente para englobar todo el concepto de vulnerabilidad. Las fuertes presiones dinámicas de crecimiento demográfico y de urbanización acelerada están en la base de un crecimiento de la vulnerabilidad física regional. La ocupación de áreas con fuertes pendientes y/o cercanos a los lechos de los ríos es una realidad para muchas de las grandes urbes (Sanahuja, 1999).

Vulnerabilidad social: está en función del nivel de organización que tiene cada comunidad expuesta, para absorber los impactos ante la acción conjunta de las amenazas y la eventualidad del riesgo. A su vez menciona que depende del comportamiento de los individuos y de la sociedad emplazada en lugares bajo amenaza, esto va a influir directamente en su capacidad para absorber dicho impacto (Climent 2002; en Guzmán 2005).

Se puede resumir los rasgos que incrementan la vulnerabilidad a amenazas naturales, como: la expansión y densidad demográfica, los asentamientos sin algún tipo de planificación, fallas en las construcciones, infraestructuras inadecuadas, pobreza y prácticas ambientales inapropiadas.

Riesgo

La investigación sobre el riesgo se centra en el estudio de los procesos geológicos, meteorológicos e hidrológicos que generan “amenazas naturales”. Por lo tanto, el riesgo se refiere a la probabilidad de pérdida. Enfoque dominado por los aportes de las Ciencias Aplicadas, como la Ingeniería. Este enfoque postula que para que se produzca un desastre debe existir un impacto medible en el medio ambiente, sociedad o economía, donde se manifiesta la amenaza. Bajo este enfoque surge el modelo conceptual prototipo del riesgo (Sanahuja, 1999).

Riesgo es el número esperado de vidas humanas perdidas, personas heridas, daño a la propiedad, y pérdidas económicas relacionadas con la ocurrencia de un determinado fenómeno (Varnes 1981).

Suárez (1998), define al riesgo como una medida de la probabilidad y severidad de un efecto adverso a la vida, la salud, la propiedad o el ambiente, se mide en vidas humanas y en propiedades en riesgo. Generalmente se le estima como el producto de probabilidad de X consecuencias.

Existe una serie de términos los cuales representan eventos y/o factores que pueden contribuir a generar o acrecentar las amenazas y la vulnerabilidad, como los siguientes:

Los desastres pueden definirse como “un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada, causando sobre los elementos sometidos alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad y/o daños severos sobre el medio ambiente”(Cardona, 2001). Esta es una situación que compromete a la sociedad y genera la desorganización de los patrones normales de vida, tiene efectos sobre la estructura socioeconómica de una región y la modificación del medio ambiente; requiriendo así de asistencia y de intervención inmediata. Algunos desastres corresponden a amenazas que, debido a su

mecanismo de origen puede darse de manera espontánea y natural en el espacio, donde en algunos casos puede controlarse parcialmente y en otros casos no.

Veliz (2001), define la amenaza natural por inundaciones como la posibilidad real que un sitio o lugar localizado a la orilla de una quebrada y/o río pueda sufrir los embates de crecidas provocando inundaciones o socavaciones. Esta puede ser determinada en base al registro histórico de crecidas e inundaciones anteriores, el análisis geomorfológico y los modelos de simulación hidráulica.

Los peligros naturales constituyen eventos extremos, bien se les considere episódicos o recurrentes (cíclicos) que al incidir sobre las sociedades humanas producen consecuencias negativas o catastróficas.

Ferrer (1980), indica que la percepción ambiental ante los riesgos es un aspecto de fundamental importancia, ya que permite atenuar o minimizar las posibles consecuencias catastróficas de los desastres naturales o humanos (bien sea por medio de planes de emergencia, estrategias de evacuación, planes de reconstrucción de las zonas afectadas.

A continuación se detallan los factores principales que contribuyan a la generación de procesos del tipo movimientos de masa, según Van Westen (1998):

Variables Físico-naturales:

1. Clima:

El clima de acuerdo con las características que presenta puede favorecer la inestabilidad del subsuelo, al aportar una suficiente cantidad de agua. Ello debido a la presión que ejerce el líquido en los poros y fisuras del suelo. Asimismo, las lluvias y la formación de corrientes de agua por la superficie (escorrentía superficial) favorecen los procesos de erosión. Las altas precipitaciones en combinación con el tipo de suelo en algunos casos material muy alterado fomenta la formación y aceleración de los movimientos de masa ya que un suelo arcilloso se sobresatura de

agua, y lo hace más pesado, aunado a esto, el grado de pendiente existente en la zona, hace mas factible que se produzca un movimiento de masa.

2. Topografía:

Los movimientos de masa ocurren con mayor frecuencia en terrenos de pendientes pronunciadas y desprovistas de vegetación.

3. Geología:

Aporta un número de parámetros importantes para comprender la inestabilidad de las laderas, como las siguientes:

3.1. Litología:

Los tipos de rocas y la calidad de los suelos determinan en muchos casos la facilidad con que la superficie se degrada por la acción de los factores externos entre los cuales tenemos (meteorización, intemperismo, etc.)

3.2. Estructuras:

Determinan zonas de debilidad (fallas, diaclasas y plegamientos), y la colocación de los materiales en posición favorable a la inestabilidad (estratos).

3.3. Sismicidad:

Las vibraciones provocadas por sismos pueden ser lo suficientemente fuertes como para generar movimiento de masa de diversa magnitud, afectando extensas áreas.

Factores Antrópicos (actividad del hombre):

Todos los fenómenos descritos anteriormente forman parte del natural equilibrio geológico que puede romperse con la actividad constructiva y destructiva del hombre. De esta manera, el ser humano contribuye a provocar o acelerar estos procesos geomorfológicos. Es por ello que esto sucede, cuando la actividad humana se realiza sin una adecuada planificación, especialmente en obras civiles (carreteras y viviendas) corte en el perfil natural de laderas, deforestación: prácticas agrícolas deficientes en la conservación de suelos, entre otros. Todo esto promueve procesos de inestabilidad en suelos que en cierta medida son naturalmente vulnerables a esta clase de fenómenos y que tienen graves consecuencias en el futuro.

Apéndice 2:

A continuación se presentan los tipos de rocas presentes en el área de estudio que se corresponden con la clasificación desde el punto de vista litoestructural, propuesta por Nicholson y Hencher (1997):

1. Roca fuerte discontinua

Arenisca con uniones de sílica y conglomerados.

Características: Susceptible a varios modos de deterioro dependiendo del sistema de fracturas. Los caídos de roca y desmoronamiento de los taludes son dominantes con caídos de bloques.

2. Roca debilitada tectónicamente

Roca fallada con fracturas y zonas de breccia.

Características: Zonas trituradas o cortadas y altamente fracturadas, susceptible a colapso, desmoronamiento, caídos de roca y bloques.

3. Roca Anisotrópica

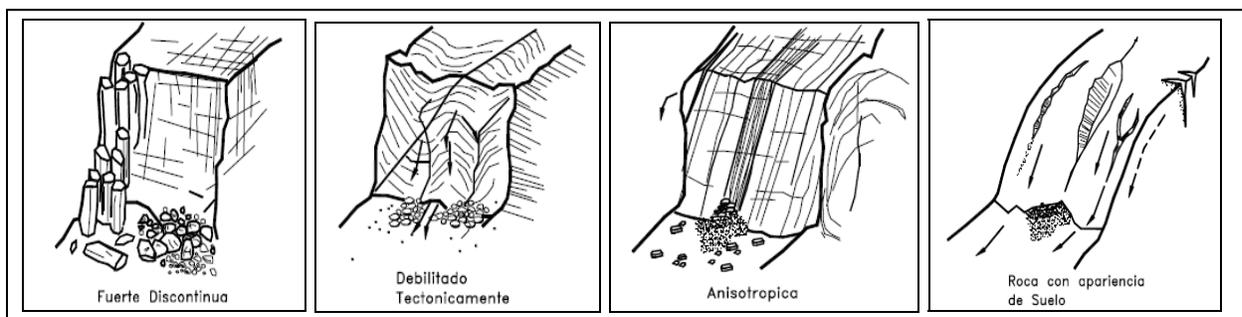
Lutitas, pizarras, filitas.

Características: Susceptible a la formación de cáscaras y láminas que pueden colapsar. También son susceptibles al lavado superficial y proceso de erosión.

4. Roca con apariencia de suelo

Areniscas muy débiles, roca altamente meteorizada y suelo residual.

Características: Susceptible a procesos de erosión, surcos y cárcavas. El deterioro primario ocurre por lavado superficial y caída de granos con flujos de detritos y colapso como modos secundarios.



Fuente: Nicholson y Hencher 1997; en Suárez, 1998)

Figura 36. Clasificación de tipos de rocas para el área de estudio

Grado de Meteorización:

Para determinar el grado de meteorización se tomó como referencia la descripción del cuadro 18, propuesta Gonzales de Vallejo, et. al. (2002); según estos autores, “el grado de meteorización o alteración de la matriz rocosa permite clasificar las rocas cualitativamente, y aporta una idea sobre sus características mecánicas o geotécnicas” (p. 244).

Cuadro 18. Descripción del grado de meteorización

Término	Descripción
Fresca	No se observan signos de meteorización en la matriz rocosa
Decolorada	Se observan cambios en el color original de la matriz rocosa. Es conveniente indicar el grado de cambio. Si se observa el cambio de color se restringe a uno o algunos de los minerales se deben mencionar.
Desintegrada	La roca se ha alterado al estado de un suelo, manteniéndose la fábrica original. La roca es friable, pero los granos minerales no están descompuestos.
Descompuesta	La roca se ha alterado al estado de un suelo, alguno o todos los minerales están descompuestos.

Fuente: Gonzales de Vallejo, et. al., 2002

Apéndice 3:

De acuerdo a las tasas de movimiento propuestas por Varnes (1958) (Cuadro 19), la descripción de escalas de velocidad de movimientos de masa (Varnes ,1978) (Cuadro 20), y el posible significado destructivo de los movimientos de masa de acuerdo a su velocidad (Morgenstern, 1985; en Varnes 1978) (Cuadro 21).

De tal manera, luego de identificar los tipos de movimientos de masa y conocer los posibles rangos de velocidad que estos pueden alcanzar, se clasificaron de acuerdo a la escala de velocidad propuesta por Varnes (1978) en el cuadro 20, para luego relacionarlos con el posible significado destructivo que estos representan (Cuadro 21).

Cuadro 19. Tasas de movimiento aproximadas de los movimientos de masa

	Extremadament e rápido	3 m/s	Muy rápido	0,3 m/min	Rápido	1,5 m/día	Moderado	1,5 m/mes	Lento	1,5 m/año	Muy lento	0,3 m/5 años	Extremadament e lento
Desprendimientos o Caídos de Roca	●												
Flujo de Fragmentos de Roca	●												
Flujo de Loess	●												
Avalancha de Detritos	●		●										
Deslizamiento de Rocas	●		●		●		●		●		●		
Desprendimiento o Caído de Suelo.			●										
Expansión Lateral o Esparcimiento			●										
Flujo de Tierra Rápido			●										
Flujo de Detritos			●										
Corridas de Arena			●		●								
Flujos de Arena y Limo			●		●								
Asentamientos de Suelo			●		●		●		●		●		●
Flujo de Tierra Lento					●		●		●				
Deslizamientos de Detritos					●		●		●		●		
Deslizamiento Planar de Bloques							●						
Asentamientos de Rocas							●		●		●		●
Deslizamiento Planar de Suelo									●				

Fuente: Varnes, 1958; en Crozier 1984

Cuadro 20. Escala de Velocidad de Movimientos de Masa

Clases de Velocidad	Descripción	Velocidad (mm/seg)	Velocidad Típica
7	Extremadamente rápido		
6	Muy rápido	5×10^3	5 m/seg
5	Rápido	5×10^1	3 m/min
4	Moderado	5×10^{-1}	1,8 m/h
3	Lento	5×10^{-3}	13 m/mes
2	Muy lento	5×10^{-5}	1,6 m/año
1	Extremadamente lento	5×10^{-7}	16 mm/año

Fuente: Varnes, 1978.

Cuadro 21. Posible significado destructivo de los Movimientos de Masa de acuerdo a su Velocidad

Clase de Velocidad del Movimientos de Masa	Probable Significado Destructivo
7	Catástrofe de gran violencia. Edificaciones destruidas por el impacto del material desplazado. Muchas muertes.
6	Pérdida de algunas vidas. Velocidad muy alta para permitir que todas las personas puedan escapar.
5	Posible escape por evacuación. Estructuras, propiedades y equipos destruidos.
4	Algunas estructuras temporales no sensibles pueden ser temporalmente mantenidas.
3	Medidas correctivas o estabilizadoras pueden ser aplicadas a las construcciones. Estructuras no sensibles pueden ser permanentemente mantenidas con trabajos de mantenimiento frecuente si el movimiento total no es tan grande durante una fase de aceleración particular.
2	Algunas estructuras permanentes permanecen sin daño debido al movimiento.
1	El daño no puede ser percibido sin instrumentos. Es posible construir en el área tomando precauciones.

Fuente: Morgenstern (1985; en Varnes, 1996).

Los valores relativos de los parámetros evaluados del macizo rocoso, que condicionan la ocurrencia de movimientos de masa, utilizados para determinar los niveles de susceptibilidad a amenazas del tipo movimientos de masa (Cuadro 7) en el área de estudio, se resumen en el cuadro 22.

Cuadro 22. Valores relativos para la ocurrencia de movimientos de masa.

Factor o Parámetro	Característica	Peso
Formación Geológica (litología)	Dependiendo de la calidad de la formación (tipo de material)	
	Buena calidad	1
	Media calidad	2
	Mala calidad	3
Fracturamiento	Sin fracturas	0
	Pocas fracturas	1
	Muy fracturada	2
	Totalmente fracturada	3
Valores de pendiente	Menos de 15 °	1
	Entre 15 ° y 30 °	2
	Entre 30 ° y 45 °	3
	Mayor a 45 °	4
Grado de Meteorización	Roca Sana o fresca	0
	Roca decolorada	1
	Roca moderadamente meteorizada	2
	Roca muy meteorizada	3
Fallas	Ausencia de Fallas	0
	Presencia de Fallas	1
Orientación de las Estructuras (Relación entre rumbos y buzamientos de los planos de discontinuidad con la pendiente del talud)	Estructura no favorable	0
	Estructura algo favorable	1
	Estructura favorable a los deslizamientos	2
Presencia de movimientos de masa	Ausencia de movimientos de masa	0
	Presencia de movimientos de masa	1
Posible significado destructivo de los movimientos de masa presentes	Reptación	1
	Deslizamiento Rotacional (asentamiento)	2
	Flujo de Detritos	3
	Desprendimiento o Caído de Suelo	4
	Desprendimientos o Caídos de Roca	5
Presencia de humedad	Seco	0
	Húmedo	1
	Goteo	2
	Flujo	3

Fuente: modificado a partir de Suarez, 1998

Arismendi, J. 2005. *Áreas susceptibles a amenazas por movimientos de masa en la subcuenca del río Camburito, Edo. Táchira*. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. Trabajo especial de Grado, 118p.

Ayala, C. 2002. **Riesgos Naturales**. Editora Ariel Ciencia S.A., Barcelona-España. 1512p.

Bautista, M. 1996. *Evaluación del deterioro Ambiental del trayecto urbano del río Milla*. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. Trabajo especial de Grado, 85p.

Crozier, M. 1984. **Slope Instability**. Edited by D. Brunsten and D. B. Prior. Departamento de Geografía. Universidad de Wellington, Victoria.

Cruden, D.; Varnes, D. 1996. **Landslide types and processes**, en Turner, A.K. y Schuster, R.L., eds., *Landslides—investigation and mitigation* Washington, D.C., National Academy of Sciences, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36-75.

Delgadillo, A. 2005. *Una visión de los procesos geodinámicos en el área de la Gonzáles – Urbanización Chama Mérida (Municipio sucre del estado Mérida): Definición de niveles de susceptibilidad a movimientos de masa y otras limitantes*. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. Trabajo especial de Grado, 122p.

Donoso, V. 1998. *Estudio de la vulnerabilidad geográfica y social de una ciudad. El caso de la ciudad de Mérida- Venezuela*. Escuela de Sistemas. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. Trabajo especial de Grado, 97p.

Ferrer, C. 1980. Percepción ambiental en un área de riesgos naturales múltiples. Convención nacional de ASOVAC. Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela.

Ferrer, C. 1981. **Contribución de la geomorfología a la detección de áreas de riesgos en centros urbanos: caso de la ciudad de Mérida-Venezuela.** Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela. 15p.

Ferrer C. y Dugarte M. 1988. **Estudio geomorfológico del foco erosivo “El Volcan” (Deslizamiento de Buena Vista) Cuenca del río Aracay, Estado Mérida.** Universidad de los Andes, Instituto de geografía y conservación de los recursos Naturales. Compañía Anónima de Administración y fomento Eléctrico (CADAFE) Mérida-Venezuela. 146p.

Ferrer, C. 1996. *Evolución de un segmento de la Falla de Bocóno durante el Pleistoceno, implicaciones tectónicas y sedimentológicas del sector Tabay-Estanques (Estado Mérida).* Universidad Central de Venezuela, tesis de magister, post grado en ciencias geológicas. Caracas-Venezuela.

Ferrer, C. y Laffaille, J. 2004. *Una aproximación al estudio de niveles de susceptibilidad en un barrio en la ciudad de Mérida-Venezuela.* **Revista Geográfica Venezolana.** 45(1): 11-34.

González de Vallejo, L.; Ferrer, M.; Ortuño, L. y Oteo C. 2002. **Ingeniería geológica.** Editorial Pearson Educación, S.A. Madrid-España. 715p.

Guzmán, R. 2005. *Amenazas hidrográficas por crecidas y vulnerabilidad física en la cuenca de la quebrada el Playón, municipio Zea.* Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. Trabajo especial de Grado, 89p.

Infante, Y. 2006, *Diagnóstico de contaminación y propuesta de saneamiento del río Milla Municipio Libertador, Estado Mérida*”. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. Trabajo especial de Grado, 118p.

La Marca, E. 1997. *Origen y Evolución geológica de la cordillera de Mérida (Andes de Venezuela)*. **Cuadernos de la Escuela de Geografía** N° 1. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. 223p.

Llúncor, D. 2004. *Análisis de amenazas por crecidas torrenciales en la Quebrada Milla, Edo. Mérida*. Facultad de ciencias forestales y ambientales. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. Trabajo especial de Grado, 96p.

Ramírez, M. 1993. *Inventario integrado de recursos Físico-Naturales y uso actual de la tierra en la cuenca del río Milla*. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. Trabajo especial de Grado, 92p.

Ramírez, R. (1995). “*Análisis de factores combinados en la determinación de áreas críticas por movimientos de masa*”. (Caso: Región centro occidental de Nicaragua.). Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela. Trabajo de ascenso, 80p.

Rojas, D. 1975. *Análisis hidrológico forestal de la cuenca del río Milla*. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. Trabajo especial de Grado, 138p.

Rojas y Molina, E. 1982. *Ensayo teórico metodológico para la determinación de riesgos naturales: el caso de la ciudad de Mérida*. Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. Trabajo especial de Grado, 161p.

Ruiz, J. 2001. **Hidrología, evolución y visión sistémica. La Morfometría de cuencas como aplicación**. Ediciones de la universidad nacional experimental de los llanos occidentales Ezequiel Zamora. Fondo Editorial UNELLEZ. Barinas-Venezuela. 298p.

Sanahuja, H. 1999. *Una propuesta metodológica tomando como caso de estudio a Costa Rica*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Tesis de Postgrado, Maestría en Geografía de la Universidad de Costa Rica.

Silva, G. 1990. **Estudio de las crecientes del río Albarregas y la quebrada Milla, estado Mérida, bases para un plan de prevención de daños.** Ministerio del Ambiente y de los recursos Naturales Renovables. División de Planificación y Ordenación del Territorio, región Mérida.

Silva, G. 1999. *Análisis hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río chama, estado Mérida-Venezuela.* **Revista Geográfica Venezolana.** 40(1): 9-42.

Suárez, J. 1998. **Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.** Escuela de Ingeniería Civil. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga-Colombia.

Varela, R. 2007. *Algunos aspectos de susceptibilidad y vulnerabilidad del sector San Benito: caso deslizamiento La Vuelta. Municipio Libertador estado Mérida.* Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. Trabajo especial de Grado, 72p.

Varnes, D. 1978. **Slope Movement: Types and Proceses. In Schuster y Krizek, 1978: Landslides: Analysis and Control.** Special report 176. Transportation Research Board, Comisión on Sociotechnical Systems, National Research Council. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 234 p.

Varnes, D. 1981. **Landslide Hazard Zonation.** UNESCO.63p.

Veliz, L. (2001). *“Amenazas y riesgos por inundaciones en el valle del Chama del municipio Santos Marquina”.* Escuela de Geografía. Universidad de los Andes. Mérida- Venezuela. Trabajo especial de Grado, 101p.

Vivas, L. y Schubert C. 1993. **El Cuaternario de la cordillera de Mérida.** Fundación POLAR. Universidad de los Andes, Mérida- Venezuela. 345p.

Van Westen, C. 1998. **Introducción a los deslizamientos, Tipos y causas.**
International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences , (ITC). Enschede,
The Netherlands.E-mail:westen@itc.nl . UNESCO RAPCA

Referencias Internet:

Cardona, O. 2001. **La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo.** CEDERI: centro de estudios sobre Desastres y riesgo, Bogota. <http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/index.html>

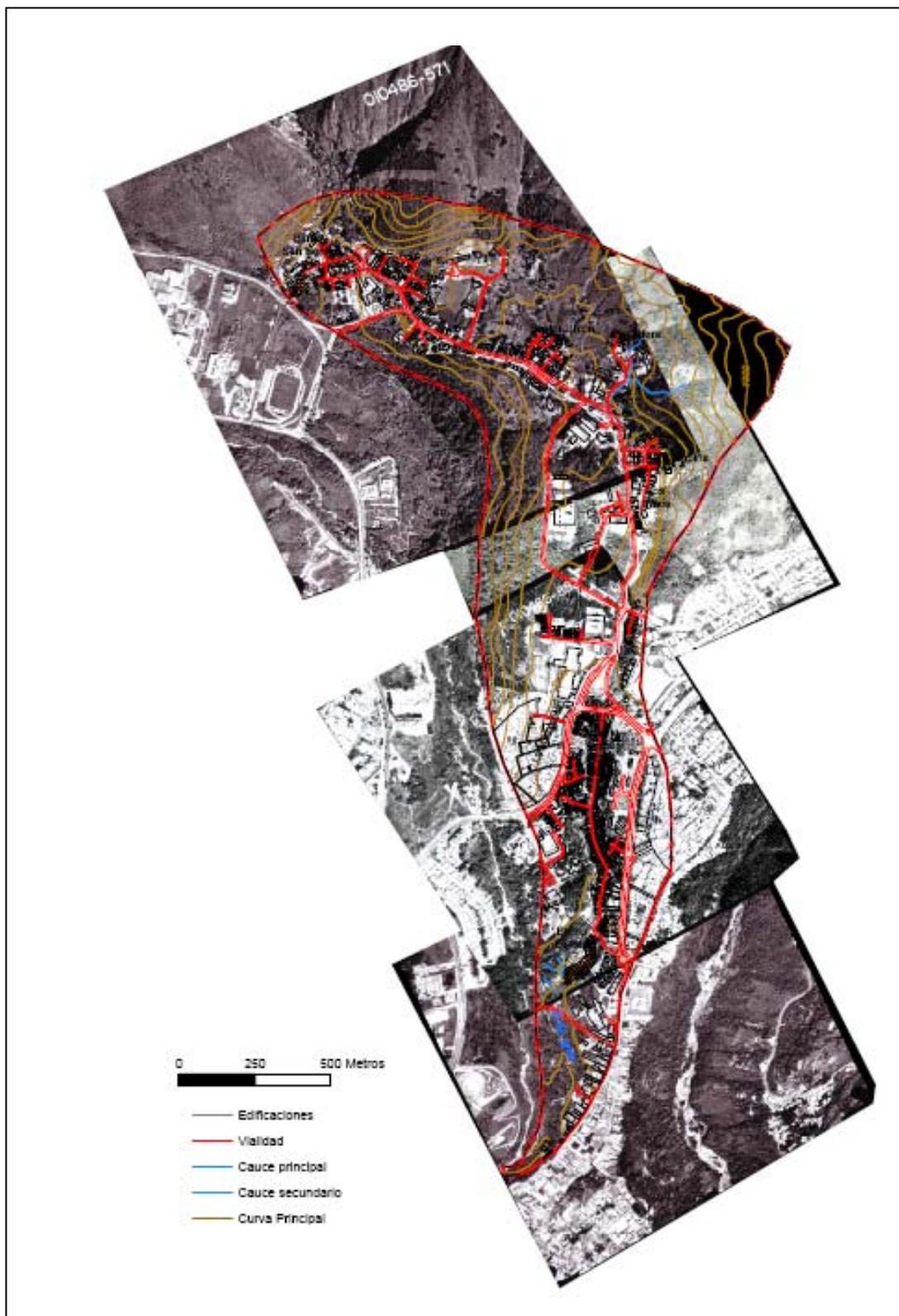
<http://www.UNESCO.org>

Datos estación Santa Rosa, Período 1980-2000. Imagen satelital de ubicación de la estación.

http://www.cecalc.ula.ve/redbc/estaciones/estacion_santa_rosa.html

ftp://eol.jsc.nasa.gov/ESC_large_ISS004_ISS004-E-12119.JPG

ANEXO 1. Mosaico de fotografías aéreas.



ANEXO 2. Modelo de encuesta

Diagnostico de Percepción de riesgo de la población de los sectores Chorros de Milla y Barrio Andrés Eloy
--

I.- DATOS GENERALES

1. Código Encuesta: ____ 2. Fecha: __/__/__ 3. Responsable: _____ 4. Ubicación: _____

II.- DATOS DEL ENTREVISTADO Y DEL GRUPO FAMILIAR

5. Años de residencia en el estado Mérida: ____

6. Años de residencia en el sector: ____

7. Edad: ____

8. Sexo: M: __ F: __

9. EDADES	SEXO		TOTAL	10. SITUACIÓN OCUPACIONAL	SEXO		TOTAL	11. INGRESO FAMILIAR MENSUAL	
	M	F			M	F		BOLIVARES	TOTAL
0 – 4				EMPLEADO				<200MIL	
5 – 9				DESEMPLEADO				201-500MIL	
10 – 14				ESTUDIANTE				501-800MIL	
15 – 19				DEL HOGAR				801-1.2MILL	
20 – 30				JUBILADO				1.2-2MILL	
31 – 40				NO APTO				>2MILL	
41 – 50				OTRO				NO SABE	
51 – 65									
> 66									

III.- DATOS DE LA TIPOLOGIA DE LA VIVIENDA

12. VIVIENDA					
12.1 TIPO DE VIVIENDA		12.2 TIPOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN		12.3 SERVICIOS	
CASA		BLOQUE		LUZ ELECTRICA	
QUINTA		LADRILLO		AGUA	
APARTAMENTO		PAREDES DE CARGA		ACUEDUCTO	
RANCHO		OTRO		PAVIMENTO	
OTRO				GAS	

IV.- CAMPO DE ORGANIZACIÓN COMUNITARIO

13. ¿Tiene conocimiento de la existencia de organizaciones comunitarias? Si: ___ No: ___

14. ¿Ha participado en algún tipo de organización comunitaria? Si: ___ No: ___ Especifique:

15. ¿En su comunidad existe algún programa de gestión o prevención en caso de que ocurra un desastre Natural? Si: ___ No: ___

V.- MEMORIA DE DESASTRES Y/O EVENTOS ADVERSOS

16. ¿Ha escuchado o sabido de algún desastre o evento ocurrido en la zona?			17. Tipo de afectación		
Evento	SI	NO	Ninguna	Indirecta	Directa
Terremoto					
Incendio					
Explosión					
Desborde de quebrada					
Derrumbes					
Otros:					

18. Tipo y nivel de afectación del desastre			
En el desastre	Nivel de afectación		
Tipo de afectación	Baja	Media	Alta
Daños materiales			
Daños en viviendas			
Perdida de trabajo			
Perdida de familiares			
Lesiones físicas			
Lesiones emocionales			
Perdida de amigos/vecinos			
Ninguna afectación			
No Respondió			

19. ¿cómo evalúa la eficiencia de la respuesta de los siguientes actores durante los primeros momentos de la emergencia?					
Actores	Mala	Regular	Buena	Excelente	No sabe
UD. Mismo					
Familiares					
Su comunidad					
Bomberos					
Protección civil					
Fuerzas armadas					
Medios de comunicación					
otros					

VI.- PERCEPCIÓN DEL RIESGO

20. ¿Conoce Ud. El concepto de riesgo? Si: ___ No: ___

21. ¿Cree Ud. Que vive en una zona de riesgo? Si: ___ No: ___

22. ¿De que tipo?: _____

23. ¿Considera Ud. Que su casa está ubicada en un lugar seguro? Si: ___ No: ___

24. En caso de demostrarse que su vivienda requiere de alguna inversión o esfuerzo para mejorar sus condiciones de seguridad y minimizar el riesgo ¿estaría dispuesto a hacerla? SI: ___ NO: ___

25. ¿Estaría dispuesto a desalojarla? SI: ___ NO: ___

26. ¿Qué condiciones exigiría para la reubicación?

Dentro del estado Mérida: ___ Buenos servicios públicos: ___ Vivienda en optimas condiciones: ___

Un lugar seguro: ___ otro: especifique: _____

VII.- RESPONSABILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD

27. Mencione las causas principales, que a su juicio generan vulnerabilidad		28. Mencione qué problemas presenta su comunidad que generen condiciones de vulnerabilidad		29. Mencione según su criterio las amenazas más importantes a que está expuesta su comunidad	
causas		evento		evento	
UD. Mismo		La pobreza		Terremoto	
La naturaleza		Falta de información		Incendio	
La pobreza		Falta de vivienda		Explosión	
Falta de planificación Urbana		Falta de preparación para casos de emergencia		Desborde de quebrada	
EL Estado (Gobierno)		Falta de acción por parte del gobierno		Derrumbes	
		Falta de organización social			

30. Mencione las actividades que su grupo familiar realice y que incrementen la vulnerabilidad en su comunidad		31. ¿Cuáles son las principales actividades que su comunidad realice que inciden en el aumento de la vulnerabilidad?	
Causa	prioridad	Causa	prioridad
Cortes y/o rellenos de terrenos		Mal manejo de desechos sólidos (basura)	
Ampliación o modificación de viviendas		Falta de organización	
Falta de educación Ambiental y en el área de riesgos		Falta de cumplimiento de normas técnicas de construcción	
Mal manejo de desechos sólidos (basura)		Mal manejo de aguas servidas	
Mal manejo de aguas servidas		Modos de urbanización	
Ubicación		Desinterés en la gestión ambiental	
No Sabe		No sabe	

VII.- PREPARACIÓN ANTE POTENCIALES EVENTOS ADVERSOS

32. ¿Ha recibido usted o su familia algún entrenamiento para casos de emergencia como los siguientes?

Primeros auxilios:___ Técnicas de autoprotección:___ Manejo de Refugios:___ Técnicas de desalojo:___ Simulacros:___ Rescate y Salvamento:___ Organización Comunitaria:___ No ha Recibido:___

33. ¿Cuenta usted con algún instrumento o equipo para casos de emergencia?

Linternas: ___ Equipo primeros auxilios: ___ Nada: ___

34. ¿Cuenta la comunidad con un sistema de alerta temprana?

SI: ___ NO: ___ cual: _____

35. ¿Mencione los tres lugares más seguros de su comunidad ante la ocurrencia de un evento y por qué?				
Lugares	Razones para asumir que ese sitio es seguro			
	Prioridad	experiencia	Le han dicho	Lo intuye
Misma casa				
Plaza públicas				
Calles				
Cerro/montaña				
Refugio				
No sabe				

Fuente: Modificado a partir de Varela, 2008