



Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Instituto de Geografía y Conservación de
Recursos Naturales
Maestría en Ordenación del Territorio y Ambiente

“Zonificación de amenazas naturales con fines de ordenamiento territorial”

Caso: Parroquia Santa Cruz de Mora, Municipio Antonio Pinto Salinas - Estado Mérida

Trabajo presentado como requisito final para optar al Grado de Magister Scientiae en
Ordenación del Territorio y Ambiente

Geóg. Gustavo A. Páez S.

Tutor:
Prof. Rosa Ramírez

**DEDICATORIA*

A Dios todo poderoso,

A la memoria de mi mamá Mireya Silva (†),

A mi papá Gustavo Páez,

A mi novia Yulyana González,

A mis abuelos Eusebia Páez (†) y Ramón Serrano (†),

A mi hermana María Fernanda Uzcátegui,

A Yannet y Jesús Uzcátegui.

Gustavo A. Páez S.

***AGRADECIMIENTOS**

Al Fondo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (FONACIT) por haber financiado mis estudios a nivel de maestría en la ilustre Universidad de Los Andes.

Al Centro de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad de Los Andes por su valiosa contribución en el financiamiento del presente Trabajo de Grado de Maestría (Proyecto FO – 694 – 09 – 02 – EM).

Al Centro de Investigación en Gestión Integral de Riesgos (CIGIR) por haber financiado la versión final de este trabajo.

A la Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales, por haberme albergado durante los estudios de postgrado y permitirme lograr la meta de obtener el grado de Magister Scientiae en Ordenación del Territorio y Ambiente

A la profesora Rosa Ramírez por sus valiosos aportes como tutora y orientadora principal de este trabajo de investigación.

A la profesora Marbella Dugarte por sus observaciones y comentarios críticos y pertinentes que sin duda alguna mejoraron los alcances de este estudio.

A la Geógrafa Magdalena Parra por su valioso trabajo en la digitalización de toda la cartografía base y temática, y al Geógrafo Miguel Montenegro por sus importantes contribuciones en la revisión de la cartografía temática.

A la Alcaldía del municipio Antonio Pinto Salinas y en especial al Geóg. Daniel Romero por su colaboración en el suministro de fotografías aéreas e información cartográfica.

A mi madre Mireya Silva por ser quien soy en la vida, sé que desde el cielo siempre has estado conmigo ayudándome a lograr toda y cada una de las metas que me he propuesto hasta ahora en mi vida. Este triunfo es para ti.

A mi padre Gustavo Páez que ha fungido como papá y mamá a la vez, al cual también le debo quien soy en la vida, y por siempre haber confiado en mí y darme aliento en las situaciones buenas y malas. Este triunfo también es para ti.

A mi hermana María Fernanda Páez y Yannet Uzcátegui por ambas haber confiado en mí y contar con ustedes incondicionalmente durante mis estudios de postgrado.

A mi novia Yulyana González por haberme dado siempre su apoyo en los momentos buenos y malos que surgieron durante el desarrollo de este trabajo.

A mis abuelos Eusebia Páez y Ramón Serrano que aun cuando no estén físicamente conmigo en este momento de gran trascendencia en mi vida, sé que desde el cielo eternamente estarán conmigo.

A mis buenos amigos y “doblemente colegas” (Geógrafos y Profesores) Yulier Cadena y Alejandro Delgadillo, Linda Bustillos (Profesora) y Yohana Mejías (Abogada) por su ayuda incondicional en muchos momentos de mis estudios, por sus consejos oportunos y su amistad sincera, y a mi amigo Juan Carlos por su valioso apoyo en las salidas de campo en el levantamiento y chequeo de información.

**RESUMEN*

El área de estudio se localiza en los Andes centrales venezolanos a unos 68km de la ciudad de Mérida al suroeste del Estado homónimo. Abarca una superficie de 163km² lo cual se corresponde con un 60% de la superficie total de la parroquia Santa Cruz de Mora del municipio Antonio Pinto Salinas. El objetivo central de esta investigación fue el de establecer una zonificación de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa y de subcuencas propensas a generar eventos de crecidas, como instrumento para orientar la toma de decisiones en el proceso de ordenamiento territorial, la cual debe ser cónsona con la dinámica de las amenazas naturales presentes en el área en cuestión.

Para ello, se diseñó e implementó una metodología donde, por un lado se evaluaron los tres factores claves en el desencadenamiento de movimientos de masa: pendiente, geología y procesos geomorfológicos; y por otro, se aplicó un análisis morfométrico de las subcuencas, considerando y cuantificando cinco parámetros: forma, pendiente media del cauce principal, pendiente media de la cuenca, densidad de drenaje y densidad de cauces. Se obtuvieron cinco niveles de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa (Muy alta, Alta, Moderada, Baja y Muy baja) ocupando la mayor superficie, la categoría de Moderada Susceptibilidad y las subcuencas con mayor propensión a generar eventos de crecidas resultaron ser El Guayabal y El Tabacal.

Por otro lado, desde el punto de vista de la ordenación del territorio y en función de los resultados derivados de las dos zonificaciones se definieron algunos usos recomendables, es decir, siete (7) Zonas de Protección Ambiental, una (1) Zona Crítica de Recuperación Ambiental y posibilidades de localización y consolidación de Usos urbanos y asociados dentro de la poligonal urbana de Santa Cruz de Mora. Asimismo, se identificaron quince (15) zonas que se encuentran amenazadas por el desborde de las quebradas y del río Mocotíes, donde se contemplaron posibles medidas de gestión territorial pertinentes a

ser tomadas en cuenta frente a procesos de ocupación de dichas zonas. Finalmente, la escala cartográfica de trabajo de la presente investigación fue de 1:25.000.

Palabras claves: Movimientos de masa; Crecidas; Susceptibilidad; Ordenación del Territorio; Santa Cruz de Mora; Cuenca del río Mocotíes; Andes centrales venezolanos.

Bdigital.ula.ve

#SUMMARY

The study area is located in Venezuelan central Andes, 68km southeast from the city of Mérida, Mérida State. It has a surface of 163km² and it constitutes 60% of the total surface of parroquia Santa Cruz de Mora from Antonio Pinto Salinas municipality. The main objective in this research was to establish a zoning of areas susceptible to mass movement occurrence and sub-watersheds prone to generate floods, as main instruments of planning that will help decision making in the process of land use planning. Both of them have to be in agreement with natural hazard dynamics present in the described area.

As a consequence, a methodology was designed and applied, in one hand, to the three key factors related to the mass movement displacement: slope, geology and geomorphologic processes were evaluated. On the other hand, for sub watershed morphometric analysis five parameters such as: form, average slope of the main stream, average slope of the watershed, drainage density and riverbed density were considered and quantified. Five susceptibility levels were obtained for the occurrence of mass movements (Very-high, high, Moderate, Low and Very-low) Most of the surface was classified as Moderate Susceptibility and El Guayabal and Tabacal subwatersheds were the most prone to generate floods.

At the same time, from the zoning point of view and the results obtained from the zoning, some recommended uses were defined; in other words, seven (7) Environmental Protection Areas: one (1) Environmental Recuperation critic zone and possibilities of consolidating urban and associated uses within the Santa Cruz de Mora urban area. At the same time, fifteen (15) zones which are prone to river Mocotíes and creeks floods were identified where pertinent possible actions and locations were contemplated to be considered when the zones are occupied. To conclude, the cartographic scale used in this research was 1:25.000.

Key words: mass movements, floods, susceptibility, land use zoning, Santa Cruz de Mora, Venezuelan central Andes.

Bdigital.ula.ve

*INDICE GENERAL

	Pág.
*DEDICATORIA	I
*AGRADECIMIENTOS	II
*RESUMEN	IV
*SUMMARY	VI

CAPÍTULO I

*INTRODUCCIÓN	18-24
*PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25, 26
*JUSTIFICACIÓN	27, 28
*OBJETIVOS	
<i>Objetivo general</i>	29
<i>Objetivos específicos</i>	29

CAPÍTULO II

*MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL	31
<i>Bases conceptuales</i>	31-37
<i>Trabajos previos relacionados con el tema</i>	37-41
<i>Trabajos previos relacionados con el tema y el área de estudio</i>	41-43
<i>Antecedentes históricos de eventos meteorológicos ocurridos en la cuenca del río Mocoties</i>	43
<i>Datos históricos</i>	43-46
<i>Evento del 11 de febrero de 2005: Santa Cruz de Mora</i>	47-52

CAPÍTULO III

<i>*METODOLOGÍA</i>	54
1. <i>Revisión y recopilación de información bibliográfica y cartográfica</i>	54
2. <i>Delimitación del área de estudio</i>	55
3. <i>Trabajo de campo</i>	56
4. <i>Estudio del comportamiento geomecánico de los macizos, áreas susceptibles a movimientos de masa y subcuencas propensas a crecidas</i>	56
4.1. <i>Comportamiento geomecánico de los macizos</i>	56-59
4.2. <i>Áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa (zonificación en niveles de susceptibilidad)</i>	59-62
4.3. <i>Subcuencas propensas a generar eventos de crecidas</i>	62-69
4.4. <i>Delimitación de áreas de desborde de las quebradas y del río Mocoties</i>	69, 70
5. <i>Identificación de medidas de gestión territorial pertinentes desde la perspectiva de la ordenación del territorio adecuadas a las situaciones de peligros naturales presentes en el área de estudio</i>	70, 71

CAPÍTULO IV

<i>*ÁREA DE ESTUDIO</i>	73
<i>Localización y extensión</i>	73
<i>Relieve</i>	73
<i>Geología</i>	76-80
<i>Geomorfología</i>	80, 82
<i>Clima</i>	82-86
<i>Vegetación</i>	86-88
<i>Hidrografía</i>	88, 89
<i>Población y actividades económicas</i>	90-92

CAPÍTULO V

<i>*RESULTADOS</i>	94
1. <i>Distribución espacial de los sectores de pendiente</i>	94, 96
2. <i>Geología</i>	96
2.1. <i>Aspectos geológicos y rasgos geomecánicos de los macizos rocosos</i>	96-103
3. <i>Distribución espacial de los procesos geomorfológicos</i>	103-111
4. <i>Aspectos morfométricos de las subcuencas</i>	111-116
5. <i>Áreas de desborde de los drenajes principales</i>	116
5.1. <i>Vertiente izquierda</i>	116-127
5.2. <i>Vertiente derecha</i>	128-130
5.3. <i>Rio Mocotíes</i>	131-138

CAPÍTULO VI

<i>*DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</i>	140
1. <i>Zonificación de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa</i>	140
1.1. <i>Niveles de susceptibilidad</i>	140-150
2. <i>Subcuencas propensas a generar eventos de crecidas</i>	150
2.1. <i>Análisis de los aspectos morfométricos y de las áreas de desborde de las quebradas</i>	150-160
2.2. <i>Sitios potenciales a generar represamientos de drenajes</i>	160-163
2.3. <i>Eventos de crecidas históricas del río Mocotíes: entrevistas a testigos oculares y posibles periodos de retorno</i>	164-167
3. <i>Medidas de gestión territorial pertinentes desde la perspectiva de la ordenación del territorio adecuadas a las situaciones de peligros naturales presentes en el área de estudio</i>	167
3.1. <i>Usos recomendables, localizaciones y posibles medidas frente a la zonificación de áreas susceptibles a movimientos de masa</i>	167-180
3.2. <i>Localizaciones y posibles medidas frente a la susceptibilidad de las subcuencas a generar eventos de crecidas y a las áreas de desborde de las quebradas y del río Mocotíes</i>	180-185

<i>5.3. Posibilidades de localización y consolidación de usos dentro de la poligonal urbana de Santa Cruz de Mora</i>	185-187
*CONCLUSIONES	188-195
*REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	196-203

Bdigital.ula.ve

C.C.Reconocimiento

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Valores prefijados para la asignación de pesos al factor geología	58
2. Asignación de pesos al factor geología	60
3. Asignación de pesos al factor pendiente	61
4. Asignación de pesos al factor procesos geomorfológicos	62
5. Valores interpretativos del factor forma	65
6. Interpretación de la pendiente media del cauce principal	66
7. Característica cualitativa del relieve de una cuenca de acuerdo a su pendiente	67
8. Valores interpretativos de la densidad de drenaje	69
9. Distribución media mensual de la precipitación (mm) de la estación Santa Cruz de Mora para el período 1960 – 1995	82
10. Temperatura media estimada mediante el gradiente altotérmico	86
11. Características hidrológicas de las vertientes del área	89
12. Superficie ocupada por los sectores de pendiente en el área de estudio	94
13. Superficie ocupada de las unidades litológicas en el área de estudio	98
14. Superficie ocupada por los distintos procesos geomorfológicos presentes en el área de estudio	104
15. Aspectos morfométricos de las subcuencas	111
16. Comportamiento de los factores en las diferentes zonas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa	151
17. Matriz sinóptica del nivel de susceptibilidad muy baja	170
18. Matriz sinóptica del nivel de susceptibilidad baja	170
19. Matriz sinóptica del nivel de susceptibilidad moderada	171
20. Matriz sinóptica del nivel de susceptibilidad alta y muy alta	172

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1.A. Vista panorámica de Santa Cruz de Mora en el año de 1920. Nótese la baja densidad de población y el antiguo cauce del río Mocotíes (abajo) lugar donde en la actualidad se encuentra construida la avenida perimetral	44
1.B. Vista panorámica de Santa Cruz de Mora en el año 2008	44
2. Vista panorámica de Santa Cruz de Mora en la década de 1940. Nótese nuevamente el antiguo cauce del río Mocotíes (abajo) lugar donde en la actualidad se encuentra construida la avenida perimetral	46
3. Localización del área de estudio	74
4. Mapa de topografía	75
5. Área de estudio localizada en la traza de la falla principal del Sistema o Zona de Fallas de Boconó, estructura geológica más importante del Occidente de Venezuela	79
6. A) Rocas fuertemente plegadas; B) y C) Perfiles de meteorización profundos; D) Rocas muy diaclasadas; E) Movimiento de masa (derrumbe en roca); F) Colapso de talud (derrumbe en roca) debido a que los planos de foliación están buzando a favor del corte y por ende en sentido de la pendiente	81
7. Distribución media mensual de la precipitación (mm) de la estación Santa Cruz de Mora para el período 1960 – 1995	83
8. Pisos térmicos identificados para el área de estudio a través del gradiente altotérmico	85
9. Asimetría de las vertientes	89
10. Vista panorámica del sitio de emplazamiento de Santa Cruz de Mora	91
11. Mapa de sectores de pendiente	95

12. Mapa de geología	97
13. Mapa de procesos geomorfológicos	105
14. Zona de deslizamientos. Ladera norte de Santa Cruz de Mora	106
15. Cárcavas activas. Carretera de San Isidro parte alta	107
16. Algunos ejemplos de deslizamientos activos presentes en el área de estudio	108
17. Vista panorámica de la ladera norte de Santa Cruz de Mora (2005) donde se pueden apreciar gran cantidad de deslizamientos. En la imagen del año 2009 dichos deslizamientos ya se encuentran colonizados de vegetación	109
18. Algunos ejemplos de derrumbes activos presentes en el área de estudio	110
19. Mapa de subcuencas susceptibles a crecidas	112
20. Mapa de áreas de desborde	117
21. Vista en helicóptero (2005) donde se observa el prominente abanico de detritos que formó la quebrada El Tabacal. En la imagen del 2008 el cauce del mismo drenaje colmatado de sedimentos	118
22. Gandolas sepultadas casi completamente por la gran cantidad de sedimentos que depositó la quebrada Cuba Libre sobre la carretera Tovar- Santa Cruz de Mora	119
23. Vista panorámica del sector El Mamón (al centro y derecha) y de la subcuenca de la quebrada Romero (izquierda).	120
24. Maquinarias realizando obras de limpieza por la gran cantidad de sedimentos que arrastró hasta este sitio la quebrada San José	121

25. Fotografía aérea donde se observa el control estructural que ejerce la falla (inferida) sobre la quebrada Los Cedros. Nótese la alta vulnerabilidad localizada en la margen derecha de la misma y su trayectoria en eventos de crecida	123
26. Flujo de detritos y represamiento de la quebrada Los Cedros sobre la Avenida Bolívar de Santa Cruz de Mora	124
27. Abanico de detritos originado por la quebrada El Diamante	125
28. Vista aérea del sector quebrada El Barro. Nótese el flujo de lodo que afectó a dicho sector por el desborde de la quebrada El Barro	126
29. Vista aérea de los terrenos de la Hacienda La Victoria. Nótese el abanico de detritos formado por la quebrada La Victoria	127
30. Vista panorámica del fondo de valle de la quebrada El Guayabal. Nótese la población localizada en las márgenes del drenaje	128
31. Viviendas impactadas por el desborde de la quebrada El Guayabal	129
32. Puente sobre la quebrada Mejías ubicado al sur del sector Puerto Rico. En este lugar dicha quebrada se represó y se desbordó inundando al mencionado sector	130
33. Algunas de las áreas inundadas del sector Puerto Rico como consecuencia del desborde de la quebrada Mejías	130
34. Áreas del sector El Tabacal afectadas por el desborde del río Mocotíes	131
35. Panorámica de la Urbanización Romero desde la vertiente derecha. Nótese lo estrecho del fondo de valle en esta sección y la poca distancia a la cual el urbanismo se encuentra con respecto al río Mocotíes	132

36. Instalaciones del Club Libertador afectadas por el desborde del río Mocotíes	133
37. Desborde del río Mocotíes desde la PACCA (al fondo) hasta las inmediaciones del puente que conduce hacia el sector Puerto Rico (foto superior). La imagen inferior permite visualizar el ancho alcanzado por las aguas desbordadas del río Mocotíes aguas arriba del mencionado puente	134
38. Vista de las ruinas y de las pocas paredes de las viviendas del desaparecido sector El Aserradero que lograron quedar erguidas después del impacto directo de las aguas del río Mocotíes	135
39. Desborde del río Mocotíes aguas abajo del puente que conduce hacia el sector Puerto Rico	136
40. Vista al fondo de la infraestructura del terminal de pasajeros y el mercado municipal afectados por el desborde del río Mocotíes	137
41. Mapa de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa	141

CAPÍTULO I



Fuente: Fotografía tomada por G. Páez (2008).
Vista panorámica de Santa Cruz de Mora

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

JUSTIFICACIÓN

OBJETIVOS

*INTRODUCCIÓN

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV) de 1999, en el Título III De Los Derechos Humanos y Garantías, y De Los Deberes, Capítulo IX De Los Derechos Ambientales, Artículo 128, establece que *“El Estado desarrollará una política de ordenación del territorio atendiendo a las realidades ecológicas, geográficas, poblacionales, sociales, culturales, económicas, políticas, de acuerdo con las premisas del desarrollo sustentable, que incluya la información, consulta y participación ciudadana. Una ley orgánica desarrollará los principios y criterios para este ordenamiento”*, es decir, que la ordenación del territorio viene a ser una política de Estado y un proceso de planificación reconocido por el mismo en la carta magna.

De igual modo, la CRBV en el Título IV Del Poder Público, Capítulo II De La Competencia del Poder Público Nacional, Artículo 156, establece que una de las competencias del Poder Público Nacional son *“Las políticas nacionales y la legislación en materia naviera, de sanidad, vivienda, seguridad alimentaria, ambiente, aguas, turismo, ordenación del territorio”*.

En el mismo orden de ideas la carta magna en el Título IV Del Poder Público, Capítulo IV Del Poder Público Municipal, Artículo 178, expone que dentro de las competencias del municipio se encuentra la *“Ordenación territorial y urbanística; patrimonio histórico; vivienda de interés social; turismo local; parques y jardines, plazas, balnearios y otros sitios de recreación; arquitectura civil, nomenclatura y ornato público”*.

Asimismo, coexiste con la CRBV la Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio (LOPOT) de 1983, vigente en la actualidad, la cual tiene por objeto establecer las disposiciones que regirán el proceso de ordenación del territorio en correspondencia con las estrategias de desarrollo económico y social del país a largo plazo. Para los efectos de la LOPOT la ordenación del territorio es entendida como un proceso de... *“regulación y promoción de la*

localización de los asentamientos humanos, de las actividades económicas y sociales de la población, así como el desarrollo físico espacial, con el fin de lograr una armonía entre el mayor bienestar de la población, la optimización de la explotación y uso de los recursos naturales y la protección y valorización del medio ambiente, como objetivos fundamentales el desarrollo integral” (Artículo 2, Disposiciones Generales, Del Título I).

Es importante resaltar que la LOPOT en el Numeral 1, del Artículo 3, señala que uno de los objetivos de la ordenación del territorio es *“la definición de los mejores usos de los espacios, de acuerdo a sus capacidades, condiciones específicas y limitaciones ecológicas”*. Ello expresa la importancia de considerar en dicho proceso de planificación los riesgos siconaturales, como situaciones que condicionan de forma incuestionable la dinámica de los procesos territoriales.

Sin embargo, el nuevo proyecto de ley el cual lleva por nombre Ley Orgánica para la Ordenación y Gestión del Territorio (LOOGT) del año 2008, en el Título I Disposiciones Generales, Artículo 2, referente a los Principios de la ley, se enuncia que: *“El Ejecutivo Nacional velará porque todas las actividades y disposiciones que regulan el proceso de ordenación y gestión de la ordenación del territorio..., se realicen bajo los principios de: Soberanía nacional, equilibrio territorial, desarrollo endógeno, desarrollo sustentable, precaución, corresponsabilidad, responsabilidad por los daños, seguridad y defensa, y prevención de riesgos”*.

La LOOGT expone dentro del principio de prevención de riesgos que *“es principio de esta Ley tomar en consideración la variable riesgo para el ordenamiento territorial normativo del país, para lo cual se tomarán en cuenta las amenazas o peligros latentes, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos”*. En tal sentido, dentro de este nuevo proyecto de ley de la LOOGT se le otorga de forma clara y explícita, con respecto a la anterior, una

importancia a los riesgos socionaturales como situaciones que condicionan y afectan la realidad socioterritorial de un ámbito espacial.

Es por ello que la LOOGT en el Título I de las Disposiciones Generales, Artículo 7 De Los Objetivos de la Ordenación del Territorio, establece que uno de los objetivos de la misma es *“determinar los espacios sujetos a riesgos asociados a fenómenos naturales, tecnológicos o antrópicos, así como los mecanismos de prevención idóneos para salvaguardar la vida de la población, disminuir su vulnerabilidad y racionalizar el uso de los recursos destinados a inversión”*.

En relación con lo anterior, a principios del año 2009 se aprueba y entra en vigencia la Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos (LGIRST), la cual tiene por objeto conformar y regular la gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos, estableciendo los principios rectores y lineamientos que orientan la política nacional, orientada hacia la armónica ejecución de las competencias concurrentes del Poder Público Nacional, Estatal y Municipal en materia de gestión integral de riesgos socionaturales y tecnológicos.

La LGIRST en el Título I Disposiciones Generales, Artículo 6 De Las Obligaciones del Estado, expone, entre otras cosas, que el Estado debe: *“Garantizar que las acciones propias de la ordenación del territorio y de la planificación del desarrollo a todos los niveles de gestión, eviten potenciar o incrementar las condiciones de vulnerabilidad o de amenazas en el país”*.

Los párrafos precedentes permiten entonces adentrarse específicamente en materia de riesgos por amenazas naturales y su vinculación con la ordenación del territorio. Para ello primero que nada hay que mencionar que los fenómenos naturales de carácter ordinario o extraordinario, son un conjunto de manifestaciones intrínsecas de la naturaleza, los

cuales obedecen a distintas expresiones que adopta ésta como consecuencia de su funcionamiento endógeno. Entre estos fenómenos naturales se pueden mencionar: movimientos de masa, crecidas extraordinarias de ríos y quebradas, erupciones volcánicas, terremotos, tsunamis, huracanes, avalanchas de nieve, tormentas eléctricas, entre otros.

En el caso de Venezuela las principales amenazas de origen natural que ocasionan daños y pérdidas a la población son: los movimientos de masa, las crecidas extraordinarias de ríos, quebradas y torrentes, y los terremotos. Los *movimientos de masa* tales como: derrumbes, deslizamientos, flujos, represamientos temporales, crecidas de ríos por formación de lagunas de obturación, entre otros; independientemente cual sea el detonante que lo genere (hidrometeorológico o cosísmico u otro mecanismo); y las *crecidas extraordinarias de ríos y quebradas*, son fenómenos naturales de gran potencial destructivo, que en ocasiones pueden llegar a ser de proporciones catastróficas en términos de extensión y daños humanos y materiales, dependiendo de la magnitud y la potencia del fenómeno.

La necesidad de conocer y valorar escenarios de riesgos siconaturales inducidos por estos eventos, evidencian el interés de contar con un marco de referencia orientado a evaluar los impactos que puedan tener los movimientos de masa (activos, inactivos y potenciales) y la ocurrencia de picos de crecidas violentos de drenajes, sobre áreas densamente urbanizadas y, en general, sobre las actividades humanas de todo tipo.

En el mes de febrero de 2005 en la cuenca del río Mocotíes se suscitó un evento hidrometeorológico que ocasionó un retroceso económico y social para la población residente de dicha cuenca, en especial para los asentamientos humanos localizados en el en el municipio Pinto Salinas, ámbito de estudio del presente trabajo, que forma parte del contexto espacial de la cuenca del Mocotíes. Frente a una situación como la descrita la

ordenación del territorio debe jugar un papel fundamental en el desarrollo de los lugares que están signados por la ocurrencia de desastres y para ello debe contemplar por estudios de zonificación de amenazas, vulnerabilidad y por ende de riesgos siconaturales, que permitan organizar el territorio en armonía con los elementos físico - naturales.

Es así como nace el interés por estudiar gran parte del territorio correspondiente a la parroquia Santa Cruz de Mora perteneciente al municipio Antonio Pinto Salinas del Estado Mérida. El área de estudio tiene una extensión de 163km² aproximadamente y representa un 60% de la superficie total del municipio antes mencionado, la cual abarca la sección media inferior de la cuenca del río Mocotíes. Se encuentra localizada a unos 68km al suroeste de la ciudad de Mérida y debido a sus condiciones físico - naturales es susceptible a la ocurrencia de las dos amenazas naturales antes mencionadas. Por tal razón en esta área fue donde se concentraron los mayores impactos geomorfológicos, hídricos y socioeconómicos como consecuencia del evento meteorológico ocurrido en la cuenca del río Mocotíes en febrero de 2005.

El presente trabajo tiene como objetivo central llevar a cabo tanto una evaluación para delimitar áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa y producir una zonificación que considere el nivel de propensión de las subcuencas del área de estudio, a generar eventos de crecidas. Esto último, utilizando el estudio cuantitativo de morfometría de cuencas, así como también, la delimitación cartográfica de las áreas de desborde de las quebradas y del río Mocotíes, tomando en consideración las manchas de crecidas que se generaron durante el evento de febrero de 2005.

La finalidad de este estudio es mostrar la importancia que tiene la zonificación de dichas amenazas naturales como instrumento valioso, irrefutable y condicionante de los procesos territoriales intrínsecos a la ordenación del territorio, tales como: ocupación, localización de actividades, usos de la tierra, configuración y organización territorial.

Asimismo, el estudio y zonificación de las amenazas descritas en los párrafos precedentes, se constituyen en herramientas guías y orientadoras para la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes en materia de ordenamiento territorial, debido a lo que representan para el desarrollo económico y social de una región, eventos o situaciones extremas como la acontecida en febrero de 2005 en la cuenca del río Mocotíes e inclusive como en el caso del Estado Vargas en diciembre de 1999.

En otras palabras, se pretende establecer y resaltar la importancia que tiene una zonificación de amenazas naturales como insumo básico para el ordenamiento territorial, a la hora de planificar y gestionar espacialmente las políticas de orden económico, social, ambiental y cultural de la sociedad.

Un trabajo de investigación bajo esta concepción proporciona, en buena medida, la información básica a la hora de la toma de decisiones por parte de los organismos y autoridades competentes encargados de la jurisdicción del área de estudio en cuestión, sobre todo al momento de llevar a cabo un proceso de ordenamiento territorial u organización deliberada de su espacio socioterritorial en función de una política de asignación de usos recomendables.

Este trabajo de investigación está estructurado en siete capítulos, los cuales se describen brevemente a continuación:

En el primer capítulo del trabajo se exhiben todos los aspectos concernientes con la fundamentación teórica del mismo, es decir, el planteamiento del problema, la justificación y objetivos general y específicos que se persiguen alcanzar con la investigación.

En el segundo capítulo se abordan, por un lado los antecedentes relacionados con la temática de la investigación, es decir, trabajos previos realizados en el área de estudio, en Venezuela e incluso a nivel internacional y, por otro lado los antecedentes históricos de eventos hidrometeorológicos de similar naturaleza ocurridos en el pasado, como el acontecido en febrero de 2005 en la cuenca del río Mocotíes.

El capítulo tercero contiene las características generales del área de estudio en términos de su localización y extensión, rasgos físicos – naturales y socioeconómicos. En el cuarto capítulo se presentan sistemáticamente las distintas etapas que integran el procedimiento metodológico que sustenta y sostiene esta investigación. Para efecto de los objetivos propuestos, se diseñó una metodología adaptada a las condiciones del área para tratar de obtener resultados lo más cónsonos posibles, con la realidad geográfica del territorio estudiado.

En lo que respecta al capítulo quinto y sexto, se exponen los resultados de la investigación y el análisis y discusión de los mismos, respectivamente. Finalmente, se plantean una serie de conclusiones pertinentes vinculadas con los resultados obtenidos y las referencias bibliográficas consultadas.

*** PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En Venezuela en las últimas décadas se han suscitado una serie de fenómenos naturales (amenazas naturales), que al correlacionarlos con las áreas donde se ha localizado la población (vulnerabilidad), han provocado desastres y causado significativas daños materiales e irre recuperables pérdidas humanas. Los fenómenos a los cuales se hacen referencia son: la Tormenta Bret (1992), el Terremoto de Cariaco (1997), la Vaguada en el estado Vargas (1999), las Inundaciones en el estado Apure (2001), el evento meteorológico anómalo acontecido en la cuenca del río Mocotíes (2005) y más recientemente, las fuertes lluvias caídas en dicha cuenca durante el mes de octubre (2008), que han revivido, en parte, el desastre ocurrido en el mes de febrero del año 2005, en el centro urbano de Santa Cruz de Mora.

Alrededor del 80% de la población venezolana vive en áreas montañosas, las cuales por sus características físico - naturales son susceptibles a procesos que pueden afectar a la población en diferentes grados. A ello se suma el hecho de que Venezuela es un país intertropical, bajo la influencia, directa e indirecta de todos los procesos y ciclos naturales de tipo meteorológico que se circunscriben a esta zona latitudinal baja.

Es importante realizar una zonificación espacial de las amenazas naturales presentes en un territorio, como base fundamental para llevar a cabo un proceso eficaz y pertinente de ordenamiento territorial que se proponga mitigar los efectos que, dejan año tras año, los desastres como consecuencia de la manifestación de fenómenos de índole natural. Esto implica que dentro de la planificación territorial, se consideren áreas susceptibles de sufrir eventos catastróficos ya sean por crecidas o por movimientos de masa, especialmente si el territorio objeto de ordenamiento presenta situaciones de alto riesgo siconatural por la ocurrencia de estos eventos.

En este orden de ideas, el municipio Antonio Pinto Salinas del Estado Mérida fue la unidad territorial, de las tres que conforman la cuenca del río Mocotíes (Antonio Pinto Salinas, Tovar y Rivas Dávila), más afectada ante la ocurrencia del evento meteorológico extraordinario suscitado en febrero del año 2005 (lluvias anómalas en la cuenca del río Mocotíes). Ello demostró cuán vulnerable puede ser este municipio y en especial su parroquia capital Santa Cruz de Mora, ante la ocurrencia de un fenómeno meteorológico anómalo y la consecuente generación de movimientos de masa en las vertientes y crecidas extraordinarias de ríos y quebradas. Este hecho quedó corroborado debido a que los mayores impactos geomorfológicos, hídricos y socioeconómicos generados por éstos, se concentraron en gran parte de dicha parroquia.

Las características físico – geográficas restrictivas y la construcción social de la vulnerabilidad (localización de la población en sitios de alto riesgo no aptos para ser ocupados) que existen en el municipio Pinto Salinas, se constituyeron en dos factores claves que coadyuvaron a agravar y elevar los niveles de afectación en este territorio en febrero de 2005. Por tales razones se hace necesario llevar a cabo un estudio de evaluación y zonificación de los principales fenómenos naturales que amenazan a la población residente específicamente en la parroquia Santa Cruz de Mora, que funja como una herramienta orientadora y directriz en la toma de decisiones en materia de ordenamiento territorial.

***JUSTIFICACIÓN**

Durante los días 11 y 12 de febrero del año 2005 se suscitó un inusual evento meteorológico, el cual ocasionó lluvias extraordinarias de magnitudes significativas en la cuenca del río Mocotíes y desencadenó uno de los desastres más lamentables que se haya generado en la última década en nuestro país. Ello debido, fundamentalmente, a las *características físico – naturales* propias de montaña que posee dicha cuenca y las *condiciones de intervención antrópica* que presenta la misma, tales como: deforestación en vertientes y taludes, desarrollo de actividades agropecuarias y asentamientos humanos en lugares no aptos, a las que se suma la falta de concienciación de la población en lo referente a convivir con la amenaza (educación ambiental y cultura preventiva).

El municipio Antonio Pinto Salinas es la unidad territorial de la cuenca del Mocotíes que presenta las mayores restricciones de expansión urbana principalmente desde el punto de vista topográfico. Dentro de este municipio, surge el interés por estudiar parte significativa de la parroquia Santa Cruz de Mora y establecer una zonificación de áreas susceptibles a movimientos de masa y de subcuencas propensas a generar eventos de crecidas extraordinarias, como aporte fundamental orientador de la política de ordenación del territorio que proponga el plan de ordenamiento de ese municipio.

Se pretende lograr que el estudio sirva como base para establecer propuestas y ofrecer alternativas desde el punto de vista de la ordenación del territorio, en cuanto a la recomendación de usos, localización y consolidación de actividades económicas y de asentamientos humanos, que coadyuven a mitigar las consecuencias y efectos negativos ante el desencadenamiento de fenómenos naturales a futuro, ya que, existen registros históricos (antecedentes) documentados, hemerográficos y vivenciales de la ocurrencia en el pasado (1910, 1933 y 1951), de una serie de eventos de similar magnitud al del 2005, con la gran diferencia de que en décadas pasadas la densidad de población era menor.

Por otra parte, los efectos geomorfológicos generados por el evento del 2005 se concentraron en cuatro áreas: 1- Sitio cercano a la Playa; 2- Cuenca de la quebrada San Francisco y los daños observados en la Avenida Perimetral de Tovar; 3- Sector entre Tovar y Santa Cruz de Mora y 4- Sector entre Santa Cruz de Mora y Puente Victoria, dentro de las cuales se destacaron por el mayor impacto generado, los tramos Tovar – Santa Cruz de Mora – Puente Victoria (Carlos Ferrer en CORPOANDES, 2005). La tercera área incluye parte de la parroquia en estudio, es decir, desde el sector El Tabacal hasta la Urbanización Romero, mientras que la cuarta área se circunscribe completamente al ámbito de estudio de la presente investigación. Ello fundamenta el por qué la selección de la parroquia Santa Cruz de Mora como ámbito espacial para desarrollar este trabajo.

A raíz de lo acontecido en la cuenca del río Mocotíes en el año 2005, se han venido desarrollado foros, conferencias, documentos escritos inéditos, artículos científicos, entre otros eventos y documentos (artículos en diarios de circulación nacional y regional; CORPOANDES, 2005; Paparoni, 2005; Laffaille *et al.*, 2005; Laffaille y Ferrer, 2005; Laffaille, Ferrer y Dugarte, 2005; Blandón *et al.*, 2006; Alonso, 2006; Páez, 2005; Morales, 2006; Ayala *et al.*, 2007; Corona y Jaime, 2007; Zambrano y Quevedo, 2007; Dugarte y Ferrer, 2007), demostrándose el interés fehaciente sobre el tema realizados con fines de investigación científica o de información documental. En la medida que se lleven a cabo más estudios como el que se plantea en estas líneas, se podrán realizar aportes más pertinentes y en detalle para orientar la toma de decisiones más acertadas en cuanto a políticas de Estado en materia de ordenamiento territorial y desarrollar adicionalmente una cultura preventiva en la población.

OBJETIVOSObjetivo general*

- Zonificar áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa y subcuencas propensas a generar eventos de crecidas, como base para el ordenamiento territorial del municipio Antonio Pinto Salinas del Estado Mérida.

Objetivos específicos

- Estudiar los factores claves desencadenantes de movimientos de masa y de crecidas en cuencas hidrográficas.
- Estudiar el comportamiento de los factores claves identificados, en la parroquia Santa Cruz de Mora.
- Delimitar áreas afectadas por el desborde de quebradas y del río Mocotíes en la parroquia Santa Cruz de Mora, como consecuencia del evento meteorológico acontecido en febrero de 2005.
- Zonificar áreas susceptibles a movimientos de masa y de subcuencas propensas a generar crecidas en el área de estudio.
- Identificar medidas de gestión territorial desde la perspectiva de la ordenación del territorio, que se adecúen a las situaciones que se deriven de los peligros naturales presentes en el área en cuestión.

CAPÍTULO II



Fuente: Fotografía tomada por G. Páez (2005).

Divisoria de agua de la microcuenca El Guayabal, Parque Nacional "General Juan Pablo Peñalosa"

MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL

Bases Conceptuales

Trabajos Previos

Antecedentes históricos de eventos meteorológicos ocurridos en la cuenca del
Río Mocotíes

C.C.Reconocimiento

***MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL**

Bases Conceptuales

A continuación se presentan una serie de definiciones fundamentales a las cuales se hace alusión durante todo el trabajo y que son el léxico básico esencial de la investigación, entre las cuales están: fenómeno natural, amenazas de origen natural, susceptibilidad, movimientos de masa, crecidas, cuenca hidrográfica, morfometría de cuencas, ordenación del territorio y zonificación de amenazas naturales.

Para múltiples investigadores el problema de las amenazas naturales o geoamenazas, como lo denomina Vielma (2000), tiene su mayor expresión e impacto en áreas urbanas y asentamientos humanos densamente poblados, donde se concentran los elementos ideales susceptibles a riesgos siconaturales, tales como: población, recursos y actividades. Dicha concentración de elementos de riesgos se agrava debido a la ocupación y a los patrones de uso incontrolados del territorio (Vielma, 2000).

La demanda de espacios en las grandes ciudades y en los centros urbanos menores, para su expansión, conlleva a la ocupación de áreas con serias limitantes o restricciones físico naturales. En tal sentido, los estudios enfocados en la evaluación de amenazas naturales, la vulnerabilidad y los riesgos siconaturales deben tener un lugar central en los nuevos programas de desarrollo urbano local, ordenación del territorio municipal, regional e inclusive nacional, para de esta manera suministrar información que podría ser empleada como base sólida para optimizar el desarrollo, organización y eficiente utilización del territorio, la orientación de los usos recomendables (asignación de usos) y, con ello a reducir los efectos socioeconómicos que generan los desastres.

Es pertinente iniciar este marco teórico conceptual haciendo referencia al concepto de ***fenómeno natural***. Este puede ser entendido como toda manifestación de la naturaleza o, en otras palabras, es cualquier expresión que adopta la naturaleza como resultado de su

funcionamiento endógeno (terremotos, erupciones volcánicas, avalanchas de nieve, movimientos de masa, tsunamis, huracanes, crecidas extraordinarias de ríos y quebradas - desborde e inundación - precipitaciones extraordinarias, vaguadas en altura, entre otros).

Existen fenómenos naturales que ocurren con cierta regularidad (ordinarios) y otros de aparición anómala, extraordinaria y sorprendente. Ello lleva entonces a definir y diferenciar las **amenazas de origen natural** (debido a que también existen amenazas de origen antrópico las cuales no son tema a tratar en el presente estudio) de un fenómeno natural, siendo la amenaza...“la probabilidad de que ocurra un riesgo frente al cual una comunidad particular es vulnerable” (LA RED, 1993: 17). En otras palabras, viene a ser entonces la probabilidad de ocurrencia, en un tiempo y espacio dado, de un fenómeno natural, el cual puede ocasionar significativos daños materiales y pérdidas humanas a un asentamiento poblado.

Por su parte, la Organización de Estados Americanos (OEA) (2000) citada por Arismendi (2005: 26), concibe a las **amenazas naturales** como “aquellas manifestaciones del medio ambiente que son peligrosas al hombre y que están causadas por fuerzas extrañas a él, fuerzas que se refieren específicamente a fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos 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”.

Existe un término vinculado con el anterior que es la **susceptibilidad**, donde Arismendi (2005: 27) explica que “se refiere a una definición que se adhiere a todo ese acervo de expresiones y términos vinculados al tema de las amenazas naturales. Generalmente cuando se hace alusión a un evento propulsor de amenazas naturales directamente, se está haciendo referencia a un estado de susceptibilidad, de allí que un término esté íntimamente afiliado al otro.” Por su lado, Varnes (1984) citado por Arismendi (2005: 27), expone que la **susceptibilidad** es “la facilidad con que un fenómeno natural extremo

puede ocurrir, con base a las condiciones locales del terreno". En otras palabras, la susceptibilidad es la predisposición, propensión o tendencia que posee un lugar a que un evento natural se produzca.

En el presente trabajo se pretende evaluar la susceptibilidad de ciertos sitios de un territorio a generar movimientos de masa y, por otra, parte evaluar subcuencas que sean propensas a desencadenar eventos de crecidas.

En el caso de los *movimientos de masa*, el término se refiere a todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de suelo por efectos de la gravedad (Cruden, 1991). Algunos movimientos de masa, como la reptación de suelos, son lentos, a veces imperceptibles y difusos, en tanto que otros, como algunos deslizamientos, pueden desarrollar velocidades altas y pueden definirse con límites claros, determinados por superficies de ruptura (Crozier, 1999a, en Glade y Crozier, 2005). Este tipo de procesos engloban desde los derrumbes, deslizamientos hasta los flujos y son causados e influenciados por la gravedad, las lluvias, las fuerzas sísmicas y volcánicas, entre otras.

En el caso de este trabajo los movimientos de masa que serán tomados en cuenta son: deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos y lodo.

En cuanto a las *crecidas de ríos y quebradas* se pueden definir como el aumento repentino de la velocidad y volumen de un río debido a una aportación de agua, causada generalmente por lluvias intensas. Como consecuencia de la considerable velocidad y la descarga que se produce en un período de tiempo tan corto, los ríos son capaces de transportar enormes cantidades de cargas frecuentemente con consecuencias catastróficas. En ocasiones cuando las crecidas se producen en zonas semiáridas, las tormentas violentas pueden transformar gargantas secas en furiosos torrentes en un corto tiempo (Whittow, 1984).

Otro concepto importante de abordar en esta sección es el de **cuenca hidrográfica**, la cual puede ser definida según Brooks (1985) citado por Hernández (1987), como una unidad del territorio que capta la precipitación, transita el escurrimiento y la esorrentía hasta un punto de salida en el cauce principal o es un área delimitada por una divisoria topográfica que fluye a un drenaje común.

Desde el punto de vista sistémico una cuenca hidrográfica es concebida “como un geosistema, ya que ésta va más allá de ser un área de la superficie terrestre netamente productora de agua, donde existe un conjunto amplio de elementos biofísicos y socioeconómicos, entre los cuales se generan complejas y múltiples interrelaciones que definen el ambiente y la realidad geográfica de una cuenca en un momento dado” (Páez y Boada, 2006: 27).

Un geosistema “el cual está integrado por 3 subsistemas: el subsistema biótico (flora y fauna), el subsistema abiótico (litología, geomorfología, clima, suelos, hidrografía) y el subsistema antrópico o socioeconómico (intervención, uso y explotación, por parte del hombre, de los recursos naturales presentes en una cuenca), los cuales se interrelacionan entre sí para generar un producto final, es decir, un espacio geográfico concreto y definido con características particulares que permiten diferenciar una cuenca de otra. Adicionalmente, en la actualidad la cuenca hidrográfica se constituye como una unidad de análisis espacial por excelencia, para abordar estudios de distinta naturaleza en la planificación y ordenación territorial de las mismas” (Ayala *et al.*, 2007: 59).

En este sentido, la **morfometría de cuencas**, análisis que se llevará a cabo en este trabajo, se refiere al estudio cuantitativo sobre un conglomerado de características físicas medibles propias de una cuenca hidrográfica, tales como: área, forma, longitud axial, perímetro, pendiente media del cauce principal, pendiente media de las vertientes,

densidad de drenaje y de cauces, longitud de los drenajes, jerarquización de los drenajes, relación de bifurcación, entre otras.

En otro orden de ideas, abordar el estudio de áreas propensas a la ocurrencia de movimientos de masa y de subcuencas proclives a desencadenar crecidas violentas, representan dos aspectos claves que, por lo general, no son considerados con énfasis a la hora de desarrollar planes de ordenamiento territorial en el caso específico del nivel municipal. De esta manera aparece el concepto de **ordenación del territorio** el cual es un proceso de planificación y política de Estado que persigue organizar y utilizar el territorio de manera más eficiente.

La ordenación del territorio es un concepto de carácter polisémico, es decir, que tiene diversas definiciones, por lo tanto en este trabajo se adoptó la definición propuesta por Méndez (2002) citado por Méndez (2005: 6):

*...“Es un proceso de planificación y gestión pública para conocer, promover, controlar y administrar la ocupación y usos del territorio, conjuntamente con la localización de actividades económicas, la organización de la red de centros urbanos y del espacio rural, la cobertura del equipamiento de la infraestructura de servicios y la adecuación de la estructura administrativa del Estado a las exigencias socioterritoriales; en un todo acorde con el manejo de los recursos naturales y la **prevención de riesgos ambientales**, a fin de lograr objetivos múltiples del desarrollo integral y sostenible”.*

A la ordenación del territorio le interesa estudiar la estructura y dinámica de la realidad socioterritorial, es decir, la estructura y dinámica del conjunto de elementos que integran el territorio, y entre ese conjunto de elementos considera en primer plano analizar las condiciones físico naturales, el manejo de los recursos naturales, **la prevención de riesgos**

ambientales y las áreas protegidas, ya que es la expresión del medio físico natural como soporte de hechos, oferta y fuente de recursos y **condicionante de procesos territoriales**, tales como: la ocupación, localización, usos y configuración (Méndez, 2005). La ordenación del territorio encuentra en la zonificación de áreas: degradadas, **susceptibles a amenazas de origen natural**, protegidas, productivas, urbanas, rurales, de infraestructura y de equipamiento territorial y de usos múltiples, la base para la asignación de usos recomendables.

El estudio de las amenazas naturales en la ordenación del territorio revela peligros potenciales a los cuales están expuestas las áreas que van a ser ocupadas por la sociedad. Su sectorización y correlación con la vulnerabilidad y potenciales desastres, suministran información valiosa para la delimitación de áreas críticas o sectores con mayor probabilidad de incidencia a riesgos en la población, las actividades productivas, las infraestructuras y las áreas protegidas.

Méndez (2005), expone que la sectorización de amenazas naturales es referencia al momento de establecer zonificaciones ambientales, asignar usos al territorio y para el diseño de estrategias, hecho que es clave en el ordenamiento territorial. Cada tipo de amenazas tiene exigencias de análisis particulares, de acuerdo a la pluralidad geográfica. No obstante, cualquiera que sean los procedimientos metodológicos que se apliquen, éstos deben basarse en la valoración y ponderación de factores y/o variables relacionadas con las condiciones geológico – geomorfológicas, hidroclimáticas, edafológicas, grado de cobertura vegetal, la población y los usos de la tierra, en conjunción con indicadores externos o fuerzas de activación de los procesos.

El análisis integrado de los factores que inciden en la ocurrencia de fenómenos naturales, facilita la sectorización de las amenazas naturales y su relación con los asentamientos de

población y las actividades económicas potencialmente aceptables. Su consideración, desde el punto de vista espacial, se expresa en los respectivos trabajos cartográficos.

En cuanto a la **zonificación de amenazas** para efectos de esta investigación viene a ser un instrumento e insumo temático básico en el ordenamiento territorial de una unidad territorial, ya que permite planificar y gestionar espacialmente las políticas de orden económico, social, ambiental y cultural de la sociedad, en “armonía” con las condiciones físico naturales propias del territorio.

Olaya (1997) citado por Vielma (2000), define la zonificación ambiental territorial como un proceso técnico científico que se desarrolla con la finalidad de conocer y generar una sectorización espacial de un territorio dado, donde se analizan las características físico – naturales del área en relación con la dinámica económica y social de la población que habita dicho espacio geográfico. Ello se constituye como un insumo y herramienta básica para la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes del territorio, en términos de regular, administrar y gestionar el proceso de ocupación y usos múltiples del territorio, así como también, para el buen manejo y uso de los recursos naturales, a fin de garantizar su apropiado aprovechamiento y así sentar las bases de un desarrollo sostenible. La zonificación ambiental en este estudio puede verse hasta cierto punto (debido a que sólo se están considerando dos amenazas naturales) como equivalente al de zonificación de amenazas naturales.

Trabajos previos relacionados con el tema

A lo largo de la historia el hombre ha sentido la preocupación por conocer, analizar, estudiar e identificar sitios donde emplazar y establecer asentamientos humanos, que representen áreas de menor riesgo ante la ocurrencia de los fenómenos naturales. Ello con el tiempo se ha ido incrementando, debido a que el hombre ha tenido que afrontar los fuertes embates de la naturaleza como consecuencia de la carencia de conocimiento y

deficiente planificación. En tal sentido, surgen investigaciones en materia de generar conocimientos acerca del sustrato geológico, de los procesos geomorfológicos e hidroclimáticos, los cuales son necesarios al momento de tomar decisiones en el ámbito del ordenamiento territorial.

En este sentido se han llevado a cabo zonificaciones de amenazas naturales usando diferentes métodos para determinar la estabilidad relativa de los terrenos y la susceptibilidad de áreas a la ocurrencia de movimientos de masa; sin embargo, estas zonificaciones no se han hecho con motivos de ordenación territorial, como se muestra a continuación:

Ferrer (1984), consideró que el método más usado en la definición de niveles de estabilidad relativa de los terrenos lo constituye la superposición de factores o correlación factorial, que puede hacerse mediante juegos de mapas o asistencia por computador (SIG), cuando el número de variables a evaluar es muy significativo. El análisis de estabilidad relativa de los terrenos a través del método de la superposición de factores o correlación factorial es un enfoque conceptualmente correcto, ya que, se admite que los movimientos de masa del terreno y los distintos tipos de restricciones y riesgos sicionaturales constituyen una composición compleja de diversas factores (Ferrer, 1984).

Asimismo, Blank y Cleveland (1968) citados por Dugarte (2002), fueron los precursores en realizar un ensayo para delinear áreas propensas a ser afectadas por movimientos de masa del terreno, mediante el uso de selección de factores. Más adelante Cleveland (1971) en Ferrer (1984), resumió y presentó aquellos factores claves en la predicción regional de algunos movimientos de masa (interacción entre la precipitación, resistencia de la roca, efectos de la vegetación, valores de pendiente y patrones de drenaje).

Alfors, *et al.* (1973), realizaron un análisis relacionado con la naturaleza, magnitud y costo de la incidencia de los riesgos geológicos y geomorfológicos en el Estado de California (USA). En años posteriores un conjunto de investigadores como Carrara (1983, 1992); Carrara, *et al.*, (1976), 1977a, 1977b, 1982, 1991; Hansen (1984); Panizza (1991); Vargas (1992) (todos citados por Dugarte, 2002), emplearon métodos y procedimientos, particularmente en Italia, con el fin de evaluar los riesgos geomorfológicos a ocurrencia de movimientos de masa del terreno, entre otras investigaciones que se han realizado a nivel internacional.

En el caso de Venezuela, tal como lo expone Ferrer (1984), se han realizado varios intentos por clasificar los diferentes niveles de estabilidad relativa, específicamente en áreas con densidad de población elevada. Un ensayo metodológico que estuvo orientado a aspectos netamente geomorfológicos para lograr una sectorización de los terrenos, fue el desarrollado por Cabello (1981), el cual combina variables físico naturales y socioeconómicas en forma particular según la incidencia de cada una sobre el terreno, que sirva para la planificación del uso de la tierra con fines de garantizar el equilibrio natural y la preservación de la armonía entre el binomio hombre - naturaleza.

Rojas y Molina (1982) citados por Dugarte (2002), analizaron de forma integrada algunos aspectos físicos y socioeconómicos que inducen a la conformación de riesgos en el sitio donde se emplaza la ciudad de Mérida. Por su parte, Ferrer (1984), realiza un ensayo con dos niveles de levantamiento y análisis. En la primera fase definió seis (6) categorías de estabilidad relativa entre las ciudades de Trujillo y Valera; y en la segunda fase, con mucho más detalle, consideró subcategorías.

Posteriormente Ferrer y Dugarte (1988), desarrollaron un trabajo que arrojó importantes resultados al analizar la dinámica geomorfológica del deslizamiento Buena Vista en la cuenca del río Aracay del municipio Pueblo Llano y de esta manera establecer tres niveles

de estabilidad: crítico, inestable y potencialmente inestable. Años más tarde nuevamente Ferrer y Dugarte (1989), proponen una clasificación de áreas de estabilidad relativa de los terrenos para el caso de la ciudad de Trujillo, en los Andes centrales, entre otras investigaciones.

Ramírez (1998), aplicó la metodología propuesta por Degraff y Romesburg (1980) para la zonificación de áreas bajo riesgo por movimientos de masa del terreno, con el fin de generar un mapa de zonificación de áreas susceptibles a dichos procesos en la microcuenca La Piñalera en el Estado Táchira. Como resultado final, delimitó 4 áreas bien diferenciadas, susceptibles a estos procesos: 1. Áreas de susceptibilidad baja, 2. Áreas susceptibles media, 3. Áreas de susceptibilidad alta y 4. Áreas de susceptibilidad extrema, las cuales fueron cartografiadas en un mapa síntesis.

Asimismo, Dugarte (2002), realizó un estudio de evaluación de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa en la cuenca del río Mocotíes del Estado Mérida. Dicha investigación se orientó a examinar las principales variables físico - naturales (geología, geomorfología y pendiente) las cuales son la base fundamental para el establecimiento de niveles de estabilidad relativa de aquellos terrenos susceptibles a ser afectados por movimientos de masa. Ello le permitió al investigador definir 3 categorías de estabilidad relativa con subcategorías para derivar a partir de éstas, áreas con niveles de susceptibilidad moderada, alta y muy alta a la ocurrencia de movimientos de masa, en toda la cuenca.

Arismendi (2005); Ortiz y Reyes (2005) y Zambrano y Quevedo (2007), realizaron estudios en la subcuenca del río Camburito en el Estado Táchira, en las Subcuencas La Fría y La Astillera del Estado Mérida, y la subcuenca San Francisco también perteneciente al Estado Mérida. Ello a través de la aplicación de distintas metodologías con la finalidad de evaluar áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa.

Corona y Jaimes (2007), llevaron a cabo un estudio de las características hidrológicas y morfodinámicas de las subcuencas San Francisco y Las Palmas, ambas afluentes del río Mocotíes, donde establecieron cuatro categorías de áreas susceptibles a procesos erosivos (estable, medianamente estable, medianamente inestable e inestable).

Como trabajos de investigación más reciente se tiene el de Dugarte y Ferrer (2007), donde reflejan la importancia de la geomorfología en su potencial como herramienta prospectiva ante los desastres naturales, abordando como caso de estudio la tormenta ocurrida en febrero del año 2005 en la cuenca del río Mocotíes.

En cuanto a estudios realizados en Venezuela desde la perspectiva de la ordenación del territorio vinculados con amenazas naturales, se puede mencionar el desarrollado por Vielma (2000). Dicho autor llevó a cabo esta investigación en la ciudad de San Cristóbal, con la finalidad de estudiar la interrelación existente entre el crecimiento de las ciudades, la presencia de amenazas naturales y el ordenamiento del territorio. Ello como una estrategia que permita prevenir y mitigar los riesgos, en tanto que este proceso permite asignar usos potenciales al territorio en armonía con los elementos físico – naturales y socioterritoriales, en la búsqueda de un manejo adecuado de los recursos naturales y en mejoras en la calidad de vida de la población.

Trabajos previos relacionados con el tema y el área de estudio

Páez (2005), realizó un análisis del evento ocurrido en febrero de 2005 en la cuenca del río Mocotíes, bajo un enfoque integrado donde aborda y explica los múltiples factores que se conjugaron e incidieron en el desencadenamiento de la tragedia en dicha cuenca.

Blandón *et al.* (2006), elaboraron las bases para un plan de ordenación del territorio del municipio Antonio Pinto Salinas, como respuesta a la “Vaguada” acontecida en la cuenca del río Mocotíes en febrero del año 2005. En el marco de las posibilidades de expansión

urbana y de localización de usos en el municipio, tomaron en cuenta la importancia e influencia de todos los elementos físico-naturales del área, tales como: pendiente, comportamiento geológico, la morfodinámica en vertientes y la presencia de amenazas naturales activas o potenciales.

Ayala *et al.* (2007), realizaron un análisis geológico-geomorfológico y morfométrico de la subcuenca de la quebrada El Guayabal, afluente de la quebrada Mejías en la cuenca del río Mocotíes. En este estudio revelan que el sistema hidrológico de El Guayabal presenta características favorables a la concentración del escurrimiento y la elevación del pico de crecida, así como para la generación de movimientos de masa. También demostraron que el comportamiento hidrológico y morfodinámico de esa subcuenca ante la presencia de lluvias excepcionales, la convierte en una zona potencialmente peligrosa capaz de alcanzar elevados niveles de destrucción y pérdida de vidas humanas a la población residente del lugar.

Por otro lado, Rodríguez (2007), realizó un estudio de la configuración hidrológica de la subcuenca de la quebrada Mejías y sus principales afluentes, tomando en consideración aspectos geológicos, topográficos y geomorfológicos, con la finalidad de identificar eventos naturales y, en especial, crecidas torrenciales. Asimismo, García (2008), llevó a cabo una investigación en la subcuenca Mejías con el propósito de identificar y jerarquizar áreas susceptibles a la ocurrencia de crecidas torrenciales. Para definir la susceptibilidad se utilizaron un conjunto de parámetros morfométricos, geológico – geomorfológicos y topográficos, obteniendo varias áreas susceptibles a crecidas torrenciales e identificadas por cuatro niveles: Baja, Moderada, Alta y Muy alta susceptibilidad.

Más recientemente, Ferrer y Dugarte (2008), realizaron un estudio de caracterización de la cuenca del río Mocotíes haciendo énfasis en el Plan de Desarrollo Urbano del Municipio Antonio Pinto Salinas bajo un enfoque de Gestión de Riesgos. En esta investigación se

zonificaron las amenazas por niveles de susceptibilidad a ocurrencia de movimientos de masa, por subcuencas propensas a crecidas y por amenaza sísmica; y la vulnerabilidad en rasgos generales en términos del tamaño y densidad de la población así como de infraestructuras importantes vulnerables y tipología constructiva de las viviendas de Santa Cruz de Mora; para finalmente establecer escenarios de riesgos por movimientos de masa, por crecidas y por sismos.

Antecedentes históricos de eventos meteorológicos ocurridos en la cuenca del río Mocotíes

Con base a los resultados obtenidos en la investigación de Laffaille *et al.* (2005), los cuales precisan la ocurrencia de tres eventos: 1910, 1933 y 1951, y definen un período de retorno de 40 a 50 años; y las entrevistas directas que se realizaron en campo, se corroboró la ocurrencia en el pasado de eventos meteorológicos en la cuenca del río Mocotíes análogos al acontecido en febrero del 2005.

Datos históricos

Según Laffaille *et al.* (2005), la información basada en datos históricos permite demostrar que en el pasado han ocurrido eventos “similares” al acontecido en la cuenca del río Mocotíes en febrero del 2005. No obstante, resulta muy difícil establecer comparaciones entre éstos y el evento del 2005, debido principalmente a dos razones: (i) la población presente a principios y mediados de siglo pasado no es la misma en tamaño, en comparación a la actual (Figura 1A y 1B); (ii) en épocas pasadas, como por ejemplo a principios del siglo XX, no existían estaciones climatológicas instaladas y contradictoriamente 100 años después en pleno siglo XXI las que se instalaron se encuentran desmanteladas, por lo que en ninguno de los casos se cuentan con registros históricos ni de precipitación ni de caudales para llevar a cabo comparaciones de intensidad, duración y magnitud entre eventos.



Fuente: Cortesía de Guillermo Mora.

Figura 1A. Vista panorámica de Santa Cruz de Mora en el año de 1920. Nótese la baja densidad de población y el antiguo cauce del río Mocotíes (abajo) lugar donde en la actualidad se encuentra construida la avenida perimetral.



Fuente: fotografía tomada por G. Páez (2008).

Figura 1B. Vista panorámica de Santa Cruz de Mora en el año 2008.

En los años de 1910 y 1933 fueron reseñados por el Diario El Pueblo (en su edición del 23 de julio de 1910) y por el Diario Patria (en su edición del 16 de noviembre de 1933), eventos de crecidas del río Mocotíes y de la quebrada El Carrizal, donde se hace mención a la pérdida de algunas haciendas y cabezas de ganado. Asimismo, el Diario El Pueblo también expone que con relación a la crecida de 1910, las pérdidas materiales para la época fueron de Bs. 120.000, donde quedaron destruidas 14 casas y un gran número de sementeras (siembras de cultivos). También en este último diario se reseña la destrucción de una iglesia situada a muy poca distancia del centro poblado de La Playa (Omar Gorrochotegui; en comunicación personal, 2001; citado por Laffaille *et al.*, 2005).

En una entrevista realizada por Laffaille *et al.* (2005) al Dr. Mario Rosales (cronista oficial de la ciudad de Tovar), este expuso que en el evento de 1910 se observaron consecuencias análogas a las ocurridas en febrero del 2005 en la cuenca del Mocotíes, haciendo mención a que algunos testigos oculares entrevistados por él cuentan que el valle del río Mocotíes (evento 1910) parecía una playa. Asimismo, narra el señor Jacinto Mora (oriundo de Santa Cruz de Mora), que su padre le contaba que, a raíz de dicho evento, la población de la época pasó por penurias a causa de los enormes volúmenes de material y escombros que afectaron significativamente los caminos de aquel tiempo, dejándolos intransitables incluso para las bestias de carga cuyas patas se hundían en el denso barro.

El Diario El Patria en su edición del 16 de noviembre del año 1933 hace mención a una crecida de la quebrada El Carrizal que afectó las inmediaciones de la Aldea El Llano de Tovar. También hace alusión a que el río Mocotíes experimentó una crecida destruyendo varios puentes y arremetiéndolo contra varias haciendas.

Entre los días 16 y 25 de febrero de 1951, la cuenca del río Mocotíes nuevamente se vio afectada por lluvias torrenciales, que según Laffaille *et al.* (2005), ocasionaron menor

impacto que las ocurridas en el 2005, tal como se puede corroborar con artículos de prensa y testigos oculares.

El Diario El Vigilante en su edición del 4 de marzo de 1958 reseñó en un artículo una crecida del río Mocotíes, donde refleja que un sector de Santa Cruz de Mora conocido con el nombre de El Arenal se encontraba en grave peligro de ser arrasado por varias crecidas del río debido a que paulatinamente sus aguas se han venido acercando al sitio donde se emplaza dicho sector (Figura 2). Más adelante acota un comentario de gran importancia: el río “busca su viejo cauce que tenía hace unos cincuenta años, o sea por donde se encuentra hoy el nombrado barrio Arenal” (Laffaille *et al.*, 2005). Esta última afirmación concuerda muy probablemente con la crecida que experimentó el río Mocotíes en 1910.



Fuente: Cortesía de Guillermo Mora.

Figura 2. Vista panorámica de Santa Cruz de Mora en la década de 1940. Nótese nuevamente el antiguo cauce del río Mocotíes (abajo) lugar donde en la actualidad se encuentra construida la avenida perimetral.

Evento del 11 de febrero de 2005: Santa Cruz de Mora

Con base en el trabajo de Páez (2005) se procede a continuación a narrar las situaciones de mayor relevancia que ocurrieron en Santa Cruz de Mora días antes del evento y el día central del mismo.

Semanas antes al día 11 de febrero se estuvieron suscitando precipitaciones, de moderadas a fuertes, a lo largo y ancho de toda la cuenca del río Mocotíes, e inclusive en el mes de enero ya se venían presentando precipitaciones inusuales en estos primeros meses del año, dado que enero y febrero para toda Venezuela son los meses más secos o de menor registro de precipitación. La situación que se presentaba en estos meses y, en especial en el mes de febrero, no era normal, sino anómala lo cual obedeció a varias causas (Véase Páez, 2005).

Durante los días 7, 8, 9 y 10 de febrero, ocurrieron moderadas a fuertes precipitaciones con algunas consecuencias de significativa importancia (puentes colmatados de sedimentos, vehículos arrastrados, casas inundadas) que constituyeron “avisos” previos a lo que se avecinaba. Durante los días 7 y 8, e inclusive una semana antes, las precipitaciones eran constantes, con presencia casi en la totalidad del día, de nubes de gran desarrollo vertical de tipo *cumulonimbos* cargadas de humedad, las cuales son por excelencia generadoras de fuertes precipitaciones. Dichas nubes provenían del suroeste de la cuenca, penetrando por el Estado Táchira hacia el territorio del Estado Mérida.

Es oportuno recordar que durante esos días el Estado Táchira ya se veía afectado por precipitaciones fuertes, así como la zona Panamericana y la zona Sur del Lago de Maracaibo. El día 8 en la noche se suscitó una lluvia intensa que ocasionó la crecida de varios cursos de agua (margen izquierda del río Mocotíes) y la generación de algunos movimientos de masa (flujos), material que transportado por el escurrimiento superficial canalizado a través de los torrentes, obstruyó el paso por la vía Santa Cruz de Mora –

Tovar en varios puntos de la misma, hecho poco común en período normal de sequía para la zona.

El mismo día en Santa Cruz de Mora, específicamente en el sector San José, la quebrada de régimen estacional del mismo nombre, creció de tal manera que transportó y arrastró 2 vehículos y gran cantidad de sedimentos hacia la calle Bolívar, principal arteria vial de ese centro poblado, obstruyendo de esta manera el paso en dicha vía.

El día 9 de febrero continuaron las lluvias moderadas; no obstante la autopista “Rafael Caldera” y la carretera vieja de Mesa Bolívar – La Palmita (ambas conducentes hacia la ciudad de El Vigía) se encontraban obstruidas por deslaves y cerradas por obras de limpieza. Esto ocasionó que el tránsito vehicular que fluía hacia la zona Panamericana, se trasladara por la carretera Santa Cruz de Mora - Tovar vía al centro poblado de Zea (municipio Zea) para llegar a su lugar de destino. Estas arterias viales se encontraban parcialmente despejadas de material pero la ejecución de obras de limpieza, y el elevado tránsito vehicular, originó congestión en varios kilómetros de la vía, obstaculizando el tránsito por varios días.

El día 10 de febrero continuaban las obras de limpieza en las carreteras, ya que las lluvias constantes, principalmente en las noches, ocasionaban aún más transporte de sedimentos hacia las mismas, e inclusive en algunos pequeños abanicos aluviales que se exhibieron sobre puntos específicos de la carretera Santa Cruz de Mora - Tovar, varios vehículos quedaron atascados entre el lodo y los sedimentos gruesos ocasionando una mayor lentitud del tráfico vehicular.

El día 11 de febrero (día central del evento) comenzó la mañana un poco despejada con presencia de algunas nubes, sin embargo, entre las 3:00 y 4:00 p.m. de la tarde aparecieron nubes de gran desarrollo vertical, de colores grisáceos provenientes del

suroeste, obstaculizando los rayos del sol después de las 5:00 p.m. y tornándose el ambiente oscuro, lúgubre y con llovizna.

Testimonios y entrevistas directas realizadas a habitantes de distintos sectores de los tres municipios que conforman la cuenca del Mocotíes, coinciden que aproximadamente a las 7:00 p.m. de la noche comenzó a suscitarse una llovizna más acentuada y persistente con vientos fríos, y a partir de las 7:40 p.m. aproximadamente la llovizna comenzó a intensificarse evolucionando a lluvia, ocasionando el colapso del servicio telefónico y de electricidad a las 8:30 p.m. aproximadamente. A las 9:00 p.m. comenzó a generarse una fuerte precipitación con gotas de diámetro considerable, lo cual para los habitantes era fuera de lo común. Ello permitió que el nivel del agua en las calles se incrementara inundando viviendas, saturando las alcantarillas con escombros y sedimentos, y fluyendo por las calles y avenidas volúmenes significativos de agua.

Esta lluvia intensa tuvo un tiempo de duración de 1 a 1 hora y 10 minutos, y a partir de las 10:10 p.m. la precipitación tendía a disminuir a llovizna con intervalos de intensidad moderados a fuertes hasta las 11:00 p.m. que es cuando comienza a desencadenarse nuevamente una precipitación análoga, o si se quiere, aún más intensa que su antecesora de las 9 a 10 de la noche de ese mismo día. Esta segunda precipitación tuvo un tiempo similar de duración a la primera, y después de las 12:00 p.m. disminuyó la intensidad con intervalos de lloviznas hasta la 2:30 a.m. aproximadamente para posteriormente continuar con una lluvia de proporciones “normales” pero constante hasta cerca de las 4:00 a.m.

Entre las 8:50 y las 9:15 p.m., en Santa Cruz de Mora, la quebrada Los Cedros, también conocida con el nombre de Los Cedros, La Pañoleta o La Carmania, la quebrada Mejías y el río Mocotíes comenzaron a desbordarse y en consecuencia a arremeter contra la infraestructura y la vegetación que se encontraba a su paso (Véase Mapa de Áreas de

Desborde). La quebrada Mejías se desbordó a partir de la obstrucción de la misma a causa de varios árboles y sedimentos acumulados en la sección de un pequeño puente que se encuentra al sur del sector Puerto Rico, vía que conduce hacia las aldeas de Santa Marta y la Macana, impactando contra varias viviendas e inundando a dicho sector por su flanco sur (Véase Mapa de Áreas de Desborde).

Paralelo a este suceso, el río Mocotíes por el flanco norte del sector Puerto Rico comenzó a inundar a éste y, paralelamente, a impactar y arrasar totalmente con un caserío (≈ 27 viviendas) llamado El Aserradero ubicado hacia el noroeste de dicho sector, el cual se encontraba a escasos 5m de la margen derecha del mismo río, para posteriormente 150 m aguas abajo arremeter contra el terminal de pasajeros, el mercado municipal, el club Tijuana, la manga de coleo, el Polideportivo "Simón Bolívar" y un gran número de vehículos que se encontraban estacionados y en tránsito por la avenida (Véase Mapa de Áreas de Desborde).

La urbanización Romero, ubicada en la margen izquierda del río Mocotíes a 1km. de Santa Cruz de Mora vía Tovar, comenzó a inundarse a las 8:30 p.m. aproximadamente y a las 9:00 p.m. el río Mocotíes arremetió contra la urbanización afectando directamente a la misma en un 35% (cálculo realizado en campo y con ayuda de mapas en función de la superficie de la urbanización), esto debido a que el ancho del cauce del río, aguas abajo del sector El Tabacal, sector que se encuentra a 1,2km de dicha urbanización, tiende a reducirse dada la presencia de la urbanización. Aunado a esto, en esta sección el río discurre adosado a la vertiente derecha o al sitio conocido como Cerro de Paiva, donde existe en un área de la vertiente, un afloramiento rocoso que penetra hacia el cauce del río, lo que conllevó a que al reducirse la sección del cauce se desviara hacia la urbanización y no sólo la inundara, sino que impactara, fuertemente las viviendas y demoliera un gran número de ellas (Véase Mapa de Áreas de Desborde).

Los sectores de La Vega y La Galera de la ciudad de Tovar, entre las 9 y 9:30 p.m., estaban padeciendo la acción del río Mocotíes, a través de la socavación basal de los terrenos donde se encontraban emplazados, desplomándose en el cauce del mismo, más de 20 viviendas.

En la quebrada Los Cedros, en la sección donde la misma discurre por debajo de un pequeño puente en el sector Carmania en Santa Cruz de Mora, días antes ya el cauce de la quebrada había acumulado cierto espesor de sedimentos obstruyendo en parte el conducto de más de 2,5m de diámetro debajo del puente por donde drena la misma, con el agravante de que el día de la tragedia aguas arriba de ese lugar, en las laderas de la microcuenca, se generaron diversos movimientos de masa y se suscitaron al parecer algunos represamientos de la quebrada (según testigos).

El material que fue transportado por la quebrada hasta el sitio antes mencionado (puente) colmató esa sección de sedimentos y aunado a esto la acumulación de decenas de árboles, dispuestos en su mayoría horizontalmente, coadyuvó a generar una barrera natural de más de 6m de alto, alcanzando un segundo piso de una edificación que se encuentra emplazada en la margen izquierda de la quebrada.

Dicha quebrada se desvió 80m aguas arriba, impactando e inundando varias viviendas localizadas en su margen derecha y acumulando entre la calle principal del sector Carmania, la avenida Bolívar y la calle que conduce hacia la avenida Pinto Salinas (en dirección al semáforo y posteriormente al puente hacia el sector Puerto Rico) un espesor que fluctuaba de 2 a 3m de sedimentos, con presencia de árboles y rocas de gran tamaño (Véase Mapa de Áreas de Desborde).

Es pertinente acotar que la quebrada Los Cedros, ese mismo día, embistió la parte posterior de la edificación antes mencionada, ubicada en su margen izquierda, lugar

donde se encontraba un estacionamiento, socavando y desplomando al mismo e inclusive arrastrando varios vehículos y destruyendo 3 locales comerciales ubicados en la planta baja.

Asimismo, vale la pena destacar el comportamiento que tuvo la quebrada El Guayabal con respecto al sector del mismo nombre y La quebrada Mejías con respecto al sector Puerto Rico. La primera es uno de los afluentes principales de la quebrada Mejías, y la misma discurre paralela a la aldea El Guayabal. El día de la tragedia este curso de agua, según Ayala *et al.* (2007), 21 viviendas fueron afectadas totalmente, 53 parcialmente y 63 poco afectadas a causa principalmente del impacto directo por desborde de la quebrada y en segundo plano por socavación basal. Por otra parte, el sector Puerto Rico, el cual se encuentra emplazado sobre un abanico aluvial originado por la quebrada Mejías, por estar a poco desnivel con respecto al curso de agua, padeció una inundación por parte de la misma al desbordarse, abarcando todo el sector antes mencionado y ocasionando grandes pérdidas a los comercios y viviendas familiares (Véase Mapa de Áreas de Desborde).

CAPÍTULO III



Fuente: Vuelo en helicóptero realizado por el ejército, febrero 2005.

Vista panorámica de Santa Cruz de Mora desde la vertiente izquierda a pocos días de la tragedia

METODOLOGÍA

C.C.Reconocimiento

***METODOLOGÍA**

Para efectos de esta investigación y por las características de la misma, se diseñó una metodología en función de la naturaleza y objetivos del estudio. En consecuencia, se definieron varias etapas metodológicas, las cuales se exponen a continuación:

1. Revisión y recopilación de información bibliográfica y cartográfica

Esta primera parte se basó en la indagación, revisión y recopilación de información concerniente a la investigación, la cual comprende las siguientes subetapas:

1.1. Información bibliográfica: consistió en la revisión y compilación de material bibliográfico, es decir, de información acerca de estudios previos de similar naturaleza (antecedentes), referidos a las características físico - naturales y socioterritoriales del área en cuestión.

Las principales fuentes de documentación fueron: Biblioteca de Geografía de la Universidad de Los Andes, Archivos de tesis de Postgrado en Ordenación del Territorio y Ambiente de la Coordinación de Estudios de Postgrado del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales (IGCRN), Ministerio para el Poder Popular del Ambiente (MPPA), Instituto Nacional de Estadística (INE) e internet.

1.2. Información cartográfica: consistió en la búsqueda de cartografía base y temática del área objeto de estudio, ortofotomapas y fotografías aéreas. Las fuentes de documentación fueron: Mapoteca y Fototeca del Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales y Biblioteca de Geografía - ULA.

2. Delimitación del área de estudio

Una vez realizada la revisión bibliográfica – cartográfica se procedió a la delimitación del área objeto de estudio del presente trabajo de investigación, con base en las hojas de Cartografía Nacional a escala 1:25.000 del año 1972: 5841 – I – SO, 5841 – I – SE, 5841 – II – NO, 5841 – II – NE, 5841 – II – SO, 5841 – II – SE, 5840 – I – NO y 5840 – I – NE.

Para efectos de la delimitación del área se tomaron en cuenta dos criterios: (i) topográfico - hidrológico (divisorias de agua) y (ii) político – administrativo (límites municipales y parroquiales) (Véase Figura 4 Mapa de Topografía). Asimismo, la selección del área está justificada debido a que fue la porción de territorio donde se generaron los mayores impactos hídricos, geomorfológicos y socioeconómicos de toda la región de la cuenca del río Mocotíes, como consecuencia de las lluvias anómalas acontecidas en febrero del 2005.

Dichos límites son:

- Por el Norte y Noroeste, la divisoria de agua de la vertiente izquierda del río Mocotíes.
- Por el Sur, Sureste y Suroeste, los límites político - administrativos del municipio Antonio Pinto Salinas con los municipios Guaraque y Arzobispo Chacón, Sucre y Tovar, respectivamente.
- Por el Este, el límite político administrativo correspondiente con la parroquia de Mesa de Las Palmas perteneciente al municipio Antonio Pinto Salinas.
- Por el Oeste, el límite político administrativo del municipio Antonio Pinto Salinas con el municipio Tovar y algunas divisorias de agua.

3. Trabajo de campo

Se llevaron a cabo diez (10) salidas de campo en distintas fechas del año, en las cuales se recorrió gran parte del área de estudio debido a la buena accesibilidad que presenta la misma en cuanto a su vialidad asfaltada. Las salidas de campo efectuadas fueron con el objeto de: realizar un reconocimiento del área objeto de estudio, levantar directamente los procesos geomorfológicos, levantar las áreas de desborde de las quebradas y del río Mocotíes y realizar entrevistas a personas nativas de la zona testigos oculares del evento.

4. Estudio del comportamiento geomecánico de los macizos, áreas susceptibles a movimientos de masa y subcuencas propensas a crecidas

4.1. Comportamiento geomecánico de los macizos

A los efectos del estudio del comportamiento geomecánico de los macizos rocosos, se consideraron los factores condicionantes más importantes para valorar la propensión actual que poseen las unidades litológicas en el área de estudio a movimientos de masa.

En primer lugar se seleccionaron los factores claves que fueron considerados para el estudio de dicho comportamiento de los macizos rocosos, entre estos se tienen:

Litología: se refiere a los tipos de rocas que afloran en cada unidad litológica y a la dominancia, en valores relativos, que cada una posee dentro de dichas unidades. Cada formación o asociación geológica (unidad litológica) posee una susceptibilidad específica a la ocurrencia de movimientos de masa, en consecuencia, los mapas de inventario de dichos procesos geomórficos, presentan densidades o tamaño de los movimientos que son característicos de determinadas áreas específicas dentro de cada unidad litológica (Suárez, 1999). De allí la importancia de distinguir los tipos de rocas que conforman las diferentes unidades litológicas y su importancia relativa dentro de la misma.

Buzamiento de los planos de discontinuidad: viene a ser el ángulo de inclinación que se forma entre el plano de la discontinuidad, ya sea un plano de estratificación o de foliación, y una línea imaginaria horizontal. El grado de inclinación de los planos de discontinuidad va a definir la ocurrencia o no de ciertos tipos de movimientos de masa, especialmente en rocas (Suárez, 1999), ya que, mientras mayor sea el ángulo de inclinación de las rocas, esta propensión se agudiza y si, además las rocas están buzando en sentido del corte del talud o de la pendiente, mayor será la probabilidad de ocurrencia de movimientos de masa.

Número de familias de diaclasas: las diaclasas son fracturas que se han producido en las rocas como consecuencia de esfuerzos y deformaciones tectónicas, a lo largo de las cuales no se ha producido algún movimiento apreciable. Aunque la mayoría de las diaclasas tienen una orientación aleatoria, la mayoría de ellas se produce en grupos comunes o en familias.

Para Vallejo *et al.* (2004), el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos, sus modelos de deformación y sus mecanismos de rotura están condicionados por el número de familias de diaclasas. En la medida que un macizo rocoso esté más fracturado o presente mayor número de familias de diaclasas, mayor será su nivel de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa.

Grado de meteorización de la roca: también conocido como grado de alteración de la matriz rocosa, permite clasificar las rocas cualitativamente y aporta una idea sobre sus características mecánicas o geotécnicas (Vallejo *et al.*, 2004).

La meteorización disminuye la resistencia del material rocoso y origina distintas zonas de meteorización a profundidad, lo cual permite generalizar sobre el estado de meteorización de los afloramientos rocosos. Por lo tanto, mientras mayor sea el grado de meteorización

del macizo rocoso, mayor será la inestabilidad del mismo y será más proclive a generar movimientos de masa.

Espesor de los perfiles de meteorización: este factor está estrechamente relacionado con el anterior, ya que a mayor grado de meteorización se espera un mayor desarrollo o espesor a profundidad, de los perfiles de meteorización. Estos perfiles vienen a ser el resultado de procesos de desintegración y/o descomposición in situ de los materiales geológicos en superficie, obteniéndose como producto final los denominados suelos residuales (Vallejo *et al.*, 2004).

La profundidad de la meteorización depende básicamente del tipo de roca, tipo de clima y del tiempo de actuación de los procesos (Vallejo *et al.*, 2004).

En segundo lugar se procedió a definir una escala valorativa para la asignación de pesos a cada formación o asociación litológica, es decir, al factor geología, en función de las características que presentaron las variables condicionantes del comportamiento geomecánico de los macizos rocosos y según su grado de influencia en la ocurrencia de movimientos de masa (Categorías). Dichos valores se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Valores prefijados para la asignación de pesos al factor geología.

Valores (Pesos)	Categoría
5	Muy alta
4	Alta
3	Moderada
2	Baja
1	Muy baja

Una vez definidos los valores prefijados se asignaron los pesos respectivos a las distintas formaciones y asociaciones geológicas que conforman el factor geología (Cuadro 2). Es pertinente mencionar que para efectos de analizar este factor se utilizó el Mapa Geológico (Véase Figura 12 Mapa de Geología) de la cuenca del río Mocotíes elaborado por Ferrer y Dugarte (2008).

4.2. Áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa (zonificación en niveles de susceptibilidad)

Para delimitar las áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa y los niveles de susceptibilidad del área de estudio ante dichos procesos, se tomaron en cuenta además del factor geología, dos adicionales: el factor pendiente y el factor procesos geomorfológicos. A estos factores se les asignó pesos al igual que el factor geología empleando para ello la misma escala valorativa. Ello en función del grado de incidencia que cada rango de pendiente y proceso geomorfológico implica sobre la generación de movimientos de masa. De esta manera con la conjunción de estos tres factores se obtuvieron las áreas susceptibles y la zonificación de los niveles de susceptibilidad.

En primer lugar se elaboró un mapa topográfico (Véase Figura 4 Mapa de Topografía) del área de estudio a escala 1:25.000 utilizando el software Arc Gis 9.2, del cual se obtuvo el mapa de pendiente (Véase Figura 11 Mapa de Sectores de Pendiente) donde se establecieron 5 rangos que posteriormente fueron denominados sectores (propuestos por Suárez, 1999). Dichos rangos pueden ser visualizados con su respectiva asignación de pesos en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Asignación de pesos al factor geología.

Unidad litológica	FACTORES CONDICIONANTES					Calidad de la litología *	Pesos	Categoría
	Litología *	Buzamiento de los planos de discontinuidad (°) **	Nº de familias de diaclasas **	Grado de meteorización de la roca ***	Espesor de los ** perfiles de meteorización (m)			
Formación La Luna Era: Mesozoico Período/Época: Cretáceo Superior	Calizas y lutitas calcáreas	Fluctúan entre los 10º y 50º Planos volcados 50º y 80º	Sin información	Graves problemas de disolución de las rocas bajo condiciones de humedad Rocas de moderadamente meteorizadas a altamente meteorizadas	2 m	Las rocas predominantes en este caso son: areniscas, limolitas, lutitas y calizas, que en general cada una de ellas presenta una baja calidad geotécnica debido a las condiciones de sitio donde afloran, representadas por una alta actividad tectónica que coadyuva al fracturamiento y las prepara para que se alteren más fácilmente bajo condiciones de humedad. Las areniscas aun cuando son rocas resistentes, son consideradas inestables por el alto grado de alteración que presentan, las cuales intercaladas con limolitas y lutitas, presentan una alta potencialidad al colapso, sobre todo si existe presencia de agua subsuperficial. Las calizas presentan graves problemas de disolución	4	Alta
Formación Capacho Era: Mesozoico Período/Época: Cretáceo Medio	Calizas duras (70 %), lutitas (15 %) y limolitas (15 %)	Fluctúan entre los 20º y 40º Planos volcados 40º	2 familias Inestabilidad a través de los planos de estratificación	Graves problemas de disolución de las rocas bajo condiciones de humedad Rocas de moderadamente meteorizadas a altamente meteorizadas	3 m	Las areniscas aun cuando son rocas resistentes, son consideradas inestables por el alto grado de alteración que presentan, las cuales intercaladas con limolitas y lutitas, presentan una alta potencialidad al colapso, sobre todo si existe presencia de agua subsuperficial. Las calizas presentan graves problemas de disolución	3	Moderada
Formación Aguardiente Era: Mesozoico Período/Época: Cretáceo Inferior	Areniscas cuarzosas (90 %) con capas de calizas (10 %)	Oscilan entre los 30º y 50º Planos volcados 50º	Sin información	De moderadamente meteorizada a altamente meteorizadas	Fluctúan entre 2 y 5 m	Las areniscas aun cuando son rocas resistentes, son consideradas inestables por el alto grado de alteración que presentan, las cuales intercaladas con limolitas y lutitas, presentan una alta potencialidad al colapso, sobre todo si existe presencia de agua subsuperficial. Las calizas presentan graves problemas de disolución	3	Moderada
Asociación Mucuchachí Era: Paleozoico Período/Época: Carbonífero Superior	Pizarras y filitas (75 %) intercaladas con cuarcitas (20 %) y lentes de calizas marmóreas (5 %)	Fluctúan entre los 30º y 80º	4 a 5 familias	Rocas de moderadamente meteorizadas a ligeramente meteorizadas	Fluctúan entre 2 y 5 m	Predominan las rocas foliadas lo que permite que se alteren fácilmente a través de sus planos de debilidad, evolucionando a texturas arcillosas, sobre todo las filitas. Ello determina un comportamiento geotécnico del material de moderado a bajo	3	Moderada
Asociación Tostós Era: Paleozoico Período/Época: Superior	Metasedimentarias: esquistos (75 %), filitas (15 %), cuarcitas (10 %)	Fluctúan entre los 25º y 85º	4 familias	Rocas moderadamente meteorizadas y altamente meteorizadas Suelos residuales	Fluctúan entre 5 y 20 m	Se encuentran bastante fracturadas, producto de la actividad tectónica de la zona. Estas rocas al meteorizarse evolucionan a texturas finas que presentan una baja calidad geotécnica	4	Alta
Asociación Sierra Nevada Era: Precámbrico Período/Época: Superior	Gneises bandeados y gneises graníticos (90 %) esquistos micáceos, cuarcitas y anfíbolitas (10 %)	Oscilan entre los 30º y 75º Planos volcados 30º	4 a 5 familias	Estas rocas se encuentran en algunos sitios altamente meteorizadas y en otros completamente meteorizadas	Los perfiles son bastante espesos y fluctúan entre 20 y 60 m	Estas rocas se presentan altamente fracturadas y tectonizadas como consecuencia de la actividad tectónica, principalmente los afloramientos de la vertiente izquierda. Ello como consecuencia de la influencia de la traza norte y otras fallas menores de la Zona de Fallas de Boconó La baja calidad del material contribuye a que sea fácilmente erodable, transportado y sirva de aporte fundamental a las acumulaciones cuaternarias del fondo de valle	4	Alta
Granito sin diferenciar Era: Precámbrico Período/Época: Inferior	Granitos de diferentes tipos (ácidos y básicos) y texturas	Sin información	4 a 5 familias	Estos granitos se encuentran altamente meteorizados	Entre 10 y 20 m	Presentan una baja calidad desde el punto de vista geotécnico debido a: la influencia tectónica y al régimen climático de la zona, hecho que contribuye a la generación de sedimentos, a los torrentes locales principalmente como respuesta de la gran alteración de los feldespatos en arcilla	5	Muy Alta

Fuente: * Dugarte (2002); ** Levantamiento en campo; *** Levantamiento en campo utilizando el criterio propuesto por Vallejo *et al.* (2004).

Cuadro 3. Asignación de pesos al factor pendiente.

Rangos (°)	Peso	Categoría
45 a 26,6	5	Muy alta
≥ 45	4	Alta
26,6 a 16,7	3	Moderada
16,7 a 8,5	2	Baja
< 8,5	1	Muy baja

Al observar el Cuadro 3 se puede notar que el rango que encierra los mayores ángulos de inclinación de los terrenos ($\geq 45^\circ$) no es precisamente el que posee el mayor peso, sino el rango 45° a $26,6^\circ$. Ello se justifica debido a que existe una correlación alta, directa y positiva entre la ocurrencia de los movimientos de masa, sobre todo los de tipo deslizamientos y el rango de pendiente antes mencionado.

Es importante considerar el factor pendiente debido a que ésta es el grado de inclinación que posee un área de la superficie de terrestre, y dependiendo al valor del ángulo de declive del terreno, podrán o no ocurrir movimientos de masa. Además, esta variable por sí sola, permite tener una idea general de los sectores más proclives o no, a estos eventos y de las áreas más propensas o potenciales, a generar desplazamientos de roca, suelo y sedimentos en masa.

En segundo lugar se elaboró el mapa geomorfológico (Véase Figura 13 Mapa de Procesos Geomorfológicos) en el software Arc Gis 9.2, empleando como fuente temática el mapa elaborado por Ferrer y Dugarte (2008). Sin embargo, la información levantada en campo permitió actualizar dicho mapa.

Los procesos geomórficos presentes en el área de estudio con su correspondiente asignación de pesos pueden ser visualizados en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Asignación de pesos al factor procesos geomorfológicos.

Procesos geomorfológicos	Peso	Categoría
Derrumbe Sitio de posible represamiento de drenajes Zona de deslizamientos	5	Muy alta
Cárcava activa Deslizamiento Flujo Socavamiento basal Zona de carcavamiento	4	Alta
Microdeslizamientos Tubificación	3	Moderada
Cicatriz de deslizamiento (corona) inactiva Corona cubierta por vegetación Zona de cárcavas estabilizadas	2	Baja
Sin procesos activos	1	Muy Baja

En tercer lugar, una vez asignados todos los pesos al factor pendiente, geología y procesos geomorfológicos, se procedió a realizar una superposición de los mapas correspondientes a estos factores empleando para ello el software Arc Gis 9.2. El resultado final fue un mapa síntesis a escala 1:25.000, en el cual se refleja la distribución espacial de los distintos niveles de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa que coexisten en el área de estudio (Véase Figura 41 Mapa de Áreas Susceptibles a Movimientos de Masa).

4.3. Subcuencas propensas a generar eventos de crecidas

Para abordar este tema se realizó un análisis morfométrico de las subcuencas presentes en el área de estudio (16 en total) y se delimitaron cartográficamente las áreas de desborde que definieron las quebradas y el río Mocotíes, como consecuencia del evento meteorológico anómalo ocurrido en febrero del año 2005. Ello para conocer la susceptibilidad de las subcuencas a generar eventos de crecidas (Véase Figura 19 Mapa de Subcuencas Susceptibles a Crecidas) y además para visualizar las áreas de impacto directo

de las quebradas durante los mismos (Véase Figura 20 Mapa de Áreas de Desborde), respectivamente.

Las subcuencas del área de estudio que fueron objeto de análisis en la investigación, se mencionan a continuación por vertientes y en sentido suroeste - noreste:

- Vertiente derecha: El Guayabal, San Isidro, Ovalles, Mejías y La Azulita.
- Vertiente izquierda: El Tabacal, Los Algarrobos, Cuba Libre, Romero, San José, Los Cedros, La Parada, El Diamante, El Barro, Qda. Mocotíes y La Victoria.

Dicho conjunto de subcuencas fueron delimitadas por medio de sus divisorias de agua utilizando el mapa topográfico a escala 1:25.000.

Aspectos morfométricos

Se seleccionaron un conjunto de parámetros morfométricos claves que dan una idea bastante aproximada acerca de la propensión de las cuencas hidrográficas a generar eventos de crecidas violentas. Los parámetros considerados se enuncian a continuación: forma de la cuenca (relación de forma de Horton), pendiente media del cauce principal, pendiente media de la cuenca, densidad de drenaje y densidad de cauces.

Forma de la cuenca: en el análisis de la morfología de las subcuencas se empleó la relación de Forma de Horton (Linsley, *et al.*, 1977; Guevara y Cartaya, 1991), la cual se expresa de la siguiente manera:

$$R_f = \frac{A \text{ (km}^2\text{)}}{L_a^2}$$

Donde:

R_f: Coeficiente de relación o factor forma de Horton.

A: Área de la cuenca (km²).

L_a²: Es la longitud axial o punto más alejado de la subcuenca con respecto a su desembocadura (km).

La forma de las cuencas hidrográficas rige principalmente la tasa a la cual se suministra agua al cauce principal a lo largo de su curso, desde su nacimiento (cuenca alta) hasta su desembocadura (cuenca baja) (Ruiz, 2001). Por lo tanto, la morfología de las cuencas es uno de los parámetros que está relacionado directamente con los caudales máximos o crecidas pico violentas.

Este parámetro fluctúa entre 0, 1 y π (3,1416), es decir, que mientras el valor esté más cercano a cero (0) las cuencas tendrán una forma alargada y serán teóricamente poco propensas a generar crecidas, mientras que si el valor se acerca a uno (1) o en su defecto es mayor que uno, indica que las cuencas son más propensas a generar “picos” violentos de crecida, ya que, presentan una forma relativamente ensanchada (Cuadro 5). En consecuencia, ello favorece la disminución de los tiempos de concentración al momento generarse una tormenta, la cual puede cubrir en un momento dado toda la superficie de la cuenca o parte de ella y aportar volúmenes considerables de precipitación que posteriormente se traducirían en caudal.

Cuadro 5. Valores interpretativos del factor forma.

Valores	Forma de la cuenca
< 0,22	Muy alargada
0,22 a 0,30	Alargada
0,30 a 0,37	Ligeramente alargada
0,37 a 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 a 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 a 0,80	Ensanchada
0,80 a 1,20	Muy ensanchada
>1,20	Rodeando el desagüe

Fuente: Delgadillo (2009) material de enseñanza de Hidrología.

Pendiente media del cauce principal: para la estimación de la pendiente media del cauce principal de las subcuencas se empleó la siguiente fórmula:

$$\bar{S} = \frac{\Delta h_i(m)}{\Delta l_i(m)}$$

Donde:

- S̄:** Pendiente media del cauce principal en porcentaje.
- Δh_i:** Diferencia de altitud o distancia vertical entre tramos o curvas de nivel en msnm.
- Δl_i:** Diferencia en distancia horizontal entre tramos o curvas de nivel en msnm.

Este parámetro es de suma importancia debido a que está estrechamente relacionado con la velocidad del agua que fluye por dicho cauce. Se toma en cuenta es la pendiente media del cauce principal puesto que éste es el gran concentrador o integrador del escurrimiento superficial de toda cuenca hidrográfica (Ruiz, 2001).

Para efectos de la interpretación de este parámetro, según entrevista realizada al Prof. Gustavo Silva, una cuenca que posea una pendiente media de cauce ≥ 10% y con

superficies que no superen los 30km², se pueden clasificar como torrentes (Cuadro 6). Dichos sistemas hidrológicos no producen mucha escorrentía pero al momento de la ocurrencia de tormentas, debido a la fuerte pendiente en sus cauces y, por lo general, a las accidentadas pendientes en sus vertientes; los mismos concentran cantidades significativas de agua que fluyen a gran velocidad y por ende poseen gran capacidad de arrastre de sedimentos.

Por su parte, las cuencas que poseen una pendiente media de cauce $\geq 5\%$ y con superficies que no superan ampliamente los 100km², se pueden clasificar como quebradas torrenciales (Cuadro 6).

Cuadro 6. Interpretación de la pendiente media del cauce principal.

Pendiente media del cauce principal (%)	Superficie (km ²)	Calificativo
≥ 10	< 30	Torrente
≥ 5	> 100	Quebrada torrencial

Pendiente media de la cuenca: viene a ser la media ponderada de las pendientes correspondientes a superficies elementales en las cuales la pendiente se puede considerar constante (Alvord, et al., s/f en Guillarte, 1978; citado por Ruiz, 2001). Este parámetro está estrechamente vinculado con: (i) procesos erosivos en las cuencas hidrográficas; (ii) procesos de infiltración, escurrimiento superficial, humedad del suelo y contribución del agua subsuperficial al caudal de las corrientes y (iii) controla el tiempo de concentración en los cauces de las quebradas y ríos, teniendo por lo tanto una importancia directa en las magnitudes de las crecidas (Ruiz, 2001).

Esta medida se obtuvo mediante la siguiente expresión matemática:

$$\bar{P} = \frac{\sum lc * Eq}{A} * 100$$

Donde:

\bar{P} : Pendiente media de la cuenca en porcentaje.

$\sum lc$: Sumatoria total de las longitudes de las curvas de nivel en km o en m.

Eq : Equidistancia entre curvas de nivel en km o en m.

A : Área de la cuenca en km² o m².

En el Cuadro 7 se exhibe la forma de interpretar los valores arrojados por este parámetro:

Cuadro 7. Característica cualitativa del relieve de una cuenca de acuerdo a su pendiente.

Pendiente media (%)	Característica del relieve
0 a 2	Llano
2 a 5	Suave
5 a 10	Accidentado media
10 a 15	Accidentado
15 a 25	Fuertemente accidentado
25 a 50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

Fuente: Pérez (1979) citado por Ruiz (2001).

Densidad de drenaje: viene a ser la longitud promedio de los cauces (km) que existe en una cuenca hidrográfica dada por unidad de superficie (km²). Analíticamente se expresa de la siguiente manera:

$$D_k = \frac{\Sigma L_k}{A}$$

Donde:

D_k : Densidad de drenaje (km/km²).

ΣL_k : Longitud total de todos los cauces de todos los órdenes (km).

A: Área de la cuenca (km²).

Densidad de cauces: viene a ser el número total de cauces que existe en una región por unidad de superficie y analíticamente se denota como:

$$D_c = \frac{\Sigma N_u}{A}$$

Donde:

D_c : Densidad de cauces (cauces/km²).

ΣN_u : Longitud total de todos los cauces de todos los órdenes (km).

A: Área de la cuenca (km²).

Tanto la densidad de drenaje como la densidad de cauce son parámetros sumamente importantes a ser tomados en consideración para el análisis morfométrico, ya que si una cuenca presenta numerosos cauces y además gran longitud de los mismos, ello indicaría que presenta suficiente drenaje para cuando ocurran precipitaciones torrenciales. Esto quiere decir que el escurrimiento sería rápidamente evacuado, por lo que el tiempo de concentración del agua sería corto y, por lo tanto, el drenaje superficial a la salida de la cuenca, sufriría una rápida concentración y se generarían picos cualitativamente altos en las crecidas (Ruiz, 2001).

En el Cuadro 8 se muestran los valores interpretativos de las densidades de drenaje:

Cuadro 8. Valores interpretativos de la densidad de drenaje.

Densidad de drenaje (km/km ²)	Categoría
< 1	Baja
1 a 1,9	Moderada
2 a 3	Alta
> 3	Muy alta

Fuente: Delgadillo (2009) material de enseñanza de Hidrología.

Una vez calculados todos los parámetros morfométricos se procedió a plasmar los resultados en un mapa (Véase Figura 19 Mapa de Subcuencas Susceptibles Crecidas) a escala 1:25.000.

4.4. Delimitación de áreas de desborde de las quebradas y del río Mocotíes

Para el caso del levantamiento en campo de las áreas de desborde que definieron las quebradas y el río Mocotíes en el área de estudio, a raíz del evento del 2005, se utilizaron varias técnicas:

- (i) Análisis visual de fotografías aéreas tomadas en helicóptero (Vuelo ULA – INTI – Ejército, 2005) para observar las áreas de desborde de las quebradas y del río Mocotíes.
- (ii) Mediciones de distancia horizontal en sitios accesibles a ambos lados de márgenes de quebradas y del propio río Mocotíes, empleando para ello un GPS, cinta métrica y un altímetro.
- (iii) Entrevistas directas a personas residentes de sectores afectados por el desborde de los drenajes, con el fin de obtener una mayor precisión en las mediciones que se hicieron en campo para efectos de cartografiar las áreas de desborde.

(iv) Inspecciones de campo para reconocimiento de daños y afectaciones, pocos días después de ocurrido el evento.

En lo que respecta a la representación cartográfica de las áreas de desborde se utilizó un ortofotomapa de la poligonal urbana de Santa Cruz de Mora (INPRADEM, 2008) confeccionado con un mosaico de fotografías aéreas del año 1996, misión 010488 a escala 1:5.000 (Véase Figura 20 Mapa de Áreas de Desborde).

5. Identificación de medidas de gestión territorial pertinentes desde la perspectiva de la ordenación del territorio adecuadas a las situaciones de peligros naturales presentes en el área de estudio.

Las propuestas de medidas, pautas y acciones de programación, es el momento del proceso de planificación donde se diseñan las medidas y programas a ser instrumentados, de acuerdo a los resultados de los momentos anteriores, base para establecer la visión compartida a futuro, los objetivos y las estrategias (Méndez, 2005).

Las medidas, pautas y acciones de programación conforman entonces el conjunto de propuestas que van a facilitar la toma de decisiones por parte de las autoridades competentes relacionadas con la ejecución, control, promoción y gestión del plan de ordenamiento territorial que a futuro vaya a desarrollarse en el área de estudio.

Es pertinente aclarar que el presente trabajo en esta etapa metodológica no pretende diseñar y plantear propuestas concretas exhaustivas de ordenamiento territorial, sino sólo referir, usos recomendables, localizaciones (asentamientos humanos y actividades asociadas) y medidas pertinentes en función de los resultados obtenidos de la zonificación de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa y de subcuencas propensas

a generar eventos de crecidas, así como de la delimitación cartográfica de las áreas de desborde de las quebradas y del río Mocotíes.

En este sentido, a través de unas matrices sinópticas se plantean posibles medidas, usos y localizaciones de asentamientos poblados y actividades económicas, adecuadas a las situaciones de peligros naturales latentes y presentes en el área.

Bdigital.ula.ve

CAPÍTULO IV



Bdigital.ula.ve

ÁREA DE ESTUDIO

Localización y Extensión

Relieve

Geología

Geomorfología

Clima

Vegetación

Hidrografía

Población y Actividades económicas

Fuente: Fotografías tomadas por G. Páez (2005).
Derrumbe en roca, microcuenca El Guayabal

***ÁREA DE ESTUDIO**

Localización y extensión

El área de estudio se localiza en los Andes centrales venezolanos a unos 68km de la ciudad de Mérida al suroeste del Estado homónimo. Posee aproximadamente 163km² lo cual corresponde a un 60% de la superficie total de la parroquia Santa Cruz de Mora, cuya capital parroquial y municipal es el centro urbano del mismo nombre, y representa un 47 % de la superficie total del Municipio Antonio Pinto Salinas (348km²) (Figura 3).

Desde un punto de vista hidrológico toda el área pertenece a la cuenca media – inferior del río Mocotíes. Geográficamente limita al Norte con las aldeas de Los Algarrobos, Monte Frío y El Paramito; por el Noreste con parte de la parroquia Mesa Bolívar; por el Noroeste con las aldeas de El Portón y Los Ranchos; por el Sur con el Páramo de Río Negro; al Sursureste con el Páramo La Laguna; por el Sureste con el Páramo de Monte Frío; por el Este con el Páramo Las Porqueras y por el Oeste con el Páramo de Paiva (Véase Figura 4 Mapa de Topografía).

Relieve

En términos generales la topografía del área es bastante accidentada, dominando en más de 50% una pendiente superior al 25% (Véase Figura 11 Mapa de Sectores de Pendiente). El relieve del ámbito de estudio se corresponde con la topografía típica de los Andes venezolanos, caracterizada por vertientes abruptas y un fondo de valle profundo, y por una orientación de 40 a 45º en sentido noreste – suroeste.

Existe una marcada asimetría en cuanto a la extensión y altitud de las vertientes, ya que en la vertiente derecha se encuentran las mayores alturas y las mismas superan los 3.300 msnm, mientras que hacia la vertiente izquierda la cota mayor apenas supera los 1.500 msnm. El fondo de valle fluctúa entre los 500 y los 400msnm.

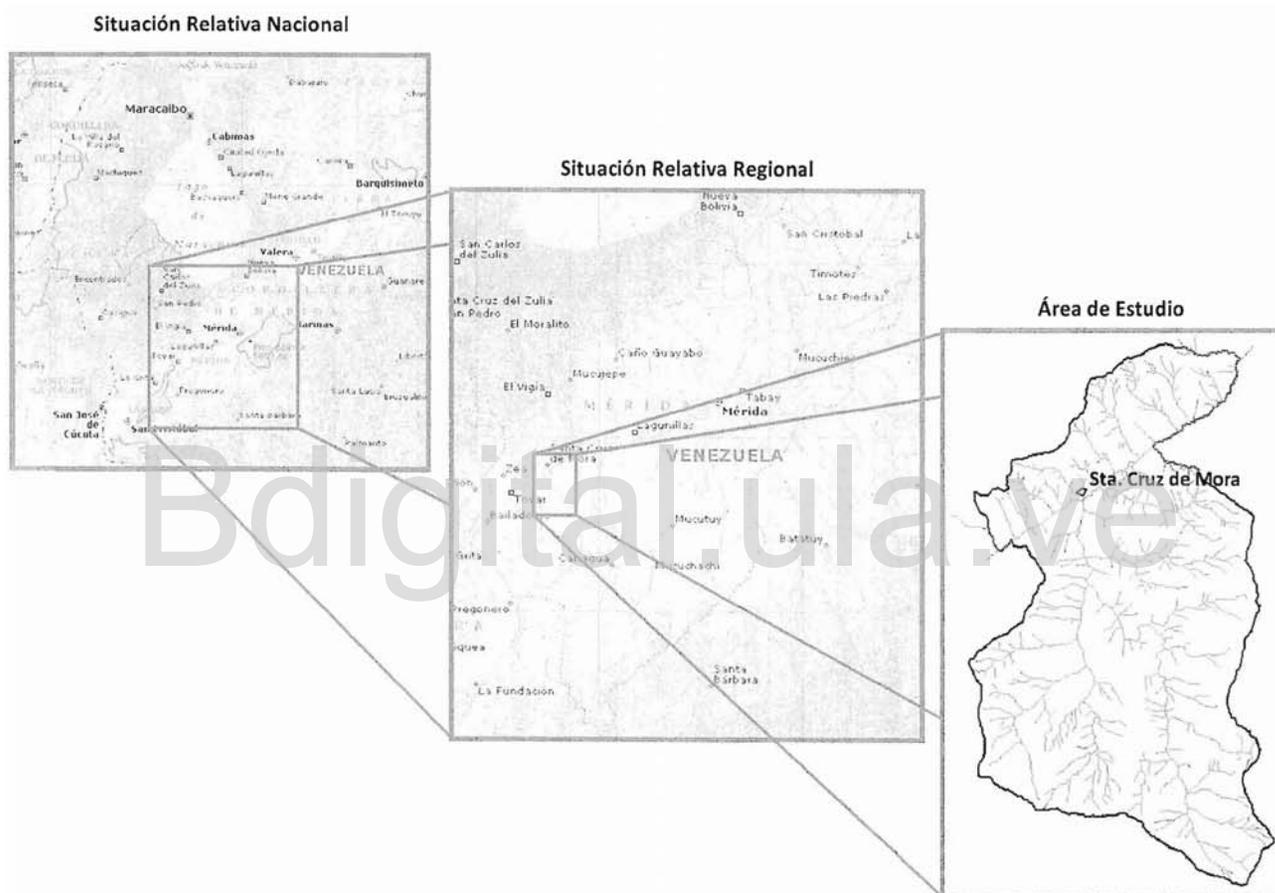


Figura 3. Localización del área de estudio



Figura 4. Mapa de topografía.

Geología

Según Dugarte (2002) y Ferrer y Dugarte (2008), en la cuenca del río Mocotíes afloran heterogéneas unidades litológicas que van desde el Precámbrico hasta el Mesozoico, dominando ampliamente en términos de superficie las unidades de tipo litodémicas, representadas por rocas metamórficas de distintos tipos siendo las más antiguas del área. Las unidades litológicas presentes (Véase Figura 12 Mapa de Geología) se exponen a continuación:

- 1- *Asociación Sierra Nevada*: esta unidad data del Precámbrico Superior y sus rocas constituyentes son las más antiguas del basamento de los Andes venezolanos. La litología que prevalece en dicha unidad son los gneises y rocas graníticas en 90% y el restante 10% corresponde a esquistos. Dicha asociación aflora en la vertiente izquierda del área de estudio desde la quebrada el Tabacal, pasando por las cercanías de Santa Cruz de Mora (al norte), hasta el límite noreste de ésta. La misma es infrayacente discordante a la Asociación Tostós del Paleozoico Superior. En la vertiente derecha emerge en forma de franja en la subcuenca de la quebrada Mejías, en donde la litología dominante son los gneises y las rocas graníticas.

- 2- *Asociación Tostós*: esta unidad data del Paleozoico Superior, constituida principalmente por rocas de origen metasedimentarias, dominando los esquistos en un 70%, en segundo lugar rocas filitas en 15%, en tercer lugar se encuentran las cuarcitas en 10% y, el 5% restante son pizarras y gneises de grano fino, rocas silíceas y anfibolitas. Aflora de forma suprayacente discordante a la Asociación Sierra Nevada en las cercanías del sector El Tabacal, e infrayacente discordante a una serie de formaciones Cretáceas localizadas al noreste del área de estudio, entre El Portón y Santa Lucía.

- 3- **Asociación Mucuchachí:** de edad Paleozoico Superior es la unidad más extendida en el área de estudio ocupando cerca del 70% de su superficie total. Está constituida por rocas de bajo metamorfismo de tipo filitas y filitas – pizarrosas en 75% aproximadamente, intercalada con rocas de tipo cuarcitas en 20% y lentes de calizas marmóreas de poco espesor en 5%, muy plegadas y fracturadas (calizas) sobretodo cerca de los planos de falla. Se extiende sólo por la vertiente derecha del área de estudio, es decir, cubre casi la totalidad de la subcuenca Mejías.
- 4- **Formación Luna, Capacho y Aguardiente:** estas formaciones datan del Cretáceo Superior, Medio e Inferior respectivamente, y son discordantes con la Asociación Sierra Nevada y la Asociación Tostós. La primera está constituida por rocas calizas y lutitas calcáreas fértidas; la segunda por calizas duras en 70% frecuentemente fosilíferas, lutitas en 15% y ocasionalmente limolitas en 15% y la tercera está constituida en 90% de areniscas cuarzosas y el restante 10% son capas de calizas muy alteradas, y por ende, inestables.
- 5- **Rocas intrusivas:** se localizan en la vertiente izquierda. Estos cuerpos intrusivos en el área tienen un comportamiento frágil, evidenciado en el fracturamiento de los mismos y cierta alteración mineralógica debido a las condiciones climáticas a las cuales han estado expuestos, lo que hace que estas unidades sean altamente susceptibles a generar movimientos de masa.

Por otro lado, en cuanto a la geología estructural del área, cabe resaltar que la misma se localiza dentro de la Zona de Fallas de Boconó, la cual representa la estructura geológica más importante del occidente del país, que se extiende en dirección suroeste – noreste, desde la Depresión del Táchira (Estado Táchira) hasta las cercanías de Morón – Puerto Cabello (Estado Carabobo), con una longitud total de unos 500km aproximadamente (Figura 5). En términos generales, la traza principal de la zona de falla es de tipo rumbo deslizante dextral, en toda su extensión. No obstante, a lo largo de ésta existen evidencias

de fallas con desplazamiento a través del buzamiento, es decir, fallamiento normal, inverso, entre otros.

Según Estévez (1993), desde un punto de vista sísmico la Zona de Fallas de Boconó puede ser clasificada como “altamente sísmica”, tomando como base la información obtenida a partir de fuentes históricas, datos instrumentales y evidencias geomorfológicas. A lo largo de la historia sísmica de nuestro país, sismos de gran magnitud se le han atribuido a esta importante estructura geológica, especialmente terremotos (epicentros) de magnitudes superiores a 6.5, en el tramo comprendido entre la ciudad de Mérida y La Grita. Entre éstos movimientos telúricos se pueden citar los siguientes: 1610, 1625, 1644, 1775, 1812, 1849, 1875, 1894, 1932 y 1952 (Ferrer y Laffaille, 1998; citados por Dugarte, 2002)

En el área de estudio se visualizan claramente y de forma paralela la presencia de dos trazas de fallas maestras propias de la Zona de Fallas de Boconó, es decir, la traza norte y sur. Éstas atraviesan transversalmente el área en sentido noreste suroeste con un ángulo de orientación de unos 60°.

En cada una de las márgenes de las trazas de falla antes mencionadas, se encuentra una serie de levantamientos tectónicos (horst) que forman las dos vertientes que delimitan el área de estudio y, entre estas trazas y las dos vertientes, se observa un bloque deprimido (graben) que se constituye como fondo de valle, el cual en el tramo correspondiente al área, comienza a ser muy estrecho con respecto al ancho promedio que presenta éste aguas arriba donde se emplazan la ciudad de Tovar (Municipio Tovar) y de Bailadores (Municipio Rivas Dávila).



Fuente: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. Escuela de Geología, Minas y Geofísica - UCV y Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS).

Figura 5. Área de estudio localizada en la traza de la falla principal del Sistema o Zona de Fallas de Boconó, estructura geológica más importante del Occidente de Venezuela.

Asimismo, también se puede identificar otra serie de fallas menores o secundarias con desplazamiento rumbo – deslizantes, normales e inversas que sirven de límite entre varias formaciones Cretácicas, la Asociación Tostós y la Asociación Sierra Nevada. Al norte de Santa Cruz de Mora se evidencian tres fallas observadas y una inferida, mientras que al sur, se identifican otro conjunto de fallas menores donde se destaca la falla de tipo inversa

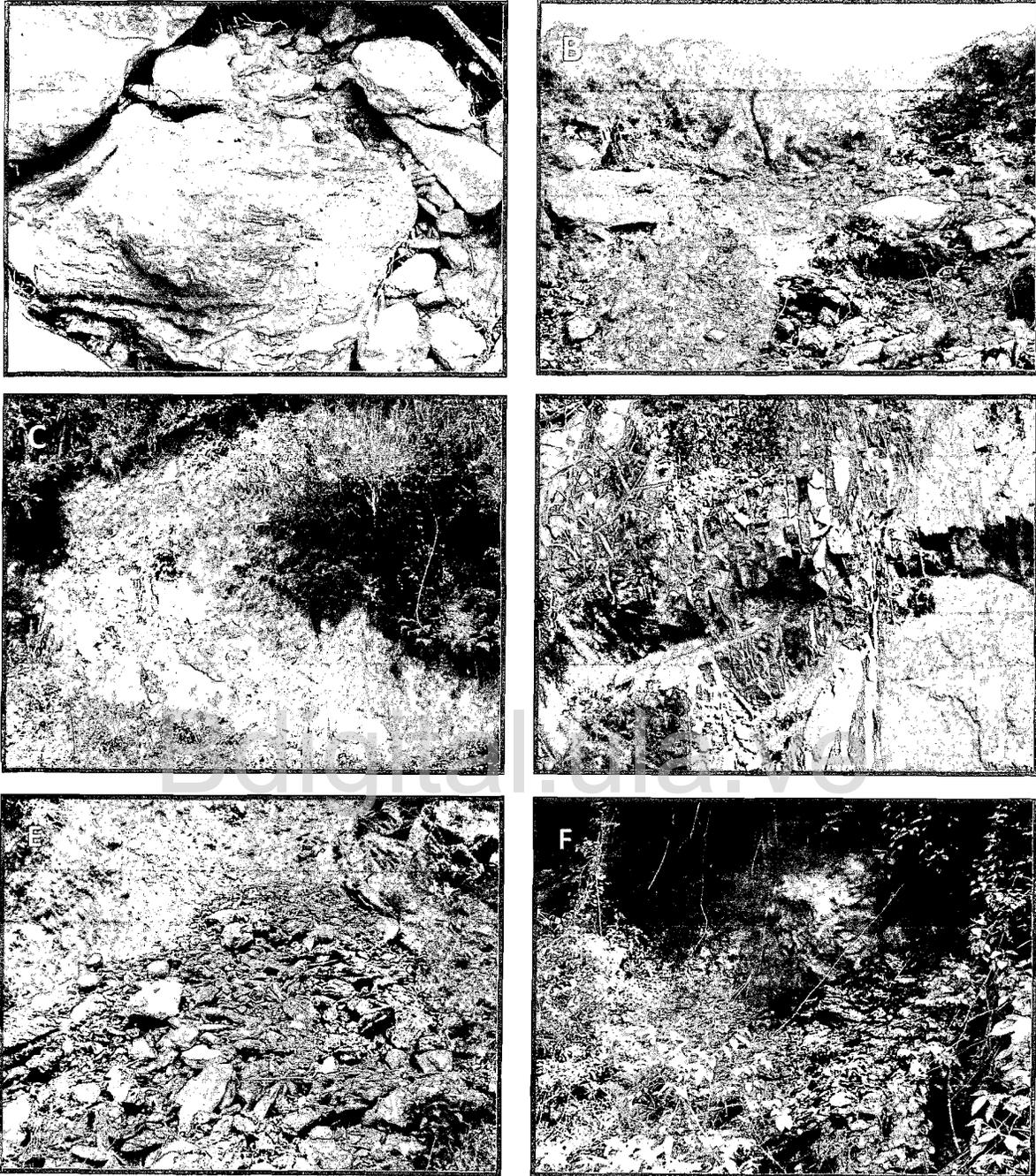
denominada La Ranchería (García *et al.*, s/f; citado por Dugarte ,2002), con una orientación de 35 a 40º (rumbo), la cual surca en sentido oblicuo la subcuenca de la quebrada Mejías y pone en contacto las rocas de la Asociación Sierra Nevada con las de la Asociación Mucuchachí.

Por último, es importante recalcar que el hecho de estar surcada por un número importante de fallas maestras, secundarias y menores, en el área se ha generado un alto grado de fracturamiento, plegamiento, planos de foliación y estratificación buzando en sentido de la pendiente, y alteración (perfiles de meteorización) de las rocas que afloran en el lugar, siendo estos factores coadyuvantes en la generación de movimientos de masa (Figura 6), sobre todo ante la ocurrencia de eventos meteorológicos como el de febrero del 2005.

Geomorfología

Como se ha mencionado anteriormente el área está dividida en dos vertientes (izquierda y derecha) o moles montañosos en estructura de horst (Ferrer *et al.*, 1970) separados por dos líneas de fallas que conforman el fondo de valle, a lo largo de la cual se desplaza el río Mocotíes. La vertiente izquierda presenta afluentes de corto recorrido al río Mocotíes, mientras que en el caso de la vertiente derecha los afluentes son de mayor longitud.

Según Ferrer *et al.* (1970), el modelado de la vertiente izquierda del área de estudio está relacionado directamente con las características litológicas de las unidades que afloran: areniscas, cuarcitas, filitas y lutitas, las cuales al encontrarse muy fracturadas y alteradas han permitido una erosión vertical de los cursos de agua, haciendo irregular el relieve en esta zona. Por su parte, en la vertiente derecha según el mismo autor, resalta en alto grado su homogeneidad topográfica y de unidad litológica, ya que el relieve en general es abrupto y domina en más de un 90% la Asociación Mucuchachí.



Fuente: Fotografías tomadas por G. Páez (2008).

Figura 6. A) Rocas fuertemente plegadas; B) y C) Perfiles de meteorización profundos; D) Rocas muy diaclasadas; E) Movimiento de masa (derrumbe en roca); F) Colapso de talud (derrumbe en roca) debido a que los planos de foliación están buzando a favor del corte y por ende en sentido de la pendiente.

El fondo de valle es la zona más plana con pendientes inferiores a 15% donde se ubican varios niveles de acumulación de tipo coluvial y torrencial. La mayoría de las acumulaciones se presentan en forma de abanicos – terraza (Véase Figura 13 Mapa de Procesos Geomorfológicos).

Clima

En la cuenca del río Mocotíes los elementos climáticos presentan variaciones debido a los siguientes factores modificadores del clima: la altitud, la exposición (orientación de las vertientes), la influencia del clima de los llanos y la cercanía al área de baja presión de la parte sur de la depresión del Lago de Maracaibo (Castillo y Castillo, 1972; citado por Dugarte, 2002).

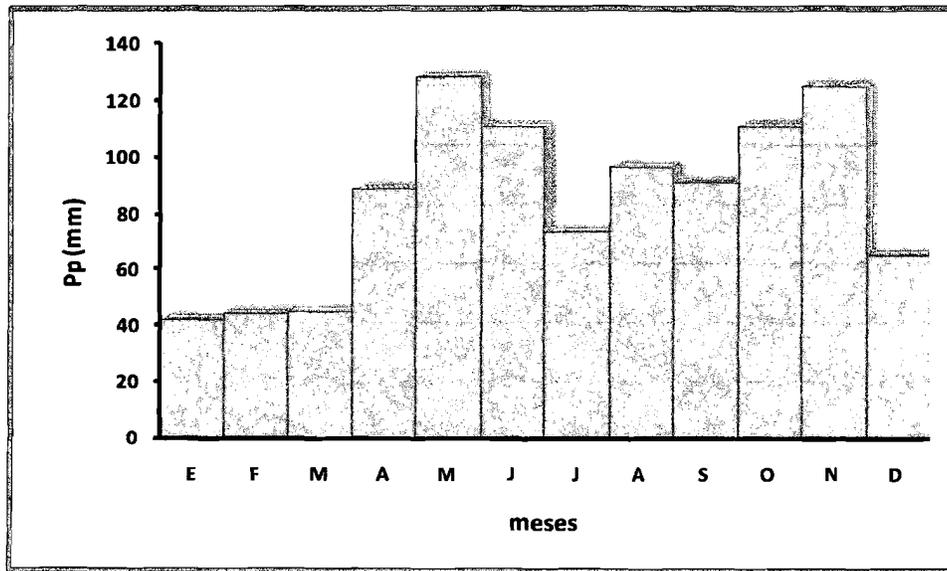
En el caso específico del área de estudio, desde el punto de vista climático las vertientes, de acuerdo a su orientación, presentan respuestas distintas. La vertiente derecha se corresponde con la de umbria, por ende, es la más húmeda, presentando un promedio de precipitación media anual de 1.670mm, aproximadamente; mientras que la vertiente izquierda es la de solana y su promedio de precipitación media anual es de 1.300mm (Behm y Mercado, 1984; citado por Dugarte, 2002). En el Cuadro 9 y la Figura 7 se muestra la distribución de los datos de precipitación media mensual (mm) de la estación de Santa Cruz de Mora para el período 1960 – 1995.

Cuadro 9. Distribución media mensual de la precipitación (mm) de la estación Santa Cruz de Mora para el período 1960 – 1995.

ESTACIÓN	COORDENADAS		SERIAL	ALTITUD (msnm)	TIPO
	LATITUD	LONGITUD			
Santa Cruz de Mora	82400	713828	3065	560	PC

ESTACIÓN	MESES												TOTAL
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Santa Cruz de Mora	42,6	44,5	45,2	89,0	128,4	111,1	73,7	96,4	90,9	111,2	125,3	65,2	1023,6

Fuente: Dugarte (2002).



Fuente: Elaboración propia empleando los datos presentados por Dugarte (2002).

Figura 7. Distribución media mensual de la precipitación (mm) de la estación Santa Cruz de Mora para el período 1960 – 1995.

En la Figura 6 se observa claramente que la precipitación muestra un régimen bimodal en el área a lo largo del año, es decir, que presenta dos meses de máxima precipitación durante el período lluvioso de abril a octubre. El primer “pico” pluviométrico se presenta en el mes de mayo con 128,4mm y el segundo en noviembre con 125,3mm, mientras que los meses de menor precipitación se corresponden con el período seco para Venezuela, es decir, entre los meses de diciembre a marzo. Es importante recordar que el evento meteorológico ocurrido en la cuenca del río Mocotíes en el año 2005, se generó en el mes de febrero, es decir, en el período seco, lo que permitió clasificar a dicho evento como anómalo.

En cuanto a la temperatura, la misma disminuye en la medida que se asciende en altitud hacia ambas vertientes. En este caso, por ausencia de estaciones emplazadas en el área

que tengan registros de este elemento climático, se empleó el valor constante que establece el gradiente altotérmico para las zonas tropicales correlacionado con la altitud del área de estudio. Silva (1999) plantea una serie de pisos climáticos para el contexto espacial de toda la cuenca del río Chama (3785km²), mediante la relación de temperatura media en función de la altitud y escogiendo una amplitud térmica apropiada. Este gradiente establece que por cada 100m que se asciende la temperatura disminuye 0,60 °C con respecto a los 28,1 grados promedio que se registran a 0msnm en el Lago de Maracaibo, para así definir los pisos térmicos caluroso, fresco, templado, frío, muy frío y gélido.

La ecuación planteada por Silva (1999), la cual se adoptó en este trabajo para efectos de calcular la temperatura media y límite de los pisos térmicos del área de estudio (Figura 8), se muestra a continuación:

$$T_m (\text{°C}) = 28,1 \text{ °C} - (0,0060 \text{ °C} * z)$$

Donde:

T_m: es la temperatura media en °C a una altitud (z).

28,1 °C: es la temperatura media a nivel del Lago de Maracaibo (constante).

0,0060 °C: es el gradiente altotérmico constante estimado para la cuenca del río Chama, es decir, por cada metro que se asciende la temperatura disminuye en 0,0060 °C ó 0,60 °C por cada 100m que se ascienda.

z: es la altitud en msnm.

La cota más baja del área de estudio es aproximadamente 400msnm en el lecho del río Mocotíes detrás del Cerro San Felipe y la cota máxima se encuentra en el Cerro El Molino en el Páramo La Laguna a 3.200msnm. Esto ocasiona un desnivel de 2.800m y, en consecuencia, que la temperatura, en la medida que se asciende en el área, se comporte como se muestra en el Cuadro 10.

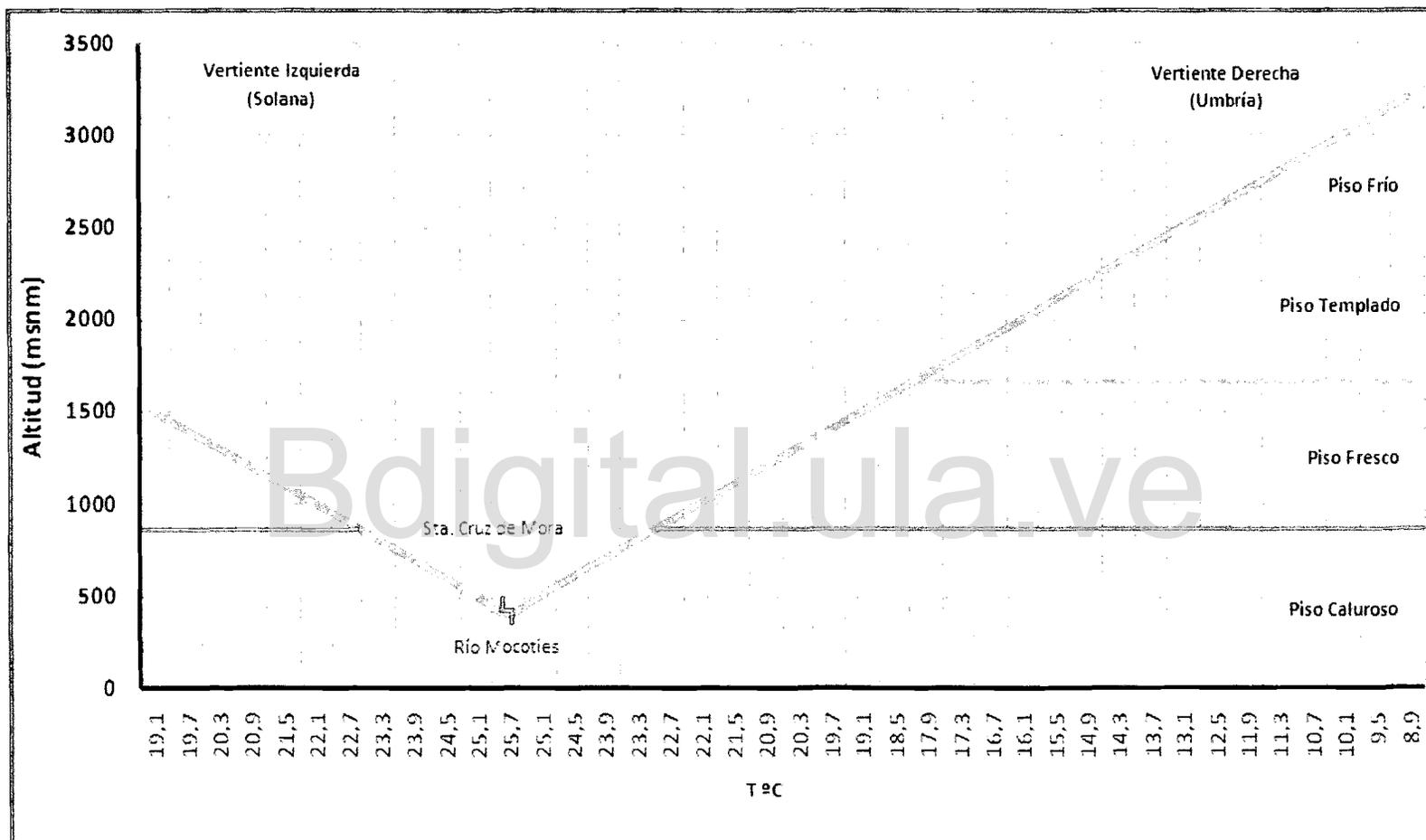


Figura 8. Pisos térmicos identificados para el área de estudio a través del gradiente altotérmico.

Cuadro 10. Temperatura media estimada mediante el gradiente altotérmico.

COTA	t °C
400	25,70
500	25,10
600	24,50
700	23,90
800	23,30
900	22,70
1000	22,10
1100	21,50
1200	20,90
1300	20,30
1400	19,70
1500	19,10
1600	18,50
1700	17,90
1800	17,30
1900	16,70
2000	16,10
2100	15,50
2200	14,90
2300	14,30
2400	13,70
2500	13,10
2600	12,50
2700	11,90
2800	11,30
2900	10,70
3000	10,10
3100	9,50
3200	8,90

Vegetación

En el área de estudio se pueden identificar varias unidades de vegetación según la vertiente que se analice, ya que, la derecha (umbría) posee una mayor variabilidad en la cobertura vegetal debido a su mayor altitud (cota máxima 3.200 msnm) mientras que la izquierda (solana) apenas alcanza los 1.500 msnm.

Las unidades ecológicas presentes en el área de estudio se exponen a continuación:

- *Selva Estacional o Semicaducifolia de Montaña (Piso del Café)*: esta unidad ecológica es la que ocupa mayor superficie en el área y se extiende tanto en la vertiente derecha como en la izquierda, entre los 400 y 1.600msnm. Presenta un alto grado de intervención antrópica: cultivos anuales, permanentes y pastoreo extensivo de altura. El rubro predominante es el café bajo sol el cual está sustituyendo al café bajo sombra.

Según FONAIAP (1988), la agricultura tradicional de cultivos permanentes y semi permanentes (café – cambur), ve favorecido su desarrollo principalmente por la presencia del piso altitudinal mesotérmico o piso del café, es decir, las zonas que fluctúan entre los 800 y 1.300msnm. Las condiciones climáticas y altitudinales adecuadas para el desarrollo del cafeto (*Coffea arabica* L.) son:

- Precipitaciones que varíen entre los 1400 y 2000mm/año.
 - Temperatura promedio anual mínima de 14 °C, media 20 – 24 °C y máxima 30 °C (Véase Figura 8).
 - Humedad relativa entre los 75 y 85%.
 - Vientos normales a velocidad promedio de 3 a 7Km/h.
 - Período de sequia que no supere los 4 meses.
 - Rango altitudinal de 800 a 1.300msnm (Véase Figura 8).
- *Selva Nublada Montana Baja*: se localiza inmediatamente después de la unidad ecológica anterior, entre los 1.700 y 2.200msnm. En esta unidad las precipitaciones son un poco más elevadas las cuales fluctúan entre unos 1.300 a 1.600mm/año, mientras que la temperatura promedio está por el orden de los 15°C (Véase Figura 8). Asimismo, se encuentra significativamente intervenida principalmente por

cultivos de café y pastoreo extensivo de altura. Ello solo ha permitido que se conserven algunos relictos de bosques en sectores de vertiente con una pendiente muy abrupta.

- *Selva Nublada Montana Alta*: ocupa áreas en vertientes entre los 2.200 y 3.300 msnm (máxima cota del área de estudio 3.200). La precipitación en esta unidad alcanza su máximo orográfico alrededor de la cota 2.500 (aproximadamente unos 1.800mm/año para este caso), y la temperatura promedio oscila alrededor de 12 °C (Véase Figura 8). En algunas áreas las actividades agropecuarias (pastoreo extensivo de altura) han eliminado parte de la vegetación original, sin embargo, la mayoría de estas se corresponden con la jurisdicción del Parque Nacional “General Juan Pablo Peñaloza”, figura legal de ABRAE que ha permitido la protección de gran parte de estas áreas de selvas nubladas.

Hidrografía

Las características de la red hidrográfica en el área de estudio están determinadas por la asimetría de las vertientes, ya que, la derecha, presenta un ancho máximo de 16,1km, mientras que la izquierda presenta unos 2,5km de ancho en promedio. Dichos valores permiten corroborar que la cuenca presenta una marcada asimetría con respecto al área que ocupa cada vertiente, siendo la superficie de la derecha 133km² y la de la izquierda 30km² (Figura 9). Ello permite que las quebradas provenientes de la vertiente derecha posean mayor área de captación de la precipitación, los cursos de agua sean de mayor longitud y de régimen permanente, mientras que en los cursos de agua de la vertiente izquierda sucede todo lo contrario.

En el Cuadro 11 se exhiben las principales características de la red hidrográfica del área de estudio, en función de la vertiente donde se localiza.

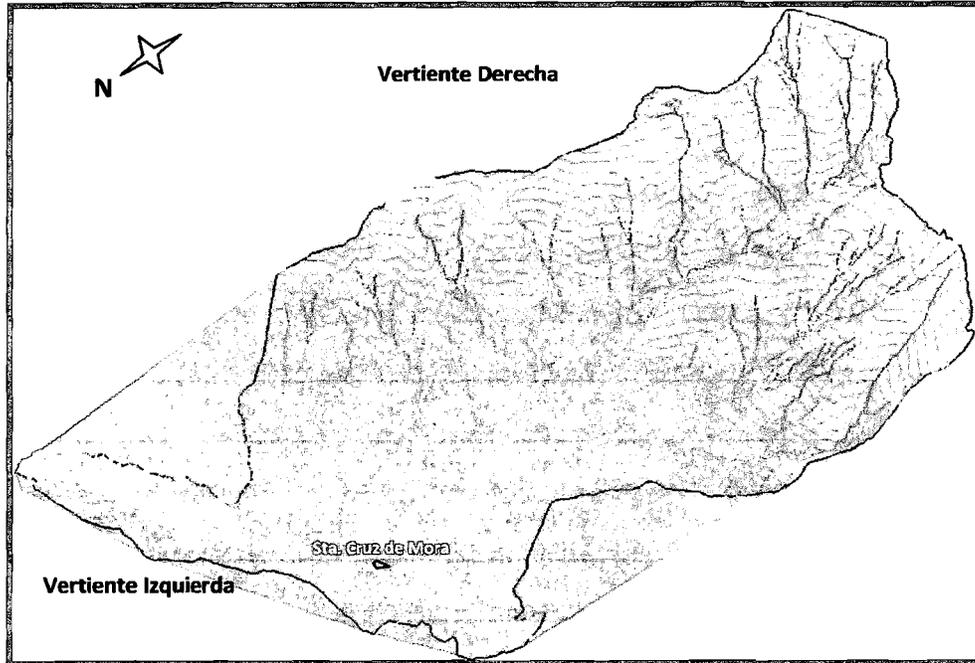


Figura 9. Asimetría de las vertientes.

Cuadro 11. Características hidrológicas de las vertientes del área.

Vertiente Izquierda	Vertiente Derecha
*Vertiente de solana.	*Vertiente de umbría.
*Menor precipitación	*Mayor precipitación por el efecto orográfico.
*Existe mayor evapotranspiración.	*Existe menor evapotranspiración.
*Ancho promedio de 2,5 km.	*Ancho máximo 16,1 km
*Drenajes de corto recorrido o poca longitud.	*Drenajes de larga longitud.
*La pendiente que domina es de rangos relativamente bajos, lo que determina una "mayor" tasa de infiltración.	*La pendiente es muy accidentada, en consecuencia menor tasa de infiltración.
*Presenta patrones de drenaje paralelos, sub- paralelos combinados con patrón rectangular.	*Presenta un patrón de drenaje dendrítico - rectangular
*Existen menos probabilidad de almacenamiento de agua en el suelo y por ende de alimentar los cursos de agua durante el período de estiaje.	*Debido a las precipitaciones más persistentes, en el suelo se almacena mayor cantidad de agua que coadyuva a la permanencia de un caudal mínimo que alimenta los cursos de agua en época de estiaje.
*Drenajes de régimen semi - permanente.	*Drenajes de régimen permanente.

Fuente: Elaboración propia.

Población y actividades económicas

De acuerdo a los datos suministrados por el XIII Censo de Población y Vivienda (2001), el Municipio Antonio Pinto Salinas del Estado Mérida, sirve de asiento a una población de 23.273 habitantes, que representa aproximadamente el 3% del total del Estado Mérida. El crecimiento anual medio de la población del municipio en los últimos 50 años ha mantenido un comportamiento sin mayores repuntes.

Este crecimiento se manifiesta, en mayor medida, en la poligonal urbana de la capital del municipio: Santa Cruz de Mora (Figura 10) y en otros centros poblados, en dirección suroeste, lo que ha implicado una mayor intervención antrópica hacia la vertiente izquierda de la cuenca del río Mocotíes.

La parroquia Santa Cruz de Mora, según el censo del 2001, cuenta con una población de 17.355 habitantes de los cuales, 10.942, residen en la capital de la misma (INE, 2001).

Según Blandón *et al.* (2006), las observaciones en campo indicaron que el crecimiento de la población sigue extendiéndose a lo largo del cauce del río Mocotíes, especialmente hacia la zona de los asentamientos de Puerto Rico, Paiva y Romero.

La principal causa de dicha extensión se justifica por el eje agroeconómico y pecuario entre Tovar, Santa Cruz y Mérida, con el agravante de que el municipio Antonio Pinto Salinas, y en consecuencia el área ($\approx 163\text{km}^2$) de la parroquia en estudio, presenta fuertes restricciones para la expansión urbana, ya que en esta sección el valle es muy estrecho conllevando a que un número significativo de la población se concentre en sitios aledaños a ríos y quebradas, e inclusive a pocos metros de desnivel con respecto a los mismos. A su vez, el pronunciado declive de las vertientes es otra limitante para la expansión urbana en dicho municipio.



Fuente: Blandón *et al.* (2006).

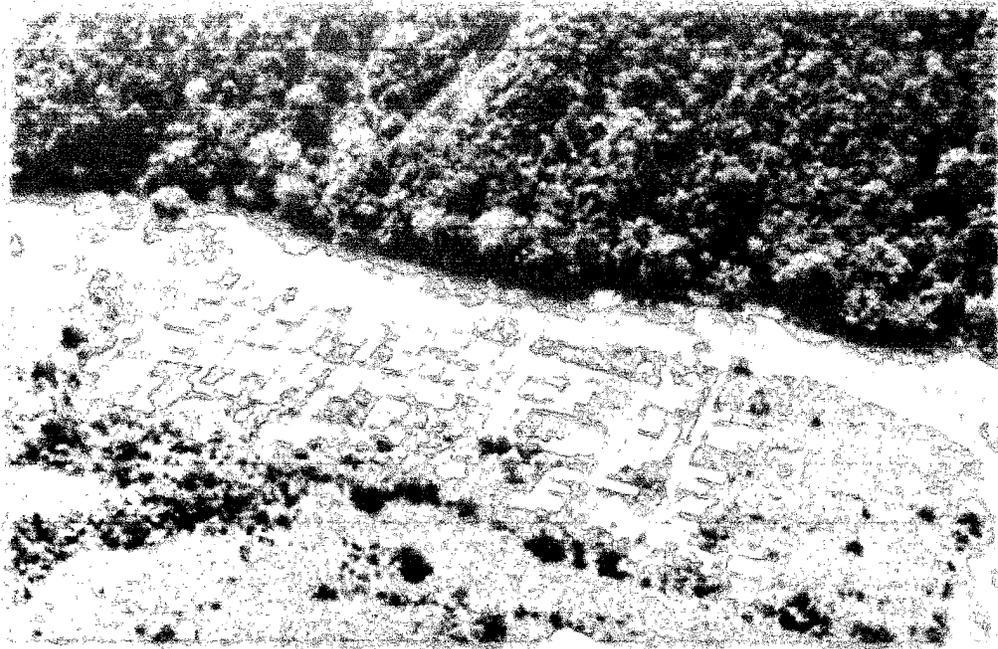
Figura 10. Vista panorámica del sitio de emplazamiento de Santa Cruz de Mora.

En el mismo orden de ideas, el sitio de emplazamiento de Santa Cruz de Mora es una pequeña terraza (casco histórico) formada por el río Mocotíes en su margen izquierda y un sistema de abanicos aluviales coalescentes producto de la dinámica de las vertientes y los torrentes que surcan transversalmente la vertiente izquierda de la cuenca, los cuales constituyen afluentes intermitentes del río Mocotíes, exceptuando el sector Puerto Rico que se encuentra emplazado en un abanico originado por la quebrada Mejías en la vertiente derecha. Algunas partes de este centro poblado que se encuentran en posición de vertiente, están localizadas sobre la Asociación Tostós.

Según Méndez (2003), Santa Cruz de Mora es un centro poblado que funge como lugar de comercialización y de servicios de un área netamente productora de café, la más conspicua del Estado Mérida, además de cultivar cambur, cítricos y otros rubros. Los sistemas de producción dominante son: Sistema de agricultura tradicional de cultivos permanentes y semi – permanentes: café y cambur; Sistema de producción de ganadería extensiva artesanal; Sistemas de producción mixtos y Sistemas hortícolas comerciales semi – intensivos (Blandón *et al.*, 2006).

Bdigital.ula.ve

CAPÍTULO V



Fuente: Vuelo en helicóptero realizado por el ejército, febrero 2005.

Vista panorámica de la Urbanización Romero desde la vertiente izquierda del río Mocotíes

RESULTADOS

*RESULTADOS

1. Distribución espacial de los sectores de pendiente

En el Cuadro 12 se pueden apreciar los resultados obtenidos de las superficies correspondientes a los distintos rangos de pendiente (sectores) considerados en la investigación y en el Mapa de Sectores de Pendiente puede visualizarse su distribución espacial (Figura 11).

En términos generales, la topografía del área de estudio puede considerarse como escarpada a muy escarpada (Véase Cuadro 7), debido a que más del 60% de su superficie total está dominada por pendientes que fluctúan entre los 26,6° y 45°. Este rango de pendiente (Sector 4) ocupa una superficie de 99km² (60,7%) y se extiende ampliamente por la vertiente derecha de las subcuencas La Azulita, Ovalles, San Isidro, El Guayabal y en general de toda la subcuenca Mejías.

Cuadro 12. Superficie ocupada por los sectores de pendiente en el área de estudio.

Sectores	Rangos (°)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
1	0 - 8,5	36,0	22,1
2	8,5 - 16,7	1,3	0,8
3	16,7 - 26,6	21,9	13,4
4	26,6 - 45,0	99,0	60,7
5	≥ 45	4,9	3,0
Superficie total		163,0	100,0

En la vertiente izquierda dicho sector corresponde a superficies de las secciones altas y medias de las subcuencas que conforman esta margen; no obstante, su importancia en extensión es menor con respecto a la vertiente derecha.

Después del Sector 4 le sigue en importancia según superficie ocupada el Sector 1, el cual abarca 36km² equivalentes a 22,1% de la superficie total del área. Se extiende ampliamente a lo largo del fondo de valle del río Mocotíes y de los cauces principales de



Figura 11. Mapa de sectores de pendiente.

las quebradas La Azulita, Ovalles, San Isidro, El Guayabal y Mejías. También ocupa las cimas de algunas divisorias de agua de las subcuencas y valles intramontanos por donde fluyen quebradas de menor jerarquía que las consideradas en este estudio.

En el orden de importancia continúa el Sector 3 con una superficie ocupada de 21,9km², que se corresponde con 13,4% de la superficie total del área. El mismo se encuentra bastante disperso por la vertiente derecha; sin embargo, ocupa una mayor superficie hacia las partes bajas de las divisorias de agua de la subcuenca Mejías. Hacia la vertiente izquierda, abarca superficies importantes de las secciones altas y medias de las subcuencas La Victoria, Mocotíes, El Barro y El Diamante, y en menor medida en algunas pequeñas áreas del resto de la vertiente.

Posteriormente se tiene el Sector 5 el cual comprende una superficie de 4,9km², es decir, 3% de la extensión total del área. Este sector se encuentra distribuido hacia las partes altas de las subcuencas La Azulita y Ovalles, partes altas y medias de las subcuencas San Isidro y El Guayabal, y en algunas pequeñas superficies de la vertiente izquierda y al noreste del área de estudio.

El último sector en importancia es el 2, ocupando una superficie de tan solo 1,3 km² que se corresponde con 0,8% de la superficie total del área y se localiza en sitios muy puntuales en las subcuencas Mocotíes, El Barro, El Diamante, Los Cedros, Romero, La Azulita y algunas partes del fondo de valle del río Mocotíes.

2. Geología

2.1. Aspectos geológicos y rasgos geomecánicos de los macizos rocosos

Desde el punto de vista estratigráfico el área de estudio está constituida por una variedad de unidades litodémicas y litoestratigráficas que van desde el Precámbrico inferior hasta el Mesozoico superior (Figura 12). Entre las unidades litodémicas se tienen:

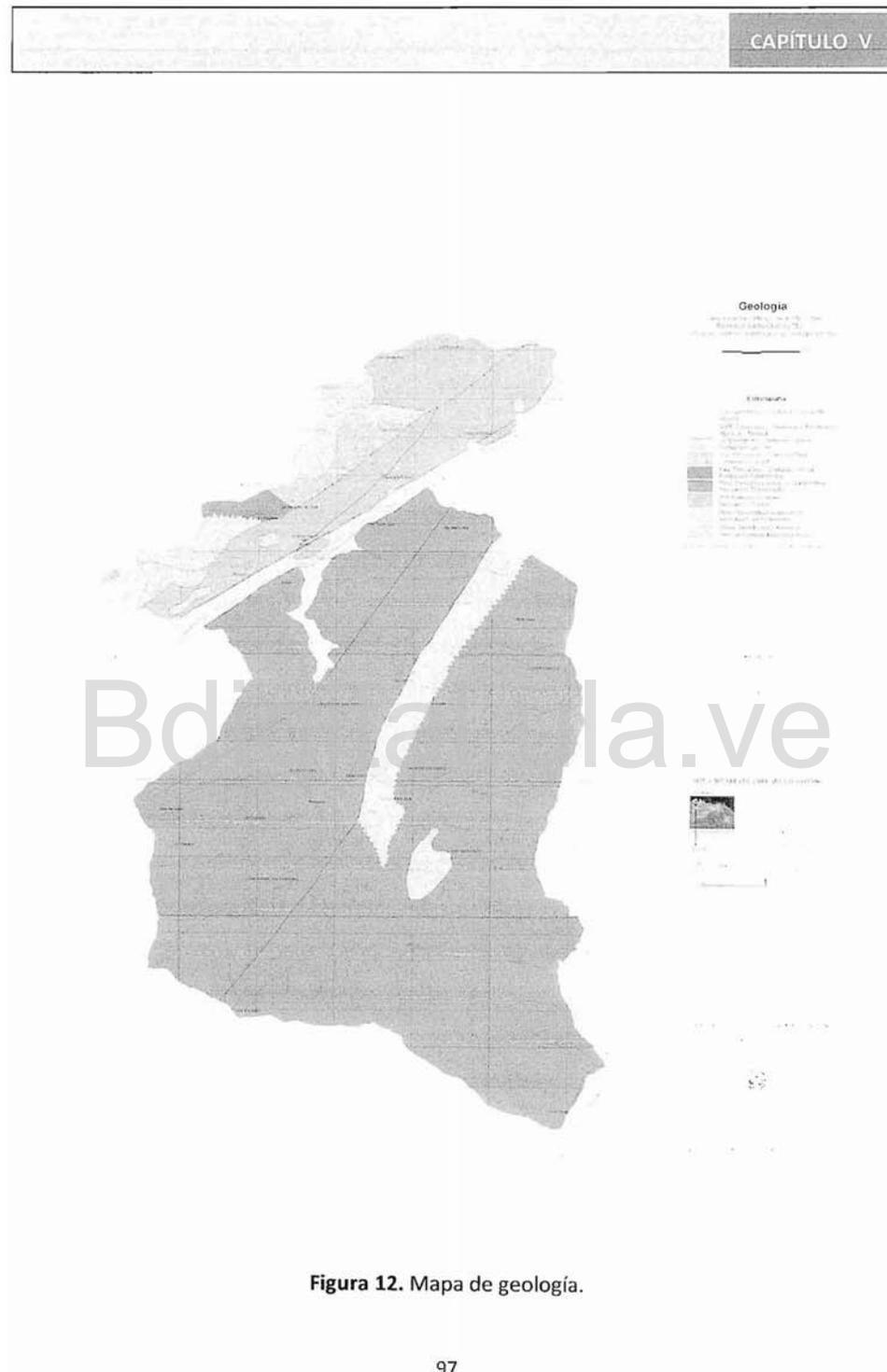


Figura 12. Mapa de geología.

Asociaciones Sierra Nevada, Tostós y Mucuchachí, y en algunas áreas muy localizadas emergen un conjunto de intrusiones ígneas de granitos sin diferenciar.

En cuanto a unidades litoestratigráficas afloran en el área las formaciones: La Luna, Capacho y Aguardiente. En el Cuadro 13 se muestra la superficie que cada unidad litológica ocupa en el área en cuestión y en el Mapa de Geología se puede apreciar su distribución espacial (Véase Figura 12).

Cuadro 13. Superficie ocupada por las unidades litológicas en el área de estudio.

Factor Geología	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Depósitos		
Aluvión reciente	3,1	1,9
Abanico - terraza	1,9	1,2
Unidad Litológica		
Formación La Luna	2,0	1,2
Formación Capacho	2,5	1,5
Formación Aguardiente	1,1	0,7
Asociación Mucuchachí	119,6	73,4
Asociación Tostós	18,1	11,1
Asociación Sierra Nevada	10,9	6,7
Granito sin diferenciar	3,7	2,3
Superficie total	163,0	100,0

La **Asociación Sierra Nevada** aflora hacia el noroeste y en sentido oblicuo hacia el este del área de estudio, ocupando una superficie de 10,9km² que equivalen a 6,7% de la superficie total de área. Se extiende por las secciones altas de las subcuencas El Tabacal, Los Algarrobos, Cuba Libre, Romero y Los Cedros.

En esta unidad predominan los gneises bandeados y graníticos en una proporción muy cercana al 90% mientras que el 10% restante, lo constituyen esquistos micáceos, cuarcitas

y anfibolitas. La secuencia se encuentra densamente intrusionada, principalmente hacia la parte que aflora en la vertiente izquierda.

En función de la información levantada en campo y de la interpretación del Mapa Geológico de Ferrer y Dugarte (2008), los buzamientos de los planos de discontinuidades en la Asociación Sierra Nevada fluctúan entre los 30° y 75° de inclinación, además de presentar en algunos sitios, planos volcados a 30°. Asimismo, las rocas presentan entre 4 y 5 familias de diaclasas, es decir, que poseen un alto grado de fracturamiento.

En el caso del grado de meteorización de la litología, en algunos sitios las rocas se encuentran altamente meteorizadas y en otros completamente meteorizadas, dando como resultado perfiles de meteorización de considerable espesor, ya que pueden oscilar desde 20 hasta 60m de desarrollo.

Todos los factores condicionantes antes expuestos permitieron asignarle a la Asociación Sierra Nevada un peso de 4, lo que significa que esta unidad es altamente proclive a generar movimientos de masa.

La **Asociación Tostós** emerge en una extensa franja altitudinal de la vertiente izquierda del área entre la cota 600 hasta los 1.000msnm aproximadamente y horizontalmente va desde la Subcuenca El Tabacal hasta la subcuenca Mocotíes, para luego extenderse hacia el noreste del área y abarcar toda la vertiente izquierda hasta la divisoria de aguas. Esta unidad ocupa una superficie de 18,1km² que corresponden a 11,1% del área total de estudio.

En dicha asociación dominan las rocas metasedimentarias de tipo esquistos en 75% y el restante 25% está constituido por filitas en 15% y cuarcitas en 10%. El patrón más o menos general del buzamiento de los planos de las rocas fluctúa entre 25° y 85° de

inclinación y en muchos casos a lo largo de los cortes de la carretera buzando a favor de la pendiente, presentando en promedio 4 familias de diaclasas.

En cuanto al grado de meteorización de las rocas, las mismas se encuentran de moderada a altamente meteorizadas e, incluso, en algunos sitios completamente meteorizadas con presencia de suelos residuales. Ello permite contabilizar en campo perfiles de meteorización que oscilan entre 5 y 20m de espesor.

Al igual que la Asociación Sierra Nevada, la conjunción de todos los factores condicionantes antes expuestos permitieron asignarle a la Asociación Tostós un peso de 4, lo que significa que esta unidad también es altamente proclive a generar movimientos de masa.

En lo que respecta a la **Asociación Mucuchachí** es la unidad litológica que ocupa la mayor superficie en el área de estudio, aflorando hacia la vertiente derecha de la misma. Su superficie es de 119,6km², es decir, 73,4% de la extensión total del área. Se extiende por casi la totalidad (≈90%) de las subcuencas La Azulita, Ovalles, San Isidro, El Guayabal y Mejías.

En este caso dominan las rocas metamórficas de tipo pizarras y filitas en 75%, intercaladas con cuarcitas en 20% y lentes de calizas marmóreas en 5%. Los planos de foliación de las rocas de esta unidad buzan en muchos sitios a favor de la pendiente y con ángulos de inclinación que fluctúan entre los 30° y 80°.

Las rocas presentan un grado de meteorización de moderada a ligeramente meteorizadas con perfiles de meteorización que oscilan entre los 2 y 5 m de espesor, es decir, que son relativamente poco desarrollados.

El comportamiento de los factores condicionantes antes mencionados permitieron asignarle a la Asociación Mucuchachí un peso de 3, lo que significa que esta unidad es moderadamente susceptible a generar movimientos de masa.

La **Formación Aguardiente** aflora hacia la vertiente izquierda por encima de la cota 900m aproximadamente, y emerge entre la Asociación Sierra Nevada y la Formación Capacho. Esta formación ocupa 1,1km², siendo esto 0,7% de la superficie total del área. Ocupa casi la totalidad de la parte superior de la subcuenca Los Cedros.

Está conformada en 90% por rocas areniscas cuarzosas con 10% de capas de calizas. Estas rocas poseen planos de estratificación con ángulo de buzamiento que oscila entre 30° y 50°, además que en algunos sitios los mismos están volcados a 50°. Los afloramientos observados en campo no presentan familias de diaclasas de gran importancia, aun cuando existe cierta inestabilidad desde el punto de vista de los planos de estratificación.

Las rocas se encuentran por lo general moderadamente meteorizadas y el espesor de los perfiles de meteorización rara vez supera los 2 ó 3m.

Otra unidad que aflora en el área es la **Formación Capacho**, constituida principalmente por calizas duras en un 70%, lutitas (15%) y limolitas (15%). Abarca una superficie de 2,5 km² que equivalen 1,5% de la extensión total del área. Aflora en la vertiente izquierda y abarca casi la totalidad de las partes altas de las subcuencas La Parada, El Diamante y El Barro.

Los planos de estratificación de esta formación buzán entre ángulos de 20° a 40° y, en muchos sitios, en sentido del corte o de la pendiente de los taludes. Las rocas en general presentan 2 familias de diaclasas, con inestabilidad en los planos de discontinuidad sobre todo en las lutitas y limolitas.

Las calizas presentan graves problemas en los sitios de alta presencia de humedad, aun cuando las rocas de esta unidad se aprecian como de moderada a altamente meteorizadas. Los perfiles de meteorización no superan los 3 m de espesor.

Tanto la Formación Capacho como La Luna, debido al comportamiento particular de los factores condicionantes se les asignó un peso de 3, indicando que son unidades moderadamente susceptibles a desencadenar movimientos de masa.

En lo que respecta a la **Formación La Luna**, esta emerge también en la vertiente izquierda y ocupa una superficie de 2km² que corresponde a 1,2% de la superficie total del área de estudio. Aflora en las partes más altas de las cabeceras de las subcuencas El Diamante, El Barro y Mocotíes.

Las calizas y lutitas calcáreas son las rocas que conforman esta unidad. Los planos de estratificación de la litología de esta formación, se encuentran inclinados en general entre 10º y 50º, con planos volcados de hasta 80º de inclinación. Al igual que las calizas de la Formación Capacho, éstas presentan graves problemas en áreas donde las condiciones de humedad son altas.

En cuanto al grado de meteorización de las rocas, éste va de moderada a altamente meteorizadas mientras que los perfiles de meteorización no superan los 2m de desarrollo. Debido a que esta formación es un poco más susceptible a generar movimientos de masa que las dos anteriores, se le asignó un peso de 4.

Por último, se tienen las **intrusiones graníticas** las cuales se distribuyen de forma dispersa en el área de estudio. Las mismas ocupan 3,7km², es decir, 2,3% de la superficie total del área.

Hacia la vertiente izquierda se pueden visualizar cuatro cuerpos intrusivos. Dos que cubren parte de las subcuencas El Tabacal y Los Algarrobos, uno que aflora entre las subcuencas San José y Los Cedros, y otro que aflora en la parte más alta de las cabeceras de la subcuenca El Barro.

Estos cuerpos intrusivos están compuestos por diferentes tipos de granitos sin diferenciar (ácidos y básicos) y de texturas, los cuales se encuentran en unos sitios altamente fracturados (entre 4 y 5 familias de diaclasas) y en otros altamente meteorizados o completamente meteorizados, presentando espesores de los perfiles de meteorización de hasta 20m de desarrollo.

Debido al comportamiento de los factores condicionantes en dichas intrusiones, ello permitió asignarle el mayor peso en comparación con el resto de las otras unidades litológicas, es decir, 5, indicando esto que es una unidad con una susceptibilidad muy alta a generar movimientos de masa.

3. Distribución espacial de los procesos geomorfológicos

En el área de estudio existe una diversidad de procesos geomórficos que se han encargado de modelar la superficie de las vertientes, los cuales además están relacionados con los comportamientos geomecánicos de los macizos rocosos y las distintas pendientes que dominan en el área. En el Cuadro 14 se exhiben los resultados de las superficies que ocupan los distintos procesos geomorfológicos en el área, así como también en el Mapa de Procesos Geomorfológicos se puede visualizar la distribución espacial de los mismos (Figura 13).

Cuadro 14. Superficie ocupada por los distintos procesos geomorfológicos presentes en el área de estudio.

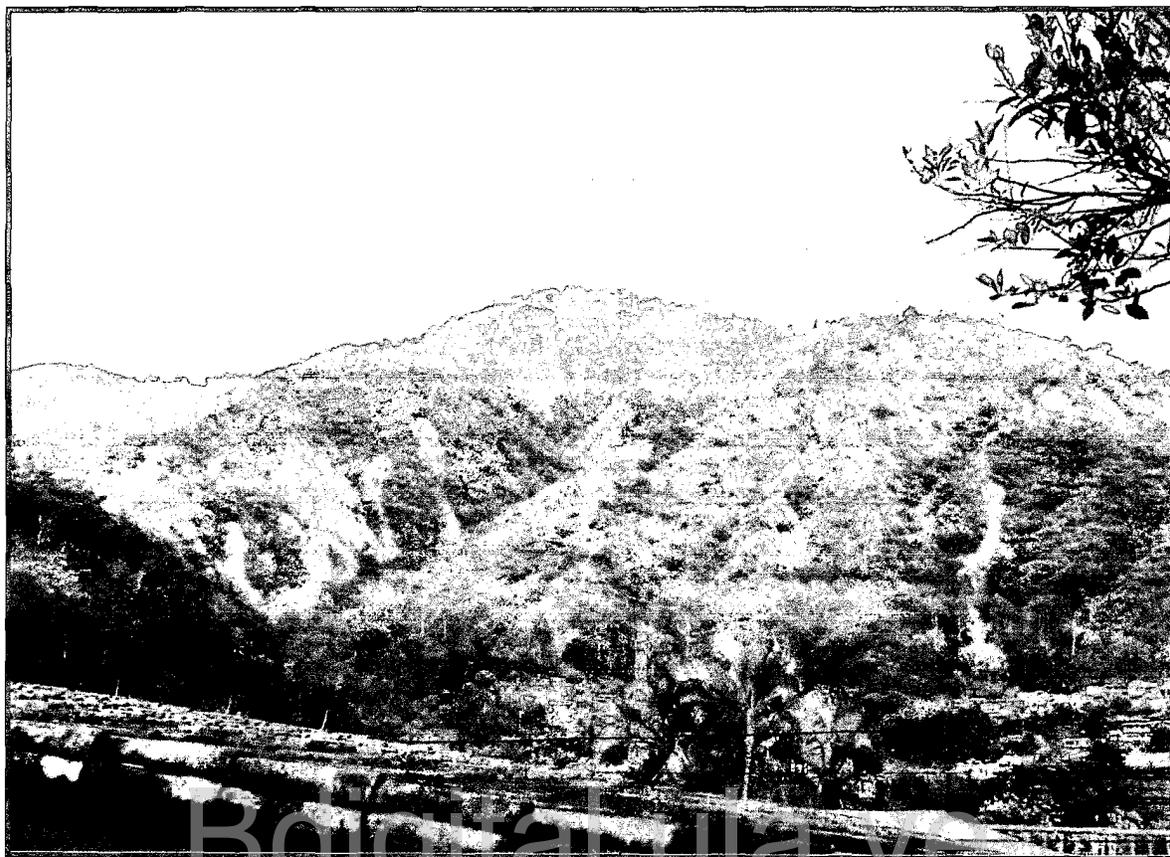
Procesos geomorfológicos	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Derrumbes	0,03	0,02
Zonas de deslizamientos	13,83	8,49
Cárcavas activas	1,79	1,10
Deslizamientos	0,51	0,32
Zonas de carcavamiento	0,21	0,13
Microdeslizamientos	0,18	0,11
Cicatrices de deslizamientos (corona) inactivos	11,89	7,30
Coronas cubiertas por vegetación	0,42	0,26
Zonas de cárcavas estabilizadas	0,62	0,38
Zonas sin procesos activos	133,52	81,91
Superficie total	163,00	100,00

El proceso geomórfico más extendido en el área de estudio son las zonas de deslizamientos, las cuales ocupan 13,83km², es decir, 8,49% de la superficie total del área en cuestión. La mayor zona de deslizamientos presente es la localizada hacia la vertiente izquierda, la cual abarca cerca de 11,44km² y cubre casi toda la superficie de las subcuencas El Barro, Mocotíes y La Victoria.

Una segunda gran zona de deslizamientos es aquella localizada en la ladera norte (vertiente izquierda) justo detrás de Santa Cruz de Mora, la cual ocupa gran parte de las cabeceras y partes medias de las subcuencas Romero, San José, Los Cedros y La Parada.

Esta zona no pudo ser cartografiada en el Mapa de Procesos Geomorfológicos debido a que se carecía de fotografías aéreas recientes posteriores al evento ocurrido en la cuenca del río Mocotíes en febrero de 2005, momento en el cual se produjeron en esta ladera, múltiples decenas de deslizamientos superficiales y profundos. Sin embargo, dicha afirmación puede ser corroborada en la fotografía que se muestra en la Figura 14. De allí la importancia de hacer mención a este hecho aun cuando no se haya podido expresar cartográficamente.





Fuente: Cortesía de la Alcaldía del Municipio Antonio Pinto Salinas.

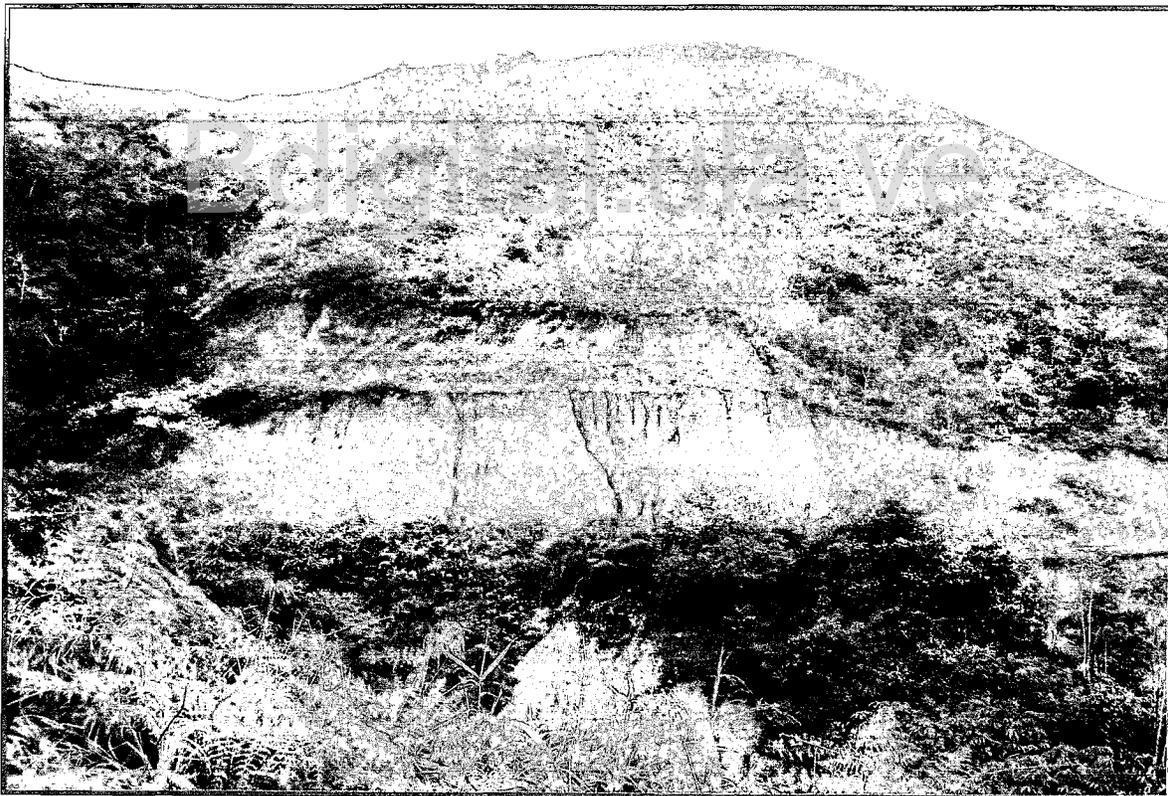
Figura 14. Zona de deslizamientos. Ladera norte de Santa Cruz de Mora.

Las cicatrices de deslizamientos inactivos o en otras palabras las coronas “inactivas”, vienen a ser un rasgo morfológico en superficie, en forma de “anfiteatro” y la evidencia fehaciente de la ocurrencia de deslizamientos en algún momento histórico. Este proceso ocupa la segunda mayor superficie en el área de estudio con $11,89\text{km}^2$, es decir, 7,30% del área total.

La mayor densidad de coronas de deslizamientos se encuentra hacia la vertiente derecha, cubriendo gran parte de la subcuenca El Guayabal, parte superior de la subcuenca San Isidro y en algunos sectores de las subcuencas La Azulita y Ovalles. Hacia la vertiente

izquierda la densidad de las coronas es muy baja; no obstante, es importante recalcar que hacia el noreste del área de estudio se puede apreciar una enorme corona que posee una longitud de casi 2,5km; evidencia clara de la ocurrencia en el pasado de un prominente deslizamiento en esta zona.

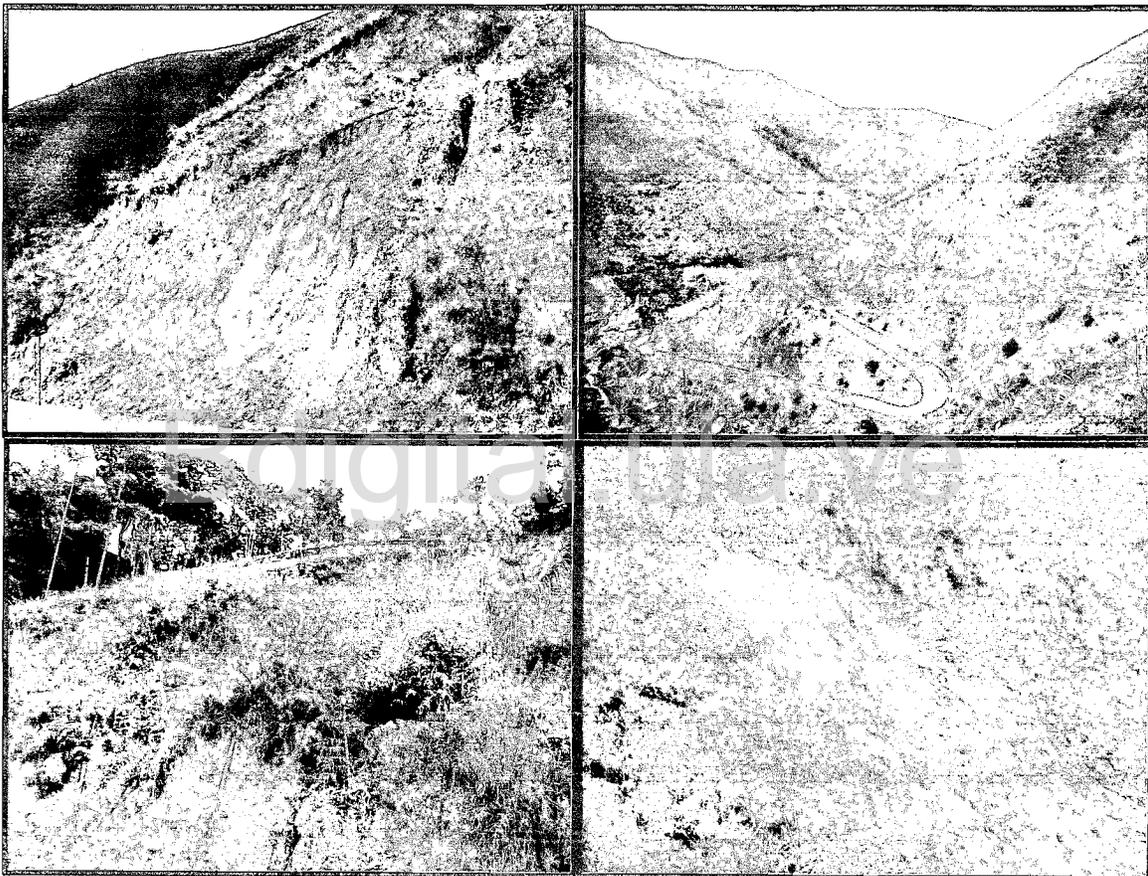
Por su parte, las cárcavas activas aparecen en una superficie ocupada de 1,79km², es decir, 1,10% del área total y las zonas de cárcavas estabilizadas apenas cubren 0,62km² (0,38%). Las primeras se distribuyen en más de 95% de la vertiente derecha, sobre todo en las subcuencas de El Guayabal y San Isidro (Figura 15), y en menor medida en las subcuencas La Azulita y Ovalles. Las segundas tienen una ubicación más puntual en las partes bajas de las subcuencas Mejías y La Azulita.



Fuente: Fotografía tomada por G. Páez (2008).

Figura 15. Cárcavas activas. Carretera de San Isidro parte alta.

En lo que respecta a los deslizamientos, estos cubren $0,51\text{km}^2$ (0,32%) del área total; sin embargo, ésta área pudiese ser hasta tres veces mayor, ya que durante las salidas de campo se contabilizaron muchos otros deslizamientos que, por efectos de la unidad mínima cartografiable, no se pudieron representar en el Mapa de Procesos Geomorfológicos. La mayor ocurrencia de estos procesos es hacia la vertiente derecha y hacia la ladera norte que se encuentra detrás de Santa Cruz de Mora (Figura 16).



Fuente: Fotografías tomadas por G. Páez (2008).

Figura 16. Algunos ejemplos de deslizamientos activos presentes en el área de estudio.

Las coronas cubiertas por vegetación sólo ocupan $0,42\text{km}^2$ (0,26%); no obstante, existe un número considerable de deslizamientos que ocurrieron en la ladera norte de Santa Cruz de Mora a raíz del evento de febrero de 2005, cuyas coronas en la actualidad se

encuentran cubiertas por vegetación, y por carencia de fotografías aéreas recientes, las mismas no pudieron ser cartografiadas (Figura 17).

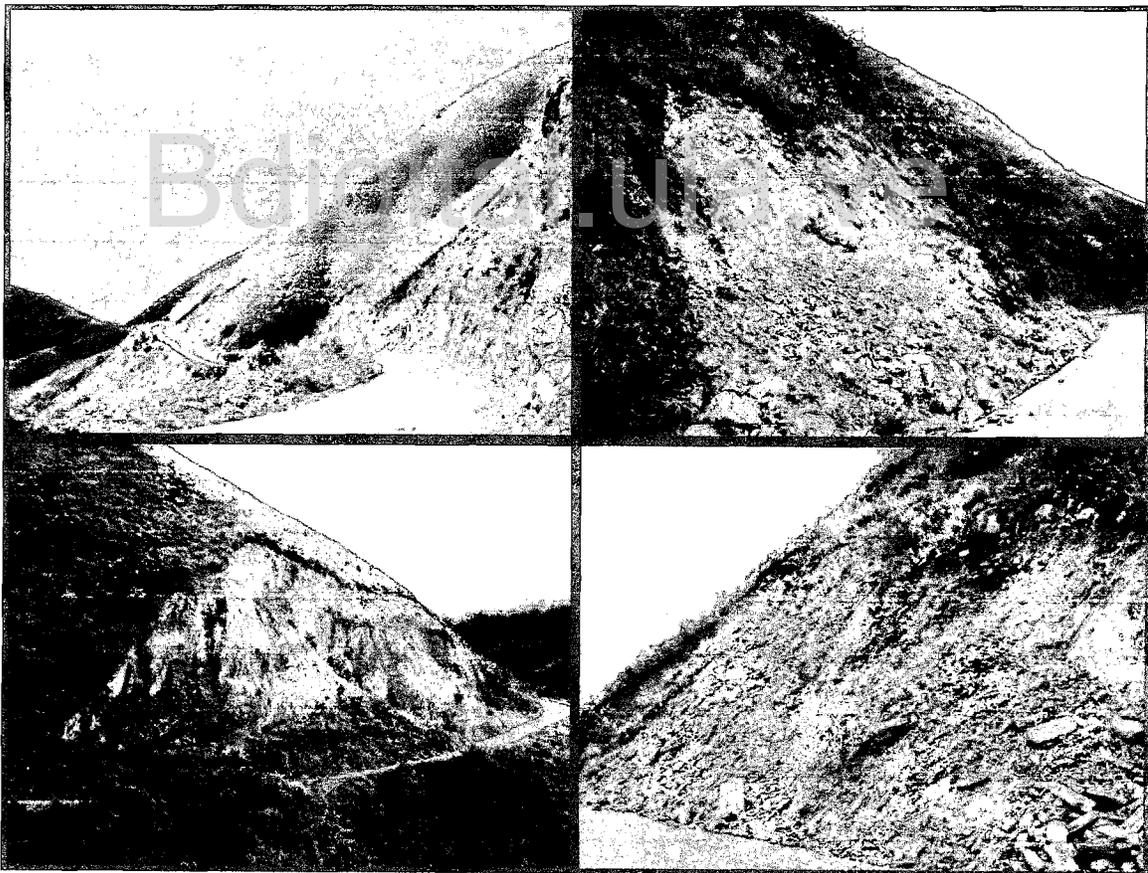


Fuente: Fotografías tomadas por Blandón *et al.* (2006) y G. Páez (2008), respectivamente.

Figura 17. Vista panorámica de la ladera norte de Santa Cruz de Mora (2005) donde se pueden apreciar gran cantidad de deslizamientos. En la imagen del año 2009 dichos deslizamientos ya se encuentran colonizados de vegetación.

Los microdeslizamientos abarcan $0,18\text{km}^2$, es decir, $0,11\%$ de la superficie total del área. La mayoría de estos fueron representados en el mapa como implantaciones puntuales debido a sus pequeñas dimensiones. Se distribuyen por lo general a lo largo de las carreteras que conducen a los centros poblados de El Portón, Los Ranchos, El Guayabal Alto y San Isidro Alto.

Finalmente, los derrumbes (Figura 18) ocupan $0,03\text{km}^2$ ($0,02\%$ del área), sin embargo, muchos de estos procesos no pudieron ser cartografiados, por un lado, debido a dificultades en la accesibilidad a los sitios de ubicación imposibilitó las mediciones en campo, y por otro, a la carencia de fotografías aéreas recientes del área. La mayor ocurrencia de estos procesos es hacia las partes altas de las subcuencas El Guayabal y San



Fuente: Fotografías tomadas por G. Páez (2008).

Figura 18. Algunos ejemplos de derrumbes activos presentes en el área de estudio.

Isidro, sobre todo a lo largo de la carretera de San Isidro Alto que conduce a los pueblos del sur.

4. Aspectos morfométricos de las subcuencas

En el Cuadro 15 se muestran los resultados del conjunto de parámetros morfométricos considerados en la investigación y, en el Mapa de Subcuencas Susceptibles a Crecidas (Figura 19), la distribución espacial de las mismas y su respectivo nivel de propensión a dichos eventos.

Cuadro 15. Aspectos morfométricos de las subcuencas.

Subcuenca	Área (km ²)	Rf	Forma	Pendiente de Cauce (%)	Pendiente de la Cuenca (%)	Densidad de Drenaje (km/km ²)	Densidad de Cauces (cauces/km ²)
El Guayabal	44,43	0,55	Ligeramente ensanchada	26,68	66,41	3,05	3,70
El Talacal	2,60	0,47	Ligeramente ensanchada	23,06	55,36	2,40	2,31
Mejías	107,94	0,42	Ni alargada ni ensanchada	11,73	66,37	2,19	2,58
El Barro	4,38	0,33	Ligeramente alargada	26,46	52,45	2,67	2,97
El Diamante	2,09	0,31	Ligeramente alargada	22,46	38,16	2,44	3,35
San Isidro	51,56	0,30	Alargada	13,73	66,45	2,11	1,69
La Parada	1,16	0,28	Alargada	22,00	51,83	2,88	3,45
La Azulita	11,01	0,27	Alargada	20,68	65,11	2,46	3,27
La Victoria	3,10	0,27	Alargada	30,70	53,58	2,32	2,58
Cuba Libre	0,80	0,27	Alargada	31,11	61,48	2,98	2,50
Romero	1,47	0,26	Alargada	27,41	61,01	3,57	8,16
Ovalles	11,95	0,26	Alargada	22,10	65,86	2,09	2,43
San José	0,56	0,25	Alargada	37,72	59,88	2,93	5,36
Qda. Mocotíes	2,67	0,21	Muy alargada	24,94	49,63	3,28	4,12
Los Algarrobos	0,92	0,20	Muy alargada	29,56	57,57	2,49	5,43
Los Cedros	2,35	0,19	Muy alargada	15,02	50,40	2,76	2,55

El Cuadro 15 pone en evidencia se observa que las subcuencas fueron ordenadas de mayor a menor según los resultados arrojados por la relación de forma de Horton. Ello debido a que este es un cociente que establece un símil entre el área de una cuenca rectangular (ideal) y el área de una cuenca real, el cual permite dilucidar la relación existente entre el ancho promedio de una cuenca y su longitud axial. La principal ventaja de este factor cuantitativo es la de permitir obtener una idea acerca de la posibilidad de ocurrencia de crecidas (Ayala, *et al.*, 2007).



Figura 19. Mapa de subcuencas susceptibles a crecidas.

Las subcuencas El Guayabal y El Tabacal son las que presentan los valores más elevados de relación de forma. Ello permitió clasificarlas como unidades que poseen una morfología ligeramente ensanchada y en consecuencia, desde el punto de vista de este primer parámetro morfométrico, son las más proclives a generar eventos de crecidas violentas.

La pendiente de cauce y de cuenca del subsistema hidrológico El Guayabal es de 26,68% y 66,41% respectivamente, mientras que en la subcuenca El Tabacal los valores correspondientes son 23,06% y 55,36%, respectivamente. Dichos valores, para ambas unidades, se pueden considerar elevados y, por tanto factor, desencadenante de crecidas, ya que favorecen que la escorrentía, tanto a nivel del cauce principal de las quebradas como de laderas, viaje a gran velocidad.

En lo que respecta a la densidad de drenaje y de cauces, la subcuenca El Guayabal cuenta con 3,05km/km² y 3,70cauces/km², lo cual es muy alto. Por lo tanto, al ocurrir precipitaciones torrenciales estas densidades favorecen las avenidas, ya que mientras mayor número de drenajes tributarios tenga el cauce principal de las quebradas, mayor será la propensión de las subcuencas a generar crecidas pico violentas.

En el caso de la subcuenca El Tabacal los valores son menores, es decir, presenta una densidad de drenaje de 2,40km/km² y una densidad de cauces de 2,31cauces/km², densidades que son consideradas altas y por consiguiente dan lugar a una alta propensión a generar crecidas.

La subcuenca Mejías es un sistema hidrológico conformado a su vez por tres subsistemas hidrológicos, es decir, las subcuencas El Guayabal, San Isidro y Ovalles. Es la unidad que posee la mayor superficie del área de estudio con 107,94km², equivalente a 66,22% del área total. Su morfología no es ni alargada ni ensanchada según su relación de forma (0,42), lo que indica que posee una susceptibilidad moderada a generar crecidas.

Desde el punto de vista de la pendiente de cauce y de la cuenca, los valores fueron de 11,73% y 66,37%, respectivamente. El primer valor de pendiente de cauce puede considerarse como moderado, pero el segundo es un valor de pendiente general bastante elevado, hecho que contribuye a que el flujo superficial escurra con gran velocidad en el momento de precipitaciones torrenciales.

Las densidades de drenaje de la subcuenca Mejías son de 2,19km/km² para la de drenaje y 2,58cauces/km² para la de cauce. Dichas densidades son altas y coadyuvan a la ocurrencia de avenidas en este sistema hidrológico.

En el caso de las subcuencas El Barro (Rf=0,33) y El Diamante (Rf=0,31) son unidades con una forma ligeramente alargada y se pueden calificar como áreas con una moderada a baja propensión a generar crecidas según su morfología.

En cuanto a la pendiente de cauce y de cuenca, El Barro posee 26,46% y 52,45%, respectivamente y El Diamante 22,46% en cauce y 38,16% en cuenca. Los valores para la primera subcuenca son más elevados que para la segunda, lo que indica que El Barro aun cuando desde el punto de vista de su forma, es moderadamente proclive a eventos de crecidas, al analizar las dos pendientes el nivel de propensión tiende a elevarse. En el caso de El Diamante el nivel de propensión a avenidas puede definirse como moderado.

Las densidades de drenaje para ambas subcuencas son altas, es decir, 2,67km/km² para El Barro y 2,44km/km² para El Diamante, mientras que en el caso de las densidades de cauce para El Barro (2,97cauces/km²) son altas y para El Diamante (3,35cauces/ km²) muy altas. Estas densidades elevadas contribuyen a desencadenamiento de picos de crecidas en estas unidades.

Las subcuencas San Isidro, La Parada, La Azulita, La Victoria, Cuba Libre, Romero, Ovalles y San José, exhiben una forma alargada, ya que para todas el valor de su relación de forma fluctúa entre 0,30 y 0,25. Por su morfología todos estos subsistemas hidrológicos se pueden calificar como poco propensos o con una baja propensión a generar eventos de avenidas violentas. No obstante, al analizar sus respectivas pendientes de cauce y de cuenca se puede decir que su nivel de propensión tiende a elevarse a moderado e incluso alto, ya que las pendientes de cauce fluctúan entre valores de 13% y 37%, mientras que las de cuenca, los valores son los más elevados del área de estudio y oscilan entre 51% y 66,5%.

Las densidades de drenaje de todas estas subcuencas son altas (oscilan entre 2 y 3 km/km^2) a excepción de la subcuenca Romero que exhibe una densidad muy alta con 3,57 km/km^2 . En cuanto a la densidad de cauces las subcuencas Romero (8,16cauces/ km^2), San José (5,36cauces/ km^2), La Parada (3,45cauces/ km^2) y La Azulita (3,27cauces/ km^2), poseen valores muy elevados, sobre todo los subsistemas hidrológicos de Romero y San José, siendo estos los más altos del área de estudio.

Tanto Romero como San José son unidades que, por su alta densidad de drenaje y sobre todo por su elevada densidad de cauces, tienen una muy alta propensión a generar crecidas pico violentas, ya que los valores reflejan que son subcuencas muy bien drenadas y que pueden ocasionar una “buena” respuesta hidrológica a la hora de precipitaciones torrenciales.

Finalmente, se tienen las subcuencas Mocotíes ($R_f= 0,21$), Los Algarrobos ($R_f= 0,20$) y Los Cedros (0,19), las cuales tienen una morfología muy alargada y por ende una “teórica” muy baja propensión a desencadenar avenidas torrenciales de gran magnitud.

Sus valores de pendiente de cauce oscilan entre 15% y 25%, mientras la pendiente de cuenca fluctúa entre 49% y 58%. Estos valores son altos por lo que desde el punto de vista de la pendiente estas subcuencas son moderadamente proclives a eventos de crecidas violentos.

Las densidades de drenaje de las subcuencas Los Algarrobos ($2,49\text{km}/\text{km}^2$) y Los Cedros ($2,76\text{km}/\text{km}^2$) se pueden clasificar como altas, y la de la subcuenca Mocotíes ($3,28\text{km}/\text{km}^2$) muy alta. En el caso de las densidades de cauce para los Cedros es alta con $2,55\text{cauces}/\text{km}^2$, y para las unidades de Los Algarrobos ($5,43\text{cauces}/\text{km}^2$) y Mocotíes ($4,12\text{cauces}/\text{km}^2$) son muy altas.

5. Áreas de desborde de los drenajes principales

En el Mapa de Áreas de Desborde (Figura 20) se visualizan los sitios que fueron impactados directa e indirectamente por las crecidas extraordinarias que experimentaron las distintas quebradas presentes en el área de estudio, así como también aquellas zonas que fueron impactadas por el desborde del río Mocotíes.

Es importante mencionar que las áreas de desborde antes mencionadas fueron plasmadas en un ortofotomapa a escala 1:5.000, el cual abarca sólo la poligonal urbana de Santa Cruz de Mora y el fondo de valle de la cuenca media – inferior del río Mocotíes. En este sentido, no todas las quebradas corresponden a dicha poligonal, y para poder ilustrar las zonas afectadas por las crecidas se utilizaron fotografías tomadas en helicóptero y terrestres. La descripción de lo acontecido en cada quebrada se realizó siguiendo la orientación del ortofotomapa, es decir, en sentido suroeste – noreste y por vertiente.

5.1. Vertiente izquierda

Por la vertiente izquierda se tiene como primer drenaje a la quebrada El Tabacal la cual colmató de sedimentos gran parte de su cauce. Este drenaje al interceptarse con el

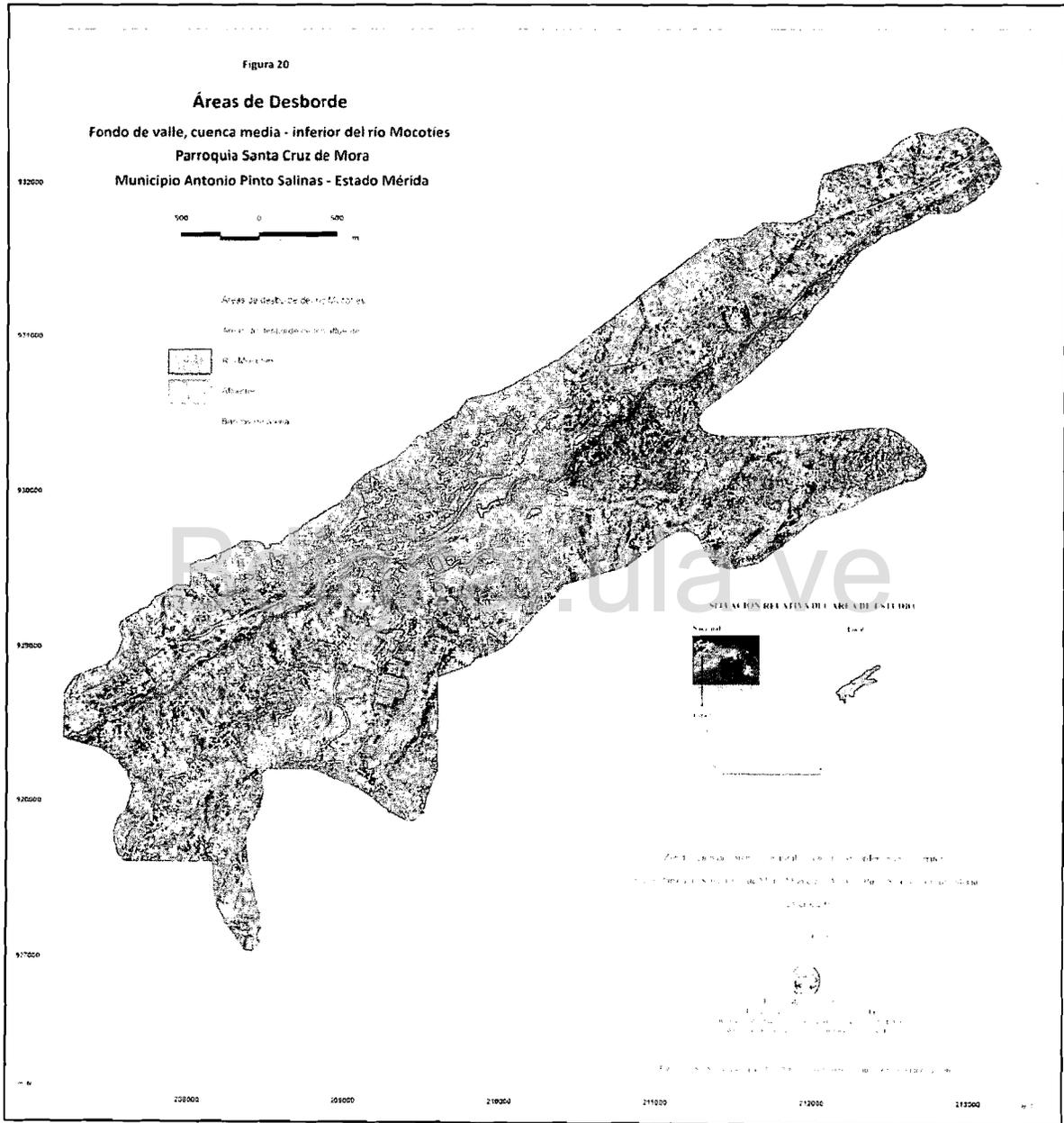


Figura 20. Mapa de áreas de desborde.

puede que lo cruza (carretera Tovar – Santa Cruz de Mora), lo saturó de material sólido viscoso, troncos de árboles y rocas, ocasionando el desborde de la quebrada con la gran carga de sedimentos en disolución, suspensión y tracción de fondo, que ella transportaba impactando por los flancos más cercanos las viviendas localizadas en ambas riveras del drenaje. Además de lo anterior, la quebrada El Tabacal formó un gran abanico de detritos que, aparte de adosarse al río Mocotíes hacia su vertiente derecha, sepultó a una vivienda que se encontraba bajo nivel de la misma en la margen izquierda (Figura 21).



Fuente: Fotografías tomadas por el vuelo en helicóptero ULA-INTI-Ejército (2005) y G. Páez (2008), respectivamente.

Figura 21. Vista en helicóptero (2005) donde se observa el prominente abanico de detritos que formó la quebrada El Tabacal. En la imagen del 2008 el cauce del mismo drenaje colmatado de sedimentos.

Siguiendo la secuencia aparece la quebrada Los Algarrobos, que antes del evento del 2005, fluía por una batea sobre la carretera Tovar - Santa Cruz de Mora. Como consecuencia, del mismo, ésta aportó gran volumen de material viscoso, de rocas y árboles que generó una enorme acumulación de sedimentos en la sección de la carretera correspondiente a la batea.

Al igual que la quebrada El Tabacal, Los Algarrobos formó también un prominente abanico de detritos que cubrió parte de la carretera y se extendió hacia el cauce del río Mocotíes, adosando éste último a su vertiente derecha.

Por su parte, la quebrada Cuba Libre, drenaje ubicado a tan sólo 140m de la Urbanización Romero, aportó menos volumen de sedimentos que las dos anteriores. Sin embargo, también sepultó parte de la carretera (batea) y a dos gandolas que se encontraban en ese sitio (Figura 22); asimismo, originó un abanico de detritos que también adoso al río Mocotíes, a su vertiente derecha. Este último hecho coadyuvó en gran medida a que el río no impactara desde el extremo suroeste a la Urbanización Romero, que cuenta en la actualidad con más de 90 viviendas y más de 400 habitantes.

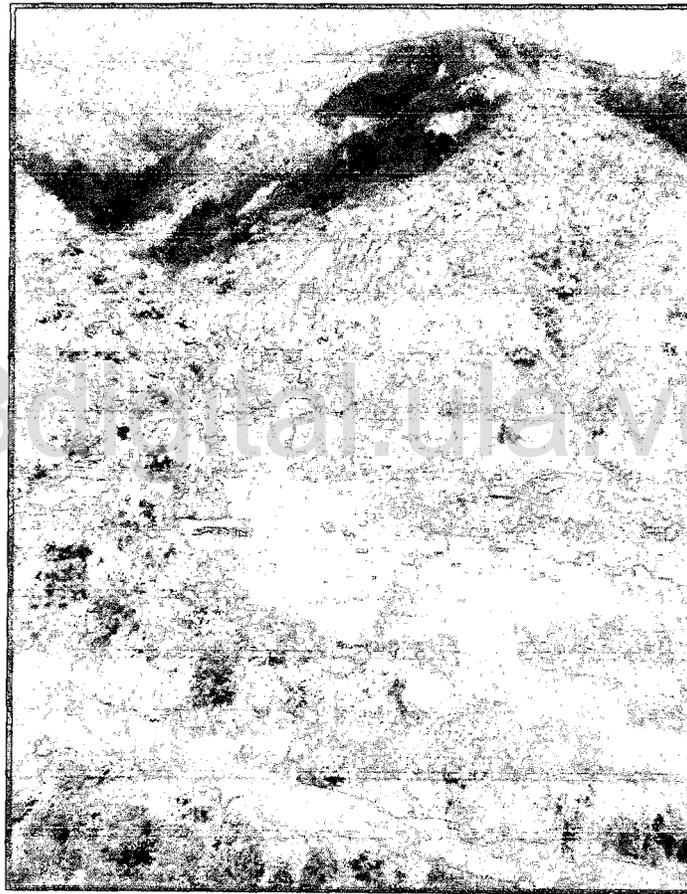


Fuente: Cortesía de la Alcaldía del Municipio Antonio Pinto Salinas.

Figura 22. Gandolas sepultadas casi completamente por la gran cantidad de sedimentos que depositó la quebrada Cuba Libre sobre la carretera Tovar- Santa Cruz de Mora.

A 1,2km aproximadamente del drenaje anterior (quebrada Cuba Libre) se encuentra la quebrada Romero, drenaje que por la profundidad de su cauce, no se desbordó en el

sector El Mamón. Esta quebrada en el fondo de valle dio lugar a la formación de un abanico de detritos que obstaculizó el paso por casi dos días hacia la ciudad de Tovar, al igual que las quebradas anteriores (Figura 23). Además afectó unos 200m de la avenida perimetral Antonio Pinto Salinas y, en conjunto, con el río Mocotíes colmató de sedimentos más de 10.000m² de potreros y siembras localizadas a ambas márgenes de la avenida perimetral, y socavó algunos terrenos de la parte posterior de varias viviendas.



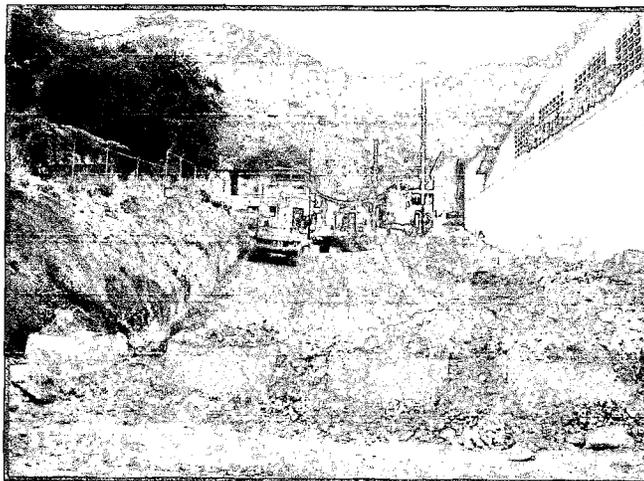
Fuente: Cortesía de la Alcaldía del Municipio Antonio Pinto Salinas.

Figura 23. Vista panorámica del sector El Mamón (al centro y derecha) y de la subcuenca de la quebrada Romero (izquierda).

Hacia la parte alta del Sector El Mamón se activaron dos pequeños torrentes que afectaron con sedimentos y rocas 6 calles del mencionado sector. Adicionalmente, varias casas fueron inundadas por el agua y sedimentos, con el agravante de que una escuela y varias viviendas quedaron sepultadas bajo una gruesa capa de sedimentos, pereciendo 5 personas.

Más abajo a tan sólo 450m del drenaje anterior (quebrada Romero) se encuentra la quebrada San José, la cual está embaulada hasta un sector conocido como La Bomba, donde existe una batea de grandes dimensiones por la que dicho drenaje fluye hacia el río Mocotíes, a través de un ducto de más de 3,5m de alto ubicado por debajo de la avenida perimetral.

La quebrada San José en el sector La Bomba, acumuló más de 3m en promedio de sedimentos (Figura 24) formando un enorme abanico de detritos que se extendió más allá de la avenida perimetral y afectó un galpón de fertilizantes llamado “Agropecuaria Las Canales” y varias viviendas ubicadas cerca de la mencionada avenida.



Fuente: Fotografía tomada por G. Páez (2008).

Figura 24. Maquinarias realizando obras de limpieza por la gran cantidad de sedimentos que arrastró hasta este sitio la quebrada San José.

Continuando con la secuencia se encuentra la quebrada Los Cedros, drenaje que fluye por el sector Carmania y se une al río Mocotíes en un sitio muy cercano al puente que conduce hacia el Sector Puerto Rico.

Esta quebrada, a 212m aguas arriba de su confluencia con el río Mocotíes, muestra un fuerte ángulo de desplazamiento producto de la actividad rumbo deslizante de la traza norte de la Zona de Fallas de Boconó. Hacia la margen derecha de la quebrada Los Cedros y justo en el sentido del desplazamiento antes mencionado, se emplaza el sector de Carmania parte baja, asentamiento humano que fue fuertemente impactado por dicha quebrada (Figura 25).

Hacia su margen izquierda, Los Cedros se desbordó y afectó a un edificio de 4 pisos de altura y a varios locales comerciales ubicados en los alrededores. Este drenaje tuvo la particularidad que justo donde se encuentra el sector Carmania parte baja, se bifurcó y afectó por ambos flancos al mismo y a parte de la avenida Bolívar, acumulando en parte de la arteria vial, más de 2m de sedimentos que permitían literalmente caminar sobre los techos de algunas casas.

Es pertinente mencionar que la quebrada Los Cedros se represó en un pequeño puente ubicado en la avenida Bolívar por donde ésta fluye, debido al enorme volumen de sedimentos y troncos de árboles que arrastró hasta este sitio y también como consecuencia del poco diámetro del ducto del puente. Ello ocasionó que se formara en dicho puente, un muro natural de contención a partir de árboles y sedimentos (Figura 26).



Fuente: Fotografía aérea INPRADEM (1996).

Figura 25. Fotografía aérea donde se observa el control estructural que ejerce la falla (inferida) sobre la quebrada Los Cedros. Nótese la alta vulnerabilidad localizada en la margen derecha de la misma y su trayectoria en eventos de crecida.



Fuente: Cortesía de la Alcaldía del Municipio Antonio Pinto Salinas.

Figura 26. Flujo de detritos y represamiento de la quebrada Los Cedros sobre la Avenida Bolívar de Santa Cruz de Mora.

Continúa La quebrada La Parada ubicada a unos 160m de la salida de Santa Cruz de Mora. Este drenaje fluye de forma muy encajonada a lo largo de su cauce, que se vio colmatado

de un gran volumen de sedimentos durante el evento. En este caso sucedió algo similar al de la quebrada El Tabacal, es decir, La Parada se intercepta con un puente de la carretera que conduce a la ciudad de Mérida y en este sitio la cantidad de material transportado saturó la abertura del puente y desbordó la quebrada afectando la carretera misma y varias casas localizadas en las márgenes de la quebrada.

A unos 900m del anterior drenaje se encuentra la quebrada El Diamante que al igual que La Parada, fluye por un valle intramontano muy encajonado. Ésta, a su salida hacia el fondo de valle obstruyó la carretera con sedimentos y rocas de gran tamaño, formando además un gran abanico de detritos. En este caso se vio afectada una sola vivienda y una bloquera que formaba parte de la misma (Figura 27).



Fuente: Fotografía tomada por el vuelo en helicóptero ULA-INTI-Ejército (2005).

Figura 27. Abanico de detritos originado por la quebrada El.Diamante.

En orden le sigue la quebrada El Barro, que al igual que los dos drenajes anteriores, escurre a lo largo de un valle intramontano muy encajonado. Esta quebrada a 240m aguas arriba de la carretera se salió de su cauce, se desbordó, impactó e inundó a más de 20 viviendas, varios locales comerciales, derribó una pared de 15m de largo y obstruyó la carretera. En este caso en particular, lodo o barro bastante denso afectó tanto las viviendas como las calles y la carretera principal (Figura 28).



Fuente: Fotografía tomada por el vuelo en helicóptero ULA-INTI-Ejército (2005).

Figura 28. Vista aérea del sector quebrada El Barro. Nótese el flujo de lodo que afectó a dicho sector por el desborde de la quebrada El Barro.

Por su parte, la quebrada Mocotíes se desbordó unos metros aguas arriba del puente y de la carretera que conduce hacia la ciudad de Mérida. Esta zona no se encuentra poblada, ya

que son extensas áreas dedicadas a la cría de ganado vacuno. Sin embargo, al lado de la carretera y cerca de la desembocadura de la quebrada en el río Mocotíes, se localiza una finca que lleva por nombre Hacienda Mocotíes, la cual no sufrió daños considerables por el desborde del drenaje.

Por último, la quebrada La Victoria se desbordó y afectó a la carretera vieja de La Palmita, vía que conduce hacia la ciudad de El Vigía, y también a una vialidad agrícola que se encontraba en construcción en su margen derecha. Aguas abajo de este sitio, la misma fluyó encajonadamente por su cauce hasta originar un abanico de detritos en el fondo de valle donde confluye con el río Mocotíes (Figura 29).



Fuente: Fotografía tomada por el vuelo en helicóptero ULA-INTI-Ejército (2005).

Figura 29. Vista aérea de los terrenos de la Hacienda La Victoria. Nótese el abanico de detritos formado por la quebrada La Victoria.

5.2. Vertiente derecha

Por la vertiente derecha se encuentra la quebrada El Guayabal, drenaje que se desbordó casi por todo su cauce a partir de la cota 1.100 hasta su confluencia en la cota 655 con la quebrada San Isidro para formar aguas abajo, a partir de allí, la quebrada Mejías. Ello como consecuencia de lo estrecho del fondo de valle, ya que en promedio posee un ancho de unos 90m aproximadamente, con el agravante que en éste (fondo de valle) habitan más de 600 personas (Figuras 30 y 31). Al ser el fondo de valle angosto y de poco desarrollo (estrecho y poco ancho), los sedimentos longitudinales localizados a ambos lados de la quebrada también son poco desarrollados (de escaso espesor y extensión), ya que dominan los procesos erosivos. Esto además favoreció los procesos de desborde y socavación basal en taludes de carretera y de vertientes.



Fuente: Fotografía tomada por G. Páez (2005).

Figura 30. Vista panorámica del fondo de valle de la quebrada El Guayabal. Nótese la población localizada en las márgenes del drenaje.



Fuente: Fotografía tomada por G. Páez (2005).

Figura 31. Viviendas impactadas por el desborde de la quebrada El Guayabal.

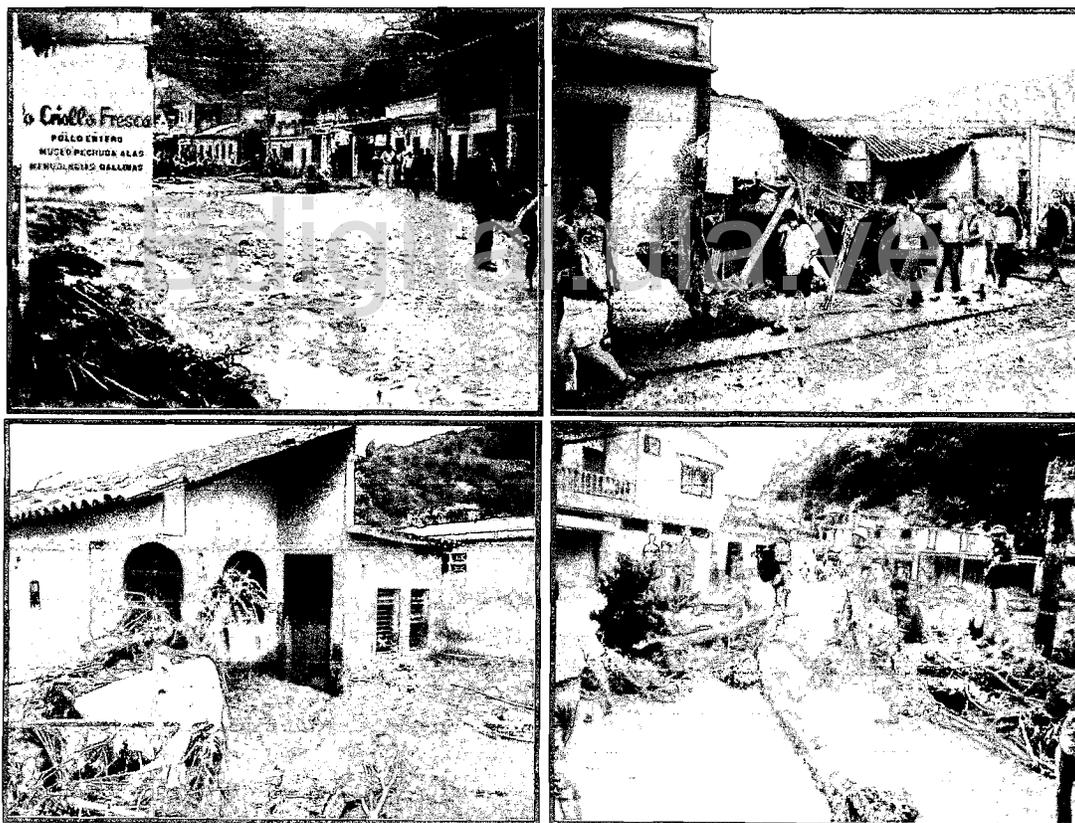
En el caso de las quebradas San Isidro, Ovalles y La Azulita no se logró en campo obtener información suficiente debido a la poca accesibilidad a sus cauces. Sin embargo, puede decirse que estas quebradas, por lo estrecho de sus fondos de valle, se comportaron de forma muy similar que la quebrada El Guayabal, desbordándose en gran parte hacia sus márgenes, con la diferencia, en este caso, que visualmente es notorio la menor densidad de población asentada en sus riveras.

Finalmente, está la quebrada Mejías, la cual se forma por la unión de los drenajes de El Guayabal, San Isidro y Ovalles. Esta quebrada atraviesa por un costado al sector Puerto Rico y la misma, el día del evento de 2005, se represó a la altura de un puente ubicado al sur de dicho sector (Figura 32) el cual conduce hacia las aldeas de Santa Marta y La Macana. El represamiento fue consecuencia de un gran árbol que obstruyó el paso de la quebrada por debajo del puente, ello hizo que se acumularan sedimentos y rocas en el sitio y que el drenaje se represara. Al cabo de cierto tiempo la quebrada reventó la represa natural y se desbordó hacia el sector Puerto Rico arremetiendo directamente sobre dos viviendas (destrucción total) e inundando más del 50% de dicho sector (Figura 33).



Fuente: Cortesía de la Alcaldía del Municipio Antonio Pinto Salinas.

Figura 32. Puente sobre la quebrada Mejías ubicado al sur del sector Puerto Rico. En este lugar dicha quebrada se represó y se desbordó inundando al mencionado sector.



Fuente: Cortesía de la Alcaldía del Municipio Antonio Pinto Salinas.

Figura 33. Algunas de las áreas inundadas del sector Puerto Rico como consecuencia del desborde de la quebrada Mejías.

5.3. Río Mocotíes

El río Mocotíes el día del evento de febrero de 2005 en su recorrido por el fondo de valle correspondiente al área de estudio, sostuvo una continua “batalla” con los afluentes transversales provenientes de la vertiente izquierda. Ello ocasionó que éste en los sitios de encuentro con los drenajes tributarios se viera obligado a adosarse hacia su vertiente derecha y, además, a realizar una curvatura muy pronunciada.

El río, en el trayecto entre las quebradas El Tabacal y Los Algarrobos, debido a la baja pendiente en ese tramo, y a lo relativamente ancho del fondo de valle, se explayó más de 100m hacia su margen izquierda, inundando extensas zonas de potreros e incluso partes posteriores de algunas casas ubicadas en el sector El Tabacal (Figura 34).



Fuente: Cortesía de la Alcaldía del Municipio Antonio Pinto Salinas.

Figura 34. Áreas del sector El Tabacal afectadas por el desborde del río Mocotíes.

En líneas anteriores se comentó que la quebrada Cuba Libre en su confluencia con el río Mocotíes formó un abanico de detritos que empujó literalmente a este último hacia su vertiente derecha y ello fue lo que no permitió que el mismo impactara completamente por el flanco suroeste a la Urbanización Romero, hecho que hubiese ocasionando más daños y posiblemente pérdidas humanas en el lugar. Sin embargo, a tan sólo 250m aproximadamente aguas abajo de dicha confluencia, el río se desvió hacia la urbanización

e impactó contra un 25% de las viviendas de la misma (Figura 35). Esto se explica debido a que en este sitio el valle es más estrecho, el desnivel del urbanismo con respecto al río es de tan sólo aproximadamente 1m y la última calle de éste se encontraba a apenas 40m de distancia del cauce.



Fuente: Fotografía tomada por el vuelo en helicóptero ULA-INTI-Ejército (2005).

Figura 35. Panorámica de la Urbanización Romero desde la vertiente derecha. Nótese lo estrecho del fondo de valle en esta sección y la poca distancia a la cual el urbanismo se encuentra con respecto al río Mocotíes.

A partir de allí nuevamente el río se explayó e inundó otros terrenos de potreros e incluso más adelante anegó por completo la infraestructura del Club Libertador de Santa Cruz de Mora (Figura 36). Posteriormente, se encontró con la quebrada Romero y fue adosado por esta, hacia su vertiente derecha para originar una curva pronunciada y de allí inundar parte de la avenida Antonio Pinto Salinas en conjunto con las aguas desbordadas de la quebrada Romero.



Fuente: Cortesía de la Alcaldía del Municipio Antonio Pinto Salinas.

Figura 36. Instalaciones del Club Libertador afectadas por el desborde del río Mocotíes.

Unos metros aguas abajo el río se encuentra con la quebrada San José donde, en este caso, por ser el valle más ancho a partir de esta sección, el abanico de detritos formado por dicha quebrada no adoso significativamente al río Mocotíes a la vertiente derecha.

A pocos metros del sitio anterior el exiguo desnivel entre la avenida perimetral y el río, además de la energía, volumen de agua y sedimentos que el río Mocotíes transportaba, coadyuvaron a que éste último se desbordara por toda la avenida desde el galpón de “Agropecuaria Las Canales”, penetrando hacia el sector El Arenal donde se ubica el edificio de la PACCA (Productores Asociados del Café C.A.) hasta el semáforo ubicado en la

intercepción de la avenida con la calle Bolívar y el puente que conduce al sector Puerto Rico (Figura 37).



Fuente: Cortesía de la Alcaldía del Municipio Antonio Pinto Salinas.

Figura 37. Desborde del río Mocotíes desde la PACCA (al fondo) hasta las inmediaciones del puente que conduce hacia el sector Puerto Rico (foto superior). La imagen inferior permite visualizar el ancho alcanzado por las aguas desbordadas del río Mocotíes aguas arriba del mencionado puente.

Antes de llegar al puente que conduce al sector Puerto Rico, existía, hacia la margen derecha del río Mocotíes, una comunidad que llevaba por nombre El Aserradero, lugar donde se emplazaban unas 26 viviendas y un aserradero (de allí su nombre). Este sector estaba a tan sólo 15m de la margen derecha del río, por lo que el día de la crecida el mismo impactó con total violencia y directamente contra todas las viviendas. Ello dejó como consecuencia que no quedara literalmente una casa en pie y el fallecimiento de una persona adulta y dos niños (Figura 38).



Fuente: Cortesía de la Alcaldía del Municipio Antonio Pinto Salinas.

Figura 38. Vista de las ruinas y de las pocas paredes de las viviendas del desaparecido sector El Aserradero que lograron quedar erguidas después del impacto directo de las aguas del río Mocotíes.

Posteriormente el río trató de confinarse a la abertura del puente; sin embargo, por el volumen de agua y carga de sedimentos y árboles, el drenaje moderadamente pasó por encima del puente quedando algunas evidencias en las barandas, de lodo y vegetación.

Después del puente, el río se bifurcó; por una parte se desvió hacia el sector Puerto Rico, impactó contra un taller mecánico, el local de Defensa Civil y un pequeño puente de paso peatonal, y por otra parte, continuó su recorrido aguas abajo para nuevamente desbordarse hacia la avenida perimetral (Figura 39) e impactar contra el terminal de pasajeros, el mercado municipal y un puente de paso vehicular que conducía a la Urbanización Santa María e incluso inundó el local de la tasca Tijuana.



Fuente: Cortesía de la Alcaldía del Municipio Antonio Pinto Salinas.

Figura 39. Desborde del río Mocotíes aguas abajo del puente que conduce hacia el sector Puerto Rico.

De esta manera el río se encargó de inundar al sector Puerto Rico por su flanco norte hacia su calle principal, el antiguo terminal y el grupo escolar “Carlos Zerpa” mientras que por su flanco sur lo hacía la quebrada Mejías.

Después de impactar al terminal y el mercado municipal (Figura 40), el río atentó contra el Polideportivo “Simón Bolívar”, destruyendo casi por completo los campos de fútbol y béisbol del complejo deportivo. Aguas abajo ya alcanzaba más de 120m de ancho y cubría prácticamente su cauce y toda la avenida perimetral, afectando la calzada de la misma y dejando todo desolado a su paso.



Fuente: Cortesía de la Alcaldía del Municipio Antonio Pinto Salinas.

Figura 40. Vista al fondo de la infraestructura del terminal de pasajeros y el mercado municipal afectados por el desborde del río Mocotíes.

Más abajo en su recorrido, debido a la baja pendiente en algunas secciones del cauce, el río se explayó e inundó bastas áreas de potreros y partes posteriores de viviendas localizadas hacia la margen izquierda del mismo.

Bdigital.ula.ve

CAPÍTULO VI



Fuente: Vuelo en helicóptero realizado por el ejército, febrero 2005.

Vista panorámica de las áreas de desborde ocasionadas por la crecida del río Mocotíes

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

C.C.Reconocimiento

***DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

En función de los resultados obtenidos en la investigación, en el presente capítulo se pretende establecer una discusión integral de los resultados obtenidos en términos del conjunto de interrelaciones existentes dentro de la zonificación de las amenazas naturales consideradas (movimientos de masa y crecidas) que permitieron definir zonas susceptibles a movimientos de masa y subcuencas propensas a crecidas, y de cómo dichas zonificaciones condicionan los usos, localizaciones y medidas a ser tomadas en cuenta en el proceso de ordenación del territorio de la parroquia Santa Cruz de Mora.

1. Zonificación de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa

1.1. Niveles de susceptibilidad

Para el área de estudio, el análisis de los factores pendiente, geología y procesos geomorfológicos constituyen la base metodológica para la valoración de los niveles de susceptibilidad, que reflejan las respuestas que presentan o manifiestan las zonas que conforman el área en cuestión y los grados de propensión de las mismas, a la ocurrencia de movimientos de masa (Figura 41). Con base a lo anterior se definieron 5 niveles de susceptibilidad los cuales se abordan a continuación.

❖ *Muy baja susceptibilidad*

Este primer nivel de susceptibilidad ocupa una extensión de 24,3km² que equivale a 14,9% del área total de estudio. Se distribuye ampliamente por todo el fondo de valle del río Mocotés y de la quebrada Mejías. Asimismo, se encuentra en los cauces principales de las quebradas El Guayabal, San Isidro, Ovalles y La Azulita, y en pequeñas áreas muy localizadas en los interfluvios de las subcuencas y las cimas de algunas colinas y filas.

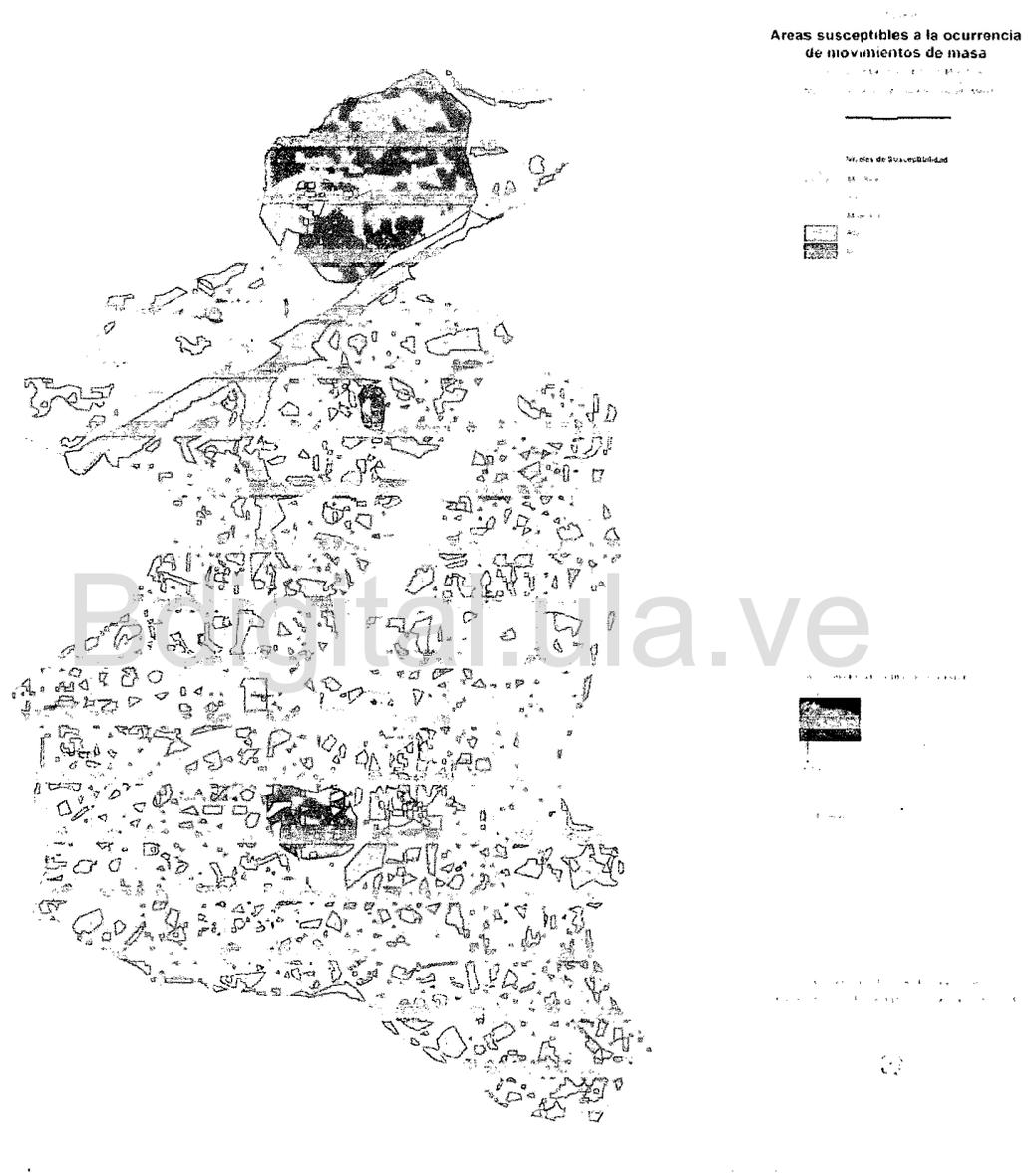


Figura 41. Mapa de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa.

Comprende aquellas zonas que no presentan problemas evidentes relacionados con procesos geomorfológicos o en cuyo caso son de orden menor, debido a la poca incidencia de amenazas naturales y ausencia de movimientos de masa.

En este caso las áreas se corresponden con la mayoría de los terrenos ocupados por depósitos del período Cuaternario, asociados principalmente a morfologías de abanicos – terraza. Dichos depósitos se localizan en el fondo de valle del río Mocotíes y en los de algunos afluentes del mismo, anteriormente mencionados.

Estas zonas se consideran de muy baja susceptibilidad a ocurrencia de movimientos de masa debido a que presentan en su mayoría una pendiente del terreno que no supera en promedio los 10° , ausencia de accidentes topográficos significativos, poca ocurrencia de procesos geomorfológicos debido al relieve bastante uniforme y a la relativa estabilidad geomecánica de los macizos rocosos en estas zonas. Asimismo, Dugarte (2002), afirma que los depósitos cuaternarios muestran una tendencia hacia un buen comportamiento hídrico superficial, así como una buena capacidad de carga y una aceptable resistencia al corte, sobre todo en los abanicos – terraza más antiguos, es decir, los del Pleistoceno (Qaa1 y Qaa2); observación ésta que refuerza la muy baja susceptibilidad de estos terrenos.

Es pertinente acotar que estas zonas con muy baja susceptibilidad no son áreas que puedan ser totalmente intervenidas sin ningún tipo de medida de mitigación o prevención ante la ocurrencia de algún proceso geomórfico (surcos, cárcavas, socavación basal, entre otros).

❖ *Baja susceptibilidad*

Este nivel de susceptibilidad se extiende por $27,1\text{km}^2$, es decir, 16,6% del área total. Se localiza a lo largo de los cauces de algunas quebradas afluentes de los drenajes principales

de la vertiente derecha. Hacia la vertiente izquierda este nivel ocupa mayores extensiones de forma continua.

Estas pequeñas zonas de baja susceptibilidad se caracterizan por presentar una pendiente que fluctúa entre 10° y 25° , y por corresponder con afloramientos de la Asociación Sierra Nevada, Tostós y Mucuchachí, así como con sitios donde emergen las Formaciones Capacho y La Luna. En cuanto a los procesos geomorfológicos presentes en este nivel sólo se tiene la presencia de algunas cicatrices de deslizamientos (coronas).

La dominancia de rangos de pendiente de baja a moderada inclinación, la poca superficie continua y la heterogeneidad de unidades litológicas donde se distribuyen estas zonas (hecho que refleja un amplio abanico de calidad y resistencia de las rocas), así como la orientación y disposición de los planos, y la poca evidencia de procesos geomorfológicos en vertiente, se conjugan para que estas zonas sean calificadas de baja susceptibilidad.

Sin embargo, la existencia de coronas de deslizamiento relativamente “inactivas” dan cuenta que estas zona, a pesar de presentar una baja susceptibilidad a movimientos de masa, exhiben características que de una u otra manera sugieren áreas latentes proclives a generar este tipo de procesos geomorfológicos (deslizamientos) entre otros, razón por la cual esta condición no se debe descartar al momento de dictar lineamientos para su ocupación e intervención y de definir algunas medidas pertinentes de mitigación y prevención de amenazas geomorfológicas.

❖ *Moderada susceptibilidad*

Corresponde al nivel de susceptibilidad que ocupa la mayor superficie en el área de estudio con $85,2\text{km}^2$ que representan $52,3\%$ del área total de la misma. Se extiende y domina más del 70% de la superficie total de la vertiente derecha, mientras que hacia la vertiente izquierda las áreas ocupadas por ésta son menores.

Las zonas clasificadas bajo este nivel de susceptibilidad muestran pendientes que oscilan entre 26° y 45°, ubicándose en los sitios donde afloran las Asociaciones Sierra Nevada, Tostós y Mucuchachí.

Es preciso mencionar que el alto grado de fracturamiento de la Asociación Sierra Nevada la hace proclive a ser afectada por deslizamientos y derrumbes. La disposición de las diaclasas tienden a ocasionar, por efecto de cuña, la caída y desplazamiento de grandes bloques y el desarrollo de espesos perfiles de meteorización. Asimismo, como gran área geológica problemática se puede precisar la franja que se extiende al noroeste de Santa Cruz de Mora, ya que al formarse profundos perfiles de meteorización en estas áreas favorece la ocurrencia de extensos y profundos movimientos de masa, ya sean éstos generados por detonantes sísmicos o precipitaciones torrenciales.

La Asociación Sierra Nevada se encuentran altamente fracturada y tectonizada como consecuencia de la actividad tectónica del área, principalmente los afloramientos de la vertiente izquierda. Esto como consecuencia de la influencia de la traza norte de la Zona de Fallas de Boconó y de otras fallas menores, y de la baja calidad del material, que contribuye a que sea fácilmente erodable, transportado y sirva de aporte fundamental a las acumulaciones cuaternarias del fondo de valle.

La Asociación Tostós por su parte también se presenta muy deformada debido a la influencia de un intenso fallamiento; ello se traduce en laderas altamente inestables. La pobre calidad geotécnica de las rocas correspondientes a esta Asociación se evidencia al noreste del centro poblado de Santa Cruz de Mora, donde una profunda tectonización y condiciones climáticas favorables (altas precipitaciones), contribuyen a una inestabilidad generalizada en todas estas laderas.

En contraste con las rocas de la Asociación Sierra Nevada y Tostós, la Asociación Mucuchachí presenta un pobre desarrollo de perfiles de meteorización; una excepción a ello corresponde los sectores superiores de las subcuencas El Guayabal y San Isidro, especialmente al sur de la falla La Ranchería. Una explicación a esta respuesta de las rocas que forman la Asociación Mucuchachí, se encuentra en el profundo diaclasamiento y la orientación de los planos que contribuyen a que estas áreas presenten un cuadro de alta inestabilidad y por ende, una moderada a alta susceptibilidad a generar movimientos de masa.

Los procesos geomórficos presentes en estas zonas son los deslizamientos, cicatrices de deslizamientos, coronas cubiertas por vegetación y cárcavas estabilizadas. Los deslizamientos y las cicatrices producidas por los mismos, son los procesos más extendidos en el área de estudio y que afectan parte significativa de la superficie total de la misma. Del mismo modo, este nivel de moderada susceptibilidad como se mencionó anteriormente abarca más del 50% del área en cuestión.

Por las características que presentan los factores de pendiente, geología y procesos geomorfológicos, las zonas que se encuentran en este nivel de susceptibilidad pueden ser definidas como de situación latente y potencial a generar diversos procesos geomorfológicos en el área sobre todo de tipo deslizamientos. Ello conlleva a decir que estas zonas merecen ser analizadas en estudios posteriores, a escalas de detalle y con más detenimiento.

Como se mencionó en párrafos precedentes el rango de pendiente que domina ampliamente en estas zonas de susceptibilidad moderada (en más del 90% de la superficie total de este nivel) y también en el área de estudio (en más del 60,7% de su superficie total) es el de inclinaciones entre 26° y 45° . En tal sentido, es de suma importancia mencionar que en este intervalo de inclinación topográfica es donde se generan la gran

mayoría de los movimientos de masa (deslizamientos y derrumbes) especialmente los deslizamientos en todos sus tipos.

En consecuencia, a futuro, debido a la dinámica externa natural (fuerzas exógenas) de la superficie terrestre y a la acelerada y desmedida intervención del ambiente por parte del hombre, se podría modificar el estado de estas zonas, que pasarían de comportarse como áreas moderadamente susceptibles a áreas con una alta e incluso muy alta propensión a generar movimientos de masa, entre otros procesos geomorfológicos.

En otras palabras, de quebrantarse el equilibrio natural de estas vertientes moderadamente susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa, estas zonas podrían elevarse a las siguientes categorías de susceptibilidad (alta y muy alta) y ser clasificada como una gran zona de alta a muy alta propensión a generar movimientos de masa. Con el agravante que en el futuro, de ocurrir eventos hidrometeorológicos de similar magnitud al acontecido en febrero de 2005 en la cuenca del río Mocotíes y al incrementarse la densidad de población en el área, podría suscitarse un desastre de grandes proporciones sin precedente alguno (con consecuencias mayores que las de febrero de 2005). Ello si se toma en cuenta la aseveración de Laffaille *et al.* (2005), referida a que el evento del 2005 puede considerarse como “moderado” debido a que el río y algunos de sus afluentes en muchas secciones de su cauce no desbordaron en toda su extensión.

De ser así, un evento similar o de mayores proporciones afectaría significativamente el centro poblado de Santa Cruz de Mora y todos los asentamientos humanos localizados en el fondo de valle del río Mocotíes, en las cercanías de las riberas de los afluentes que surcan el área de estudio y localizados en posiciones de vertiente.

❖ *Alta susceptibilidad*

Esta categoría se encuentra dispersa en el área de estudio y ocupa 19,9km², es decir, 12,2% de la superficie total de la misma. Los rangos de pendiente, en terrenos donde esta unidad ha sido identificada, se ubican con mayor frecuencia entre los 16,7° y 26,6°, y 26,6° y 45°, es decir, en relieves accidentados y escarpados, respectivamente.

La mayor parte de las áreas con alto potencial de ser afectada por movimientos de masa se concentra al noreste de Santa Cruz de Mora (subcuencas de El Diamante, El Barro y La Victoria) y en subcuencas de las quebradas El Guayabal, San Isidro y Ovalles. Uno de los rasgos comunes que caracteriza a este nivel, es que la gran mayoría de los macizos se orientan en sentido NE – NNE; esta posición (umbría), por ser la más protegida de la acción de los rayos solares, es la que retiene mayor cantidad de humedad en el suelo.

Se identificaron deslizamientos activos así como algunos flujos, relacionados con rocas altamente tectonizadas, que constituyen elementos de juicio suficientes para clasificar las laderas ubicadas entre la quebrada El Barro y La Victoria como de alta susceptibilidad.

Asimismo, numerosas cicatrices, coronas activas e inactivas, zonas de cárcavas activas y “estabilizadas”, así como numerosos deslizamientos y derrumbes en roca, hacia la vertiente derecha, son evidencias claras de una gran actividad geomorfológica y de un control estructural determinado por los planos de foliación de las rocas de la Asociación Mucuchachí.

Ello hace que extensas superficies de la subcuenca El Guayabal y las partes altas de las subcuencas San Isidro, Ovalles y La Azulita, se consideren zonas propensas a ser afectadas por deslizamientos, derrumbes y por el escurrimiento superficial concentrado. Del mismo modo, el alto potencial que presentan estas áreas de evolucionar mediante procesos de

carcavamiento acelerado, exige clasificarlas también como de alta e incluso de muy alta susceptibilidad.

Entre las quebradas El Tabacal y El Diamante, las zonas de alta susceptibilidad, corresponden con aquellas áreas donde los perfiles de meteorización alcanzan los mayores espesores en los sitios donde afloran las Asociaciones Sierra Nevada y Tostós. Ello se traduce en significativos aportes de material y la generación de flujos de detritos muy activos como efectivamente se corroboró con el evento de febrero de 2005 en el tramo comprendido entre dichas quebradas; estos movimientos de masa alimentan al conjunto de abanicos de detritos que se extienden en todos estos sectores.

Es importante mencionar que tanto las áreas afectadas por deslizamientos como las cicatrices de deslizamientos (coronas activas e inactivas) antes descritas, guardan una estrecha relación, ya que mientras las primeras son zonas donde con frecuencia ocurren movimientos de masa tipo deslizamientos (activos), las segundas son áreas relativamente “inactivas” que quedan como evidencias (cicatrices) de la ocurrencia en algún momento de deslizamientos. Sin embargo, éstas últimas podrían activarse en cualquier momento y ocasionar nuevos deslizamientos u otro tipo de procesos geomórficos (surcos, cárcavas, entre otros). Ambos procesos se extienden por más de 25,72km² lo que equivale a un 15,77% de la superficie total del área de estudio.

❖ *Muy alta susceptibilidad*

Esta última categoría se extiende por 6,5km² que equivalen a apenas 4% de la superficie total del área de estudio. En general, corresponde con algunos relieves escarpados donde la pendiente fluctúa entre los 26,6° y 45°, e incluso supera en ciertas áreas los 45° de inclinación.

La cercanía a planos de falla, rocas altamente trituradas y profundamente meteorizadas, constituye sitios adecuados para generar problemas de inestabilidad de los macizos. Esta situación se presenta en dos zonas, una específicamente en la parte media de la subcuenca San Isidro y otra hacia la vertiente derecha de la subcuenca El Guayabal, así como en grandes extensiones de las subcuencas de El Diamante, El Barro y La Victoria, ubicadas al sureste y noreste del centro poblado de Santa Cruz de Mora, respectivamente.

La zona presente en la subcuenca San Isidro coincide con el afloramiento de intrusiones ígneas de granitos sin diferenciar. Estos granitos se encuentran altamente tectonizados y exhiben un elevado grado de meteorización, lo cual ocasiona zonas de deslizamientos y derrumbes que pueden ser evidenciados en los cortes de la carretera que los atraviesa.

En el caso de la zona ubicada en la subcuenca El Guayabal concuerda con la presencia de la traza de la falla La Ranchería, lo que indica que las rocas en esta área se encuentran muy fracturadas, alteradas, tectonizadas y meteorizadas, de hecho esta zona en el mapa de Procesos Geomorfológicos (Véase Figura 13) se corresponde con una zona de deslizamientos. Estas son un conjunto de razones de peso para clasificar a estas dos zonas como de muy alta susceptibilidad.

En el caso de las zonas de muy alta susceptibilidad localizadas en las subcuencas El Diamante, El Barro, Mocotíes y La Victoria, se corresponden con áreas donde las rocas se encuentran muy fracturadas y tectonizadas, y donde el grado de meteorización y espesor de los perfiles es significativo. Ello debido a que estas subcuencas son atravesadas transversalmente por cinco trazas de fallas activas responsables de la alta deformación de las rocas y que además ponen en contacto a varias unidades litológicas con distintos comportamientos geomecánicos y una pobre calidad de las rocas. Asimismo, estas zonas de muy alta susceptibilidad se extienden por áreas donde afloran las Formaciones Capacho y La Luna, intrusiones graníticas sin diferenciar y parte de La Asociación Tostós.

Estas áreas críticas poseen un alto potencial, tal y como quedó demostrado en la tormenta del año 2005, para generar deslizamientos superficiales y profundos, además de flujos de detritos y coladas de barro que afectaron las poblaciones asentadas en el fondo de valle.

En el Cuadro 16 se muestran a manera de síntesis las diferencias entre cada una de las zonas de susceptibilidad en función de los tres factores evaluados.

2. Subcuencas propensas a generar eventos de crecidas

2.1. Análisis de los aspectos morfométricos y de las áreas de desborde de las quebradas

A partir de los resultados obtenidos en el factor forma se puede deducir que en la medida que los valores de dicho factor sean más altos, es decir, cercano o mayor igual a uno (1), las subcuencas son más propensas a generar “picos” de crecida violentos, ya que, presentan una morfología relativamente ensanchada. Ello favorece la disminución de los tiempos de concentración a la hora de generarse una tormenta, que puede cubrir en un momento dado toda la superficie de la subcuenca o parte de ella y aportar volúmenes significativos de precipitación que posteriormente se traducirían en caudal.

En tal sentido, las subcuencas El Guayabal y El Tabacal se presentan como los subsistemas hidrológicos con mayor potencial a generar eventos torrenciales en períodos de retorno posiblemente cortos, debido a sus coeficientes (R_f) de 0,55 y 0,47 respectivamente, que indican morfologías ligeramente ensanchadas. Estos valores (R_f) equivalen, según Ruiz (2001), a una cuenca de forma cuadrática con desembocadura en uno de sus vértices. Esto revela que el recorrido del escurrimiento no es tan corto, coadyuvando de manera moderada a alta la concentración de la esorrentía y a la generación de crecidas, y en consecuencia que los niveles de amenaza también sean de moderados a altos.

Cuadro 16. Comportamiento de los factores en las diferentes zonas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa.

Susceptibilidad	Localización y Extensión	Factor Pendiente	Factor Geología	Factor Procesos Geomorfológicos	Observaciones
Muy baja susceptibilidad	Se localiza en el fondo de valle del río Mocotíes y de la qda. Mejías, cauces principales de las quebradas El Guayabal, San Isidro y La Azulita. Abarca una superficie de 24,3km ² (14,9%).	Zonas que en su mayoría presentan una pendiente del terreno que no supera en promedio los 10°. Ausencia de accidentes topográficos significativos.	Zonas que muestran una relativa estabilidad geomecánica de los macizos rocosos. Los depósitos cuaternarios manifiestan una tendencia hacia un buen comportamiento hidrico superficial, buena capacidad de carga y una aceptable resistencia al corte.	Ausencia o poca ocurrencia de procesos geomorfológicos importantes debido al relieve bastante uniforme.	Es pertinente acotar que estas no son zonas que puedan ser totalmente intervenidas sin ningún tipo de medida de mitigación o prevención ante la ocurrencia de algún proceso geomórfico (surcos, cárcavas, socavación basal, entre otros).
Baja susceptibilidad	Se localiza a lo largo de los cauces de algunas quebradas afluentes principales de la vertiente derecha. Hacia la vertiente izquierda se visualizan superficies más extendidas. Abarca 27,1km ² (16,6%).	La pendiente fluctúa por lo general entre los 10° y 25°.	En estas zonas afloran las Asociaciones Sierra Nevada, Tostós y Mucuchachí, así como donde emergen las Formaciones Capacho y La Luna. Ello le confiere una heterogeneidad litológica y un amplio abanico de calidad y resistencia de las mismas.	Poca evidencia de procesos geomorfológicos; sin embargo, se pueden identificar coronas de deslizamientos inactivas, que evidencian la ocurrencia aislada de dichos procesos.	A pesar de presentar estas zonas una baja susceptibilidad a movimientos de masa, exhiben características que de una u otra manera sugieren áreas latentes proclives a generar dichos procesos, razón por la cual esta condición no se debe descartar al momento de dictar lineamientos para su ocupación e intervención y a la hora de definir algunas medidas pertinentes de mitigación y prevención de amenazas geomorfológicas.
Moderada susceptibilidad	Se extiende y domina más del 70% de la superficie total de la vertiente derecha, mientras que hacia la vertiente izquierda las áreas ocupadas por ésta son menores. Abarca 85,2km ² (52,3%).	La pendiente oscila entre los 26° y 45°	En estas zonas afloran las Asociaciones Sierra Nevada, Tostós (rocas muy diaclasadas, tectonizadas, espesos perfiles de meteorización, poca calidad geotécnica); Mucuchachí (pobre desarrollo de perfiles de meteorización, rocas menos fracturadas).	Los procesos presentes en estas zonas son: los deslizamientos, coronas cubiertas por vegetación y cárcavas estabilizadas.	Por las condiciones que presentan estas zonas pueden ser definidas como de situación latente y potencial a generar diversos procesos geomorfológicos en el área, sobre todo de tipo deslizamientos. Ello sugiere que las mismas deben ser analizadas en estudios posteriores, a escalas de detalle y con más detenimiento.
Alta susceptibilidad	Se localizan al noreste de Santa Cruz de Mora (subcuencas El Diamante, El Barro y La Victoria) y hacia la vertiente derecha en las subcuencas de las quebradas El Guayabal, San Isidro y Ovalles. Abarca 19,9km ² (12,2%).	Estas zonas se ubican con mayor frecuencia entre los 16 y 26° de inclinación, y entre 26 y 45°, es decir, relieves accidentados y escarpados.	Se encuentran donde la Asociación Mucuchachí está significativamente alterada por presencia de fallas geológicas. Asimismo se localizan en sitios donde afloran la Asociación Sierra Nevada y Tostós (rocas muy fracturadas, profundos perfiles de meteorización).	Presencia de flujos de detritos, numerosas coronas activas e inactivas, zonas de cárcavas activas y estabilizadas, gran número de deslizamientos y derrumbes.	Es importante mencionar que tanto las áreas afectadas por deslizamientos como las cicatrices de deslizamientos (coronas activas e inactivas), guardan una estrecha relación, ya que las primeras son zonas donde con frecuencia ocurren deslizamientos (activos) y las segundas son áreas relativamente "inactivas" que quedan como evidencias de la ocurrencia en algún momento de deslizamientos. Sin embargo, éstas últimas podrían activarse en cualquier momento y ocasionar nuevos deslizamientos u otro tipo de procesos geomórficos (surcos, cárcavas, entre otros).
Muy alta susceptibilidad	Se localiza en tres zonas: (i) sección media de la subcuenca San Isidro; (ii) vertiente derecha de la subcuenca El Guayabal y (iii) en grandes extensiones de las subcuencas El Diamante, El Barro y La Victoria. Abarca 6,5km ² (4%).	En general, corresponden con algunos relieves escarpados donde la pendiente fluctúa entre los 26 y 45°, e incluso supera en ciertas áreas los 45° de inclinación.	Se localizan en los sitios donde afloran intrusiones ígneas de granitos sin diferenciar (altamente tectonizados y exhiben un alto grado de meteorización) y las Formaciones cretácicas (rocas sedimentarias y metasedimentarias muy fracturadas y alteradas, pobre calidad geotécnica).	Presencia de extensas zonas de deslizamientos y derrumbes, así como flujos de detritos y de lodo.	Estas son zonas críticas que poseen un alto potencial para generar deslizamientos superficiales y profundos, además de potentes flujos de detritos y coladas de barro.

Para el caso particular de la subcuenca El Guayabal, Ayala *et al.* (2007) estimaron además del factor forma de Horton, la relación de circularidad o coeficiente de compactibilidad de Gravelius, es decir, un coeficiente abstracto que depende de la forma de la cuenca, arrojando un valor máximo de uno (1) para el caso de una cuenca circular (Ruiz, 2001).

El cálculo realizado por Ayala *et al.* (2007) arrojó un valor de circularidad de Gravelius de 0,80, es decir, un valor cercano a 1 que indica que la forma de la subcuenca El Guayabal es relativamente circular. Esto facilita que las lluvias puedan ocurrir simultáneamente sobre toda la subcuenca, además de disminuir los tiempos de concentración de los flujos de aguas superficiales, hecho este que se agrava ante la presencia de pendientes generalizadas de fuerte declive para toda la subcuenca, contribuyendo aun más con las crecidas violentas y con el incremento del nivel de amenaza por crecidas en el fondo de valle.

En el mismo orden de ideas los valores de la pendiente de cauce (26,68%) y de cuenca (66,41%), permiten clasificar a esta unidad como una quebrada torrencial y con un relieve muy escarpado, respectivamente. Estos valores de declive topográfico tan elevados permiten que el flujo superficial viaje a mayor velocidad, tanto en las vertientes como en el cauce principal, incrementando además el poder erosivo y de transporte de sedimentos de la quebrada, situación ésta que aumenta con el caudal de crecida.

Los resultados muy elevados de las densidades de drenaje ($3,05\text{km}/\text{km}^2$) y de cauce ($3,70\text{cauces}/\text{km}^2$), también refuerzan la afirmación de que la subcuenca El Guayabal es un sistema hidrológico altamente susceptible a generar eventos de crecida. Dichas densidades pueden ser explicadas debido al alto nivel de diaclasamiento de las filitas y pizarras de la Asociación Mucuchachí que afloran en toda la unidad.

Las fuertes pendientes generalizadas en las vertientes de la subcuenca, traen como consecuencia la disminución de las tasas de infiltración, lo que coadyuva a incrementar el flujo superficial, con el agravante de que esto genera arrastre significativo de sólidos, en presencia de tormentas de lluvias de alta intensidad y duración.

En definitiva los valores obtenidos en cada uno de los aspectos morfométrico de la subcuenca El Guayabal, permiten decir que, si bien es cierto que el valor del factor forma indica una moderada a alta propensión de la misma a generar eventos de crecidas violentas, al adicionársele el efecto que otorga una pendiente de cauce torrencial, una pendiente de la cuenca muy escarpada y densidades de drenaje y de cauces muy altas, se puede considerar este sistema hidrológico como la unidad del área de estudio que posee la mayor propensión a generar picos de crecidas violentos.

Asimismo, una pendiente de cauce en la categoría de torrencial de la quebrada El Guayabal, como se mencionó anteriormente, le da una gran capacidad de erosión y transporte de sedimentos. Aunado a esto la velocidad que la corriente es capaz de adquirir, en caso de suscitarse tormentas concentradas, puede ocasionar desbordamiento de la quebrada y socavación lateral del cauce, generando un mayor grado de afectación para la población que se asienta en el fondo de valle (más de 600 personas), como se corroboró durante el evento de febrero de 2005.

La subcuenca Mejías presenta una forma que no es ni alargada ni ensanchada ($R_f = 0,42$), lo que se traduce cualitativamente en moderados niveles de susceptibilidad a eventos de crecidas. Sus valores de pendiente de cauce (11,73%) permiten clasificarla como una quebrada torrencial, en tanto que su pendiente de cuenca elevada (66,37%) revela un relieve muy escarpado.

Las densidades de drenaje ($2,19\text{km}/\text{km}^2$) y de cauce ($2,58\text{cauces}/\text{km}^2$) de esta subcuenca son altas, es decir que esta unidad posee suficientes drenajes para cuando ocurra una tormenta y, por ende, una buena capacidad para desencadenar crecidas violentas que afecten a los asentamientos humanos y a las actividades económicas emplazados en el fondo de valle. Ello pudo corroborarse con el nivel de afectación que padeció el Sector Puerto Rico, como consecuencia del desborde e inundación por parte de la quebrada Mejías, durante el evento de febrero de 2005.

Es pertinente recordar que la subcuenca Mejías está conformada a su vez por un conjunto de tres subcuencas: El Guayabal, San Isidro y Ovalles; en consecuencia, su comportamiento hidrológico ante eventos de crecida dependerá de las características morfométricas de los tres subsistemas hidrológicos que la conforman y de la respuesta que estos tengan ante la ocurrencia de precipitaciones torrenciales.

También es preciso resaltar que durante el evento de febrero de 2005 de las tres unidades hidrológicas que integran la subcuenca Mejías, el subsistema hidrológico El Guayabal fue el que experimentó la mayor crecida y en su fondo de valle se registraron los mayores daños materiales y hasta la pérdida de tres personas.

Las pérdidas materiales y humanas se explican en parte debido a que en el fondo de valle de esta subcuenca residen más de 600 habitantes con decenas de viviendas localizadas a ambos márgenes de la quebrada El Guayabal. Por otra parte, entran en juego las características morfométricas que posee dicha subcuenca, las cuales la hacen propensa a generar avenidas. La conjunción de los dos elementos anteriormente mencionados permitió que la subcuenca en cuestión tuviera una respuesta hidrológica diferente a las unidades de San Isidro y Ovalles (resultados morfométricos que serán analizados más adelante), hecho que concuerda con los resultados de los aspectos morfométricos arrojados para estas tres subcuencas.

Las subcuencas El Barro y el Diamante se localizan hacia la vertiente izquierda del río Mocotíes, las cuales poseen una forma ligeramente alargada ($R_f = 0,33$ y $0,31$ respectivamente) que indica que estas unidades son moderadamente susceptibles a desencadenar eventos de crecidas violentos. Sin embargo, sus pendientes pronunciadas de cauce (con fondos de valle encajonados) y de cuenca (que indican un relieve escarpado a muy escarpado), revelan que a la hora de presentarse tormentas concentradas la respuesta hidrológica de las mismas será la de generar avenidas violentas, con el agravante que desde su nacimiento hasta su desembocadura con el río Mocotíes, en estas subcuencas afloran distintas unidades litológicas con una muy baja calidad de la roca que se traduce en aportes significativos de material (rocas, suelos y sedimentos) a los cursos de agua y que pueden generar flujos de rocas, de detritos y coladas de barro.

En la parte alta de la subcuenca El Barro aflora parte de una intrusión ígnea de granitos sin diferenciar y la Formación La Luna. En el primer caso, los granitos se encuentran muy alterados por los procesos de meteorización y en el segundo las calizas y lutitas calcáreas de la formación, en general, presentan una baja calidad geotécnica debido a las condiciones de sitio donde afloran, representada por una alta actividad tectónica (presencia de 3 fallas activas) que ha coadyuvado al alto fracturamiento de las rocas y a acentuar los procesos de meteorización.

Hacia la parte media y baja afloran la Formación Capacho (calizas duras, lutitas y limolitas), con rocas que exhiben una meteorización de moderada a alta y con problemas de disolución bajo condiciones de humedad, y la Asociación Tostós (esquistos y filitas principalmente), respectivamente, con una litología que se encuentra bastante fracturada por la actividad tectónica de la zona y con el agravante que estas rocas (sobre todo los esquistos) al meteorizarse evolucionan a texturas finas que exhiben una baja calidad geotécnica.

En el caso de la subcuenca El Diamante (subcuenca contigua con la de El Barro pero de menor superficie) en su parte alta aflora la Formación La Luna, en la media Capacho y en la sección baja la Asociación Tostós. Las condiciones de la litología en este subsistema hidrológico son las mismas que para la subcuenca El Barro.

En cuanto a las densidades de drenaje y de cauce, para ambas subcuencas son de altas a muy altas, indicativos de áreas bien drenadas que favorecen la concentración del escurrimiento superficial y por ende picos de crecida.

Por lo tanto, una morfología alargada pero con pendientes de cauce y de cuenca para ambas subcuencas muy pronunciadas, densidades de drenaje y cauce altas, más una litología heterogénea pero que comparte en general una baja calidad geotécnica, hacen de estas dos unidades que no sólo sean propensas a generar eventos de crecidas, sino que también posean una alta susceptibilidad a desencadenar violentos flujos de rocas, flujos de detritos o coladas de barro que pueden traer graves consecuencias para la población asentada en las partes bajas.

Efectivamente en el evento de febrero de 2005, los drenajes principales de estas dos subcuencas generaron por un lado un flujo de detritos, en el caso de la quebrada El Diamante, con presencia de rocas de gran tamaño y troncos de árboles, el cual obstruyó y afectó parte de la calzada de la carretera Santa Cruz de Mora – Mérida y una vivienda relativamente cercana al drenaje en su desembocadura con el río Mocotíes; y por otro, un espeso flujo de barro o lodo en el caso de la quebrada El Barro, que afectó también parte de la calzada de la carretera antes mencionada, derrumbó 2 puentes e inundó de agua y lodo a más de 30 viviendas.

Las subcuencas San Isidro, La Parada, La Azulita, La Victoria, Cuba Libre, Romero, Ovalles y San José muestran una morfología alargada, es decir, con valores de R_f que oscilan entre

0,25 y 0,30. Las formas alargadas que exhiben este conjunto de subcuencas teóricamente significa que son áreas poco susceptibles a generar “picos” de crecida violentos, ya que, los tiempos de viaje del escurrimiento superficial son relativamente más largos y la cuenca ejerce un efecto “amortiguador” sobre las crecidas.

Las pendientes de cauce para estas subcuencas fluctúan entre los valores de 13% y 37% calificándose como torrentes, a excepción de San Isidro que se considera una quebrada torrencial, mientras que las pendientes de cuenca oscilan entre 51% y 66%, es decir, relieves muy escarpados. Especial atención requieren los valores de pendiente media de cauce y de cuenca de las unidades San José (37,7% y 59,8%), Cuba Libre (31,1% y 61,48%), La Victoria (30,7% y 53,5%) y Romero (27,4% y 61,0%), ya que son cifras muy elevadas que le confieren tanto en las vertientes como en los respectivos drenajes principales de dichos subsistemas hidrológicos, una enorme velocidad al flujo (líquido y/o sólido) superficial, así como un gran poder erosivo, de arrastre y de transporte de sedimentos.

En el evento de febrero de 2005, las subcuencas San José, Cuba Libre y Romero, generaron potentes flujos de detritos y abanicos de detritos, que obstruyeron por varios días la carretera que comunica a la ciudad de Tovar con el centro urbano de Santa Cruz de Mora. Asimismo, en paralelo con el río Mocotíes, ocasionaron daños materiales a los sectores Tabacal parte baja, Cuba Libre, Romero, Club Libertador, El Mamón y a la Avenida perimetral Antonio Pinto Salinas de Santa Cruz de Mora.

El desarrollo de estos importantes flujos de detritos se justifica debido a que en estas tres subcuencas contiguas espacialmente, aflora en sus partes superiores la Asociación Sierra Nevada y en sus partes, medias y bajas, la Asociación Tostós. En algunas áreas de las partes medias de las subcuencas Cuba Libre y San José afloran intrusiones de granitos sin diferenciar.

Como se mencionó en párrafos precedentes las rocas que conforman estas Asociaciones e incluso las intrusiones graníticas, presentan un alto grado de fracturamiento debido a la actividad tectónica de la traza norte y otras fallas menores de la Zona de Fallas de Boconó; además, la baja calidad geotécnica de la litología contribuye a que el material sea fácilmente erodable y transportado por los cauces de las quebradas hacia el fondo de valle del río Mocotíes, lugar donde se asienta la mayoría de la población del área de estudio.

El alto grado de fracturamiento y las pobres condiciones geomecánicas de los macizos han coadyuvado al desarrollo de espesos perfiles de meteorización en la zona, que constituyen “paquetes de material disponible” a ser movilizados vertiente abajo por procesos exógenos como la erosión (incluyendo el transporte y la sedimentación) y los movimientos de masa.

Por lo tanto, en presencia de una tormenta donde suelos de texturas arenosas están saturados de agua por lluvias antecedentes, con afloramientos rocosos muy fracturados, en pendientes de cuenca que superan en promedio el 60% (relieve muy escarpado) y con espesos perfiles de meteorización, la consecuencia es la formación de violentos y potentes flujos de detritos que ayudados por las fuertes pendientes de cauce (> 30%) impactan y destruyen todo a su paso, como efectivamente ocurrió el día 11 de febrero (día del evento de 2005) en las partes bajas de las subcuencas Cuba Libre, Romero y San José.

Las densidades de drenaje y de cauce (subcuencas San Isidro, La Parada, La Azulita, La Victoria, Cuba Libre, Romero, Ovalles y San José) fluctúan entre moderadamente altas, altas a muy altas. En esta parte vuelven a resaltar las subcuencas Cuba Libre con $2,98\text{km}/\text{km}^2$ y $2,50\text{cauces}/\text{km}^2$, Romero con $3,57\text{km}/\text{km}^2$ y $8,16\text{cauces}/\text{km}^2$, y San José con $2,93\text{km}/\text{km}^2$ y $5,36\text{cauces}/\text{km}^2$, respectivamente. Estos valores tan elevados incrementan la amenaza y el nivel de susceptibilidad a eventos de crecidas, así como la violencia de los flujos de detritos en dichas áreas.

Las subcuencas Mocotíes, Los Algarrobos y Los Cedros, muestran formas muy alargadas que indican desde el punto de vista de este parámetro que tienen una baja a muy baja susceptibilidad a generar crecidas violentas.

La pendiente de cauce permite calificarlas igual que el resto de casi todos los drenajes principales de las demás subcuencas como torrentes, mientras que sus respectivas pendientes de cuenca demuestran un relieve escarpado a muy escarpado. Las densidades de drenaje y cauce para las subcuencas Mocotíes ($3,27\text{km}/\text{km}^2$ y $4,12\text{cauces}/\text{km}^2$) y Los Algarrobos ($2,49\text{km}/\text{km}^2$ y $5,43\text{cauces}/\text{km}^2$) son muy altas, indicando la presencia de una buena red de drenaje para cuando ocurran precipitaciones concentradas.

En las partes bajas de ambas subcuencas no hay presencia de población ni de actividades económicas, por lo que una crecida moderada o significativa no representaría una amenaza para ningún asentamiento humano. Sin embargo, es importante tomar en cuenta esto debido a posibles futuros procesos de ocupación y localización de asentamientos humanos que se susciten en las áreas bajas de estas subcuencas.

Para la subcuenca Los Cedros es importante hacer un análisis por separado debido a que la parte baja de esta unidad se encuentra densamente poblada. Este subsistema hidrológico presenta una forma muy alargada que le permite “amortiguar” las crecidas violentas y una pendiente de cauce, si se quiere, no tan pronunciada como la mayoría del resto de las quebradas del área de estudio. No obstante, la pendiente de cuenca supera el 50% (relieve muy escarpado) y sus densidades de drenaje ($2,76\text{km}/\text{km}^2$) y de cauce ($2,55\text{cauces}/\text{km}^2$) indican que a la hora de presentarse una tormenta, el flujo superficial puede escurrir y concentrarse a una velocidad rápida ayudado por un buen sistema de red drenaje.

También es preciso mencionar que en el cauce principal de la quebrada Los Cedros, a unos 600 m aguas arriba de los asentamientos humanos (Sector Carmania) localizados en la parte baja de esta subcuenca, existe un sitio que por sus características se muestra como potencial para generar represamientos de la quebrada Los Cedros, aspecto que será tratado más adelante. Durante el evento del año 2005 dicho sitio ciertamente ocasionó varios represamientos de la quebrada Los Cedros, ya que varias personas fueron testigos oculares de este hecho.

En la subcuenca de la quebrada Los Cedros afloran varias unidades litológicas a saber: La Asociación Sierra Nevada, la Formación Aguardiente (parte superior) y la Asociación Tostós, e intrusiones ígneas de granitos sin diferenciar en su parte media y baja. A esta subcuenca la atraviesan 3 fallas geológicas que han coadyuvado a controlar estructuralmente el drenaje de la quebrada y a fracturar y alterar las rocas que afloran en la misma. Sobre todo las asociaciones Sierra Nevada y Tostós, han desarrollado espesos perfiles de meteorización que en conjunción con precipitaciones concentradas originan flujos de detritos, como evidentemente sucedió en el sector Carmania el 11 de febrero de 2005.

2.2. Sitios potenciales a generar represamientos de drenajes

En función de las distintas salidas de campo que se efectuaron para esta investigación, se pudieron identificar tres sitios que por sus características son altamente potenciales para generar represamientos de las quebradas El Guayabal, Los Cedros y Romero, con el agravante de que aguas abajo de estos sitios se localizan asentamientos humanos significativos.

❖ Sector Las Expensas: parte superior de la subcuenca El Guayabal

Este primer sitio, también reseñado por Ayala *et al.* (2007), está ubicado en la parte superior de la subcuenca El Guayabal, un lugar que por sus características morfológicas lo

hacen proclive a favorecer en cualquier momento un represamiento de la quebrada El Guayabal entre las cotas 1.430 y 1.450 aproximadamente.

Dicho sitio presenta un fondo de valle muy estrecho y encajonado en forma de “v” o de “garganta”, el cual posee unos 40 a 50m de largo por unos 5m de ancho y unos 3 a 4m de altura en promedio.

Algunos taludes ubicados en ambas márgenes se encuentran socavados por la quebrada y como resultado han quedado expuestas raíces de árboles de gran desarrollo que superan los 20m de altura, los cuales constituyen elementos potenciales para originar represamientos si en algún momento llegaran a colapsar.

Otro aspecto muy importante de resaltar es la presencia de rocas de gran tamaño y en especial de un “megabloque” de varias toneladas, ubicado en el cauce de la quebrada, el cual sólo deja un espacio de unos 3m de ancho para el tránsito del drenaje. Además en esta sección de la quebrada, según Ayala *et al.* (2007), la pendiente de cauce promedio es de $\approx 25\%$, hecho que le confiere al escurrimiento superficial un carácter torrencial con un alto poder erosivo y de transporte de sedimentos.

A unos pocos cientos de metros aguas abajo del posible sitio de represamiento la quebrada El Guayabal fluye por abruptos saltos de agua (cascadas), que permiten inferir que a la hora de generarse un represamiento en el lugar en cuestión, la posterior ola de descarga (líquido más material sólido) viajaría a gran velocidad, desencadenando un fenómeno que puede ocasionar daños significativos para la población (más de 600 personas) y decenas de viviendas que se asientan en el fondo de valle de esta subcuenca.

❖ *Sector Carmania: parte baja de la subcuenca Los Cedros*

Este segundo sitio está ubicado en la parte baja de la subcuenca Los Cedros a tan sólo unos 600m aproximadamente del Sector Carmania parte baja, en el cual residen unas 200 personas y se ubican varios locales comerciales.

En este sitio existen dos o tres saltos de agua (cascadas) ubicados en una sección muy estrecha de la quebrada Los Cedros, el cual posee una forma de “garganta” originada por un afloramiento de roca muy fracturada de la Asociación Tostós y con presencia de árboles de gran desarrollo (> 25m de altura) en los taludes de pendiente negativa que se localizan en sus márgenes.

Debido a las características particulares que muestra dicha sección de la quebrada, se puede afirmar que este sitio posee un gran potencial para generar represamientos de la quebrada Los Cedros y ocasionar olas de descarga que ocasionarían graves daños a la población ubicada aguas abajo.

Durante el evento del 11 de febrero de 2005, habitantes del Sector Carmania parte baja se percataron de que en un momento la quebrada Los Cedros bajó drásticamente su caudal, fenómeno que ocurre cuando un drenaje en su cauce se encuentra obstaculizado y en consecuencia el agua, material sólido y hasta árboles se represan. En algún momento las personas escucharon ruidos similares a “explosiones” que presuntamente provenían de la parte superior de la subcuenca y al cabo de poco tiempo bajaba por el cauce de la quebrada gran volumen de agua, sedimentos y decenas de troncos de árboles, que ocasionaron un muro natural y un “paquete” de sedimentos de más de 4m de altura, en un puente ubicado al final del Sector Carmania (parte baja) sobre la Avenida Bolívar de Santa Cruz de Mora. Además la quebrada Los Cedros se desbordó por toda la zona y ocasionó un gran flujo de detritos.

❖ *Sector El Mamón: parte baja de la subcuenca Romero*

Este tercer y último sitio se ubica en la parte alta del Sector El Mamón (parte baja de la subcuenca Romero). La quebrada Romero a partir de este sitio en una sección de unos 50m fluye de una forma muy encajonada, debido a que la misma ha entallado sobre sus propios sedimentos un cauce estrecho. El lugar de posible represamiento se caracteriza por ser una semicurva de la quebrada, donde por el talud derecho afloran rocas de la Asociación Tostós y por el izquierdo existe un talud de sedimentos antiguos de más de 7m de altura.

El ancho del sitio no supera los 3m en promedio con la particularidad que de la vertiente izquierda, justo en ese sitio y a raíz del evento de febrero de 2005, activó un torrente que aportó volúmenes considerables de agua y sedimentos al cauce de la quebrada Romero e incluso se desbordó por una de las calles del Sector El Mamón ocasionando daños a la calzada de la vía y a algunas viviendas. Asimismo, aguas arriba del sitio en cuestión se generaron varios movimientos de masa en la ladera derecha, como consecuencia del alto grado de alteración de las rocas de la Asociación Tostós.

Cuentan algunos testigos oculares que la quebrada no logró desbordarse hacia la parte más densamente poblado del Sector El Mamón, gracias a que su cauce es un poco profundo; sin embargo, de represarse este drenaje en el sitio analizado en estas líneas, la ola de descarga podría ocasionar graves daños a las áreas densamente pobladas y más aún a aquellos asentamientos humanos ubicados a poca distancia y desnivel del cauce de la quebrada.

2.3. Eventos de crecidas históricas del río Mocotíes: entrevistas a testigos oculares y posibles períodos de retorno

Durante las salidas de campo se realizaron paralelamente varias entrevistas directas a personas de la tercera edad oriundas de la zona, las cuales fueron testigos oculares de eventos de crecidas históricas del río Mocotíes y de algunos de sus afluentes.

La señora Adela Lobo de 76 años de edad cuenta que ella alcanza a recordar una crecida del río Mocotíes que ocurrió antes de 1969. La misma no alude con precisión el año del evento, sin embargo, hace mención a que el río cubrió los terrenos donde en la actualidad se construyó la avenida perimetral Antonio Pinto Salinas de Santa Cruz de Mora.

El señor Rafael Contreras de 64 años de edad, cuenta que él recuerda un evento en particular como si fuera hoy mismo que estuviese ocurriendo. Expone que en el mes de mayo del año 1952 se suscitó una gran crecida del río Mocotíes, el cual según él, arrastró “rollos de caña, carretas, ganado, árboles y siembras” que se encontraban en las márgenes del río. Hizo énfasis en que el Mocotíes en esa crecida transitó por los terrenos donde hoy en día está construida la avenida perimetral (coincidiendo con el comentario del testigo anterior) y la infraestructura de la sede de Productores Asociados del Café C.A. (PACCA Santa Cruz de Mora) ubicada en el sector El Arenal.

Contreras además afirma que el cauce “natural” del río Mocotíes corresponde con los terrenos donde en la actualidad se encuentran localizadas la urbanización Romero, la avenida perimetral de Santa Cruz de Mora, la PACCA, el sector El Arenal, el nuevo terminal de pasajeros y mercado municipal, sufriendo éstos dos últimos graves daños por el evento de febrero del 2005. Al generarse todas estas construcciones (todas hacia la margen izquierda del río) el río Mocotíes fue obligado a fluir adosado a su vertiente derecha delimitada en esta sección por la loma de Paiva en gran parte.

Asimismo menciona que el río en el evento de 1952 alcanzó un ancho aproximado de 80m y que en el año de 1972 ocurrió otra crecida de menor magnitud en donde el río se comportó espacialmente de forma similar, en cuanto a los terrenos que impactó. Sin embargo, culmina diciendo que la crecida del 2005 ha sido para él la más “fuerte” en comparación con las otras dos descritas.

María De La Paz Uzcátegui de Contreras (Viuda) de 77 años de edad, narra que ella recuerda “muy bien” una crecida del río Mocotíes en el año de 1952 y además de varios de sus afluentes, tales como: las quebradas Romero, San José y Los Cedros, las cuales arrojaron “mucho barro”, (¿flujos de detritos similares a los del 2005?). La misma coincide con el señor Contreras en que el río transitó a lo largo de la avenida perimetral y por donde se encuentra la PACCA en el sector El Arenal.

El señor Amando Márquez de 80 años de edad, cuenta que en el año de 1952 ocurrió una crecida del río Mocotíes y que en 1949 las quebradas El Tabacal, Cuba Libre y San José experimentaron una importante crecida. Márquez también afirma que el cauce del río siempre fue por donde está la avenida perimetral, la Agropecuaria Las Canales y la PACCA y un poco más abajo por donde se encuentra en la actualidad la Tasca Tijuana, el nuevo terminal y mercado municipal.

Juan Gutiérrez de 76 años de edad, cuenta de una crecida del río Mocotíes pero no precisó bien el año y piensa que fue en 1955, y que el río fluyó por donde va la avenida, por la PACCA y por la Tasca Tijuana.

Por su parte el señor Don Luis Paparoni de 85 años de edad, de descendencia italiana que además es historiador y realizó algunos años de estudios en la carrera de ingeniería, menciona que en 1915 hubo una crecida del río Mocotíes que ocasionó en Santa Cruz de Mora la pérdida de dos vacas y una mula. Además que la quebrada El Barro creció tanto

que obstruyó el río Mocotíes y represó sus aguas temporalmente. Asimismo, expone que su padre le contaba que antes de 1915 ocurrieron varios eventos de crecidas del río Mocotíes.

Acota que en el sector El Arenal había un gran banco de arena, de allí su nombre, y que por ahí fluía el río pasando por varios “potreros”. Afirmo que en 1960 y 1968 hubo crecidas “normales” por parte del río y de la quebrada Mejías, así como también asevera que el río en la actualidad no está fluyendo por su “cauce natural” que en realidad es por donde está toda la avenida perimetral. Terminando su intervención dice que los primeros pobladores de Santa Cruz de Mora fundaron el centro poblado sobre una pequeña terraza debido a dos razones: (i) para resguardarse de las crecidas que experimentaba el río Mocotíes y (ii) abastecerse de agua del río.

En el mismo orden de ideas, para Laffaille *et al.* (2005), el análisis de los eventos históricos de 1910, 1933 y 1951, y el ocurrido en el 2005 en la cuenca del río Mocotíes, les permitió establecer de forma preliminar un período de retorno de 40 a 50 años, pudiendo ser catalogadas las lluvias como “cincuentenarias” y no como lluvias extremas.

En función a la información suministrada por las entrevistas realizadas a testigos oculares se puede observar que existen coincidencias aproximadas con los años a los que hace alusión Laffaille *et al.* (2005). En este caso se pueden mencionar dos eventos: uno en 1915 y otro en 1952, los cuales concuerdan posiblemente con los de 1910 y 1951 que hacen referencia los autores antes mencionados. La no correspondencia exacta de las fechas, aun cuando la diferencia es de pocos años, puede deberse muy probablemente a la desmemoria de las personas de la tercera edad con el transcurrir de los años, ya que, Laffaille *et al.* (2005), presentan artículos de prensa donde se reseña lo acontecido en los respectivos años que los autores citados indican.

Sin embargo, se puede tener la certeza que esta aproximación en las fechas no es mera coincidencia, sino el producto de que en realidad ocurrieron en el siglo XX al menos dos eventos importantes en términos de crecidas históricas experimentadas por el río Mocotíes y algunos de sus afluentes: un primer evento a principios de la década de 1910 y otro a principios de la década de 1950, y más recientemente el evento ocurrido en el año 2005 en el umbral del siglo XXI. En tal sentido, coincidiendo con Laffaille *et al.* (2005), con base a testimonios históricos por parte de testigos oculares nativos de Santa Cruz de Mora, se puede afirmar de manera acertada que el período de retorno de eventos meteorológicos anómalos asociados con precipitaciones torrenciales que han ocasionado históricamente crecidas extraordinarias del río Mocotíes y sus afluentes, es de aproximadamente 50 años, es decir, que son crecidas “cincuentenarias” o “quincuagenarias”.

3. Medidas de gestión territorial pertinentes desde la perspectiva de la ordenación del territorio en función de las situaciones de peligros naturales presentes en el área de estudio.

3.1. Usos recomendables, localizaciones y posibles medidas frente a la zonificación de áreas susceptibles a movimientos de masa

En función de la zonificación de las áreas susceptibles a movimientos de masa y de acuerdo a la consideración holística de las características físico-naturales presentes en el área de estudio, se puede apreciar las limitaciones que se presentan al recomendar la asignación de usos de la tierra y orientar el proceso de expansión urbana de Santa Cruz de Mora y centros poblados menores, en el área en cuestión.

Tanto la vertiente izquierda como la derecha del río Mocotíes están conformadas en su mayor parte por materiales inestables y por pendientes que fluctúan entre los 26,6° y 45°

de inclinación, rango de declive topográfico en donde se generan la mayoría de movimientos de masa sobre todo los de tipo deslizamientos (superficiales y profundos).

Además de las laderas ser muy propensas a efectos de la gravedad, también se encuentran desprovistas de vegetación y bajo intervención, condiciones estas que ante precipitaciones concentradas y presencia de torrentes intramontanos, constituyen escenarios potenciales para el arrastre, desprendimiento y movilización de volúmenes de roca, suelo y sedimentos, que se traducirían en todo tipo de movimientos de masa (deslizamientos, derrumbes, flujo de detritos y coladas de barro) u otros procesos geomorfológicos (reptación, surcos, cárcavas, tubificación, entre otros).

Por otro lado, un conjunto de características físico naturales traducidas en ventajas comparativas y potencialidades, permiten que en la cuenca del río Mocotíes y en el área de estudio en particular, se desarrollen una serie de sistemas productivos que vienen a ser la base económica de la población que reside en el área. Sin embargo, debido al grado de intervención antrópica como consecuencia de la actividad agropecuaria, a la cual ha estado sometida en las últimas décadas la cuenca del río Mocotíes y en especial el área en cuestión, esta última ha sufrido un impacto negativo o, en otras palabras, un deterioro de sus condiciones ambientales y una activación y reactivación de procesos geomórficos en las laderas, a causa de la deforestación indiscriminada para la explotación forestal y la expansión de la frontera agropecuaria, situaciones que se han agudizado por la carencia de monitoreo y penalización ambiental por parte de las autoridades competentes y la falta de asesoría técnica en cuanto a la aplicación de prácticas de conservación de suelos, entre otras cosas.

En consecuencia, en el área de estudio el proceso de toma de decisiones en cuanto a las políticas de localización, ocupación y de recomendación de usos como aspecto sustancial de la ordenación del territorio, no puede estar a espaldas de la presencia o potencial

ocurrencia de movimientos de masa u otro tipo de procesos geomorfológicos en las laderas y menos de su distribución espacial en el área, traducida ésta en una zonificación (Véase Figura 41 Mapa de Áreas Susceptibles a Movimientos de Masa). En este sentido, a continuación se presentan un conjunto de matrices sinópticas (Cuadros 17, 18, 19 y 20) donde se exhiben las principales características físicas de los distintos niveles de susceptibilidad a movimientos de masa presentes en el área y los posibles usos recomendables, localizaciones y medidas a tomar según sea el caso.

La recomendación de usos, es una estrategia que le brinda a un territorio la posibilidad de diseñar acciones técnicas de carácter legal, que regulen, adecuen y organicen el desenvolvimiento y manifestación de los procesos geográficos (localización, distribución, ocupación, usos de la tierra, segregación y configuración) en un ámbito socioterritorial. La ocupación, localización, uso y configuración del territorio, deben ser objeto de una organización deliberada, que garantice abrir oportunidades al desarrollo económico de un territorio, al mejoramiento de la calidad de vida y la continuidad del potencial natural, sin obviar la disminución de los riesgos siconaturales.

La recomendación de los usos responde a una visión integral y compartida de las condiciones actuales de un territorio objeto de estudio, generada a través del diagnóstico de su componente físico-natural, socioeconómico y político-institucional, como soportes y aportes fundamentales de dicho territorio. Sin embargo, las aproximaciones de los usos recomendables que se plantean en esta investigación sólo toman en cuenta una parte del diagnóstico, es decir, la de los aspectos físico naturales y sin visión compartida, por lo que no pretenden ser medidas exhaustivas sino más bien un conjunto de usos recomendados ajustados desde la perspectiva de las amenazas geomorfológicas de tipo movimientos de masa y otros procesos geomorfológicos, que predominan en el área de estudio y que condicionan sin lugar a dudas a todos los procesos geográficos antes mencionados.

Cuadro 17. Matriz sinóptica del nivel de susceptibilidad muy baja.

Susceptibilidad	Características de las zonas	Usos recomendables localizaciones y medidas
Muy Baja	Estas zonas se distribuyen ampliamente por el fondo de valle del río Mocotíes y de la quebrada Mejías. También se encuentra en los cauces principales de las quebradas: El Guayabal, San Isidro, Ovalles y La Azulita, y en pequeñas áreas muy localizadas en los interfluvios de las subcuencas y las cimas de algunas filas y colinas.	Resultan ser las más aptas en el área de estudio para fines de fundación de cualquier infraestructura, debido a su mayor estabilidad geológico - geomorfológica y menor propensión a la influencia de procesos inducidos por la gravedad.
	Son zonas que no presentan problemas evidentes vinculados con procesos geomorfológicos y, de existir, son de orden menor. Existe poca incidencia de las amenazas naturales y ausencia de movimientos de masa.	Presentan las mejores condiciones físico naturales para la expansión urbana y la consolidación de nuevos urbanismo, centros poblados y de actividades asociadas a los mismos. Los usos urbanos en este caso pueden ser intensivos, con un área de seguridad destinadas a usos protectores o establecimiento de infraestructuras de contención en las márgenes del río y quebradas. En definitiva dentro de los usos recomendados estas zonas deben ser destinadas a <i>Usos Urbanos Intensivos y Asociados</i> , es decir, a <i>Usos Múltiples</i> .
	En este caso casi todas las áreas se corresponden con depósitos cuaternarios en forma de abanicos - terraza donde las pendientes son inferiores a 10° y la topografía es bastante uniforme.	Se localiza en el fondo de valle del río Mocotíes y de la quebrada Mejías, cauces principales de las quebradas El Guayabal, San Isidro y La Azulita. Abarcan una superficie de 24,3km ² (14,9%).

Cuadro 18. Matriz sinóptica del nivel de susceptibilidad baja.

Susceptibilidad	Características de las zonas	Usos recomendables localizaciones y medidas
Baja	La pendiente en estas zonas varía entre los 10° y 25°	Muestran algunas restricciones desde el punto de vista de costos de producción y la necesidad de aplicación de algunas acciones (terraceos, estabilización de taludes, muros de contención) para mantener su estabilidad; sin embargo, la imposibilidad de contar con áreas óptimas para la expansión urbana les da a estas zonas importancia y condición potencial como áreas de expansión.
	Se localizan a lo largo de los cauces de algunas quebradas afluentes de los drenajes principales que provienen de la vertiente derecha. Hacia la vertiente izquierda estas zonas ocupan mayores extensiones continuas	
	La dominancia de rangos de pendiente de baja a moderada inclinación, la heterogeneidad de unidades litológicas que además reflejan cierta calidad y resistencia, así como la orientación y disposición de los planos de discontinuidad y la poca evidencia de procesos geomorfológicos, se conjugan para que estas áreas posean una baja susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa.	Son zonas que se corresponden con partes medias y altas de filas y colinas, partes bajas de laderas, y posiciones un poco inclinadas de conos de deyección y abanicos aluviales. En ellas puede existir una intercalación de <i>Uso Urbano</i> poco intensivo con un <i>Uso Agrícola y Protector - Conservacionista (Zonas de Protección Ambiental)</i> , en los lugares donde se amerite.
Desde el punto de vista geomorfológico en estas zonas se evidencian sólo algunos deslizamientos y coronas de deslizamientos antiguos "inactivos".	Se localiza a lo largo de los cauces de algunas quebradas afluentes principales de la vertiente derecha. Hacia la vertiente izquierda se visualizan superficies más extensas. Abarca 27,1km ² (16,6%).	

Cuadro 19. Matriz sinóptica del nivel de susceptibilidad moderada.

Susceptibilidad	Características de las zonas	Usos recomendables localizaciones y medidas
Moderada	<p>Estas zonas son las más extendidas en el área de estudio.</p> <p>Las pendientes dominantes fluctúan entre los 26° y 45 °</p>	<p>Se corresponden principalmente con áreas de vertientes, nacimientos de quebradas e interfluvios. Por lo tanto algunas (Cuenca alta de las quebradas El Guayabal y San Isidro) deben ser consideradas como muy restrictivas y deben dedicarse a tratamiento proteccionista, de conservación y actividades de reforestación, es decir, <i>Zonas de Protección Ambiental</i>.</p> <p>Otras también muy restrictivas (Subcuencas Romero, San José, Los Cedros) no deben destinarse bajo ninguna circunstancia a actividades económicas de cualquier tipo, ya que, son zonas propensas a procesos erosivos y sobre todo a verse afectadas por movimientos de masa, tanto por su topografía como por las condiciones geotécnicas de las rocas que afloran en ellas. Algunas de estas áreas pueden ser definidas como <i>Zonas Críticas de Recuperación</i></p>
	<p>Las unidades litológicas donde se encuentran estas zonas, se presentan muy fracturadas y alteradas por la actividad tectónica en general de la Zona de Fallas de Boconó, principalmente las Asociaciones Sierra Nevada, Tostós y Mucuchachí. Existen áreas donde las rocas están moderadamente meteorizadas y en otros casos altamente meteorizadas.</p> <p>No obstante, hay zonas donde la calidad de la roca es buena y en consecuencia son áreas moderadamente propensas a la ocurrencia de movimientos de masa, siendo estas las que más abundan.</p> <p>En estas áreas no existe una abundancia de procesos geomorfológicos en vertientes, sin embargo, es oportuno recordar que en el rango de pendiente que domina en estas zonas, es donde se generan la mayoría de los movimientos de masa, lo que permite decir que estas áreas pueden ser consideradas como latentes y potenciales a desencadenar este tipo de procesos y elemento que hay que tener presente a la hora de intentar intervenirlas.</p>	
		<p>Se extiende y domina más del 70% de la superficie total de la vertiente derecha, mientras que hacia la vertiente izquierda las áreas ocupadas por ésta son menores.</p> <p>Abarca 85,2km² (52,3%).</p>

Cuadro 20. Matriz sinóptica del nivel de susceptibilidad alta y muy alta.

Susceptibilidad	Características de las zonas	Usos recomendables localizaciones y medidas
Muy Alta y Alta	Las pendientes fluctúan entre los 26 ° y 45 ° e incluso en muchas áreas supera los 45 °.	<p>Las zonas donde la pendiente dominante supera en promedio los 45 °, las cuales son muy restrictivas desde el punto de vista topográfico, deben dedicarse a un tratamiento proteccionista y actividades de reforestación, constituidas por los sectores de ladera propiamente dichos, así como, aquellas que además de poseer una accidentada pendiente presentan un alto grado de fracturamiento y alteración de las rocas que afloran en ellas, condiciones que hacen estas zonas propensas a movimientos de masa.</p> <p>Asimismo las áreas con pendientes superiores a 45 ° que se encuentran desprovistas de cobertura vegetal se les debe aplicar programas de recuperación y reforestación, ya que son muy susceptibles a verse afectadas por procesos de erosión hídrica, lo cual se traduce en erosión en surcos, cárcavas e incluso pueden aparecer áreas de "bad lands" que deterioran el paisaje. Desde el punto de vista de los usos recomendables estas áreas se pueden definir como <i>Zonas de Protección Ambiental</i>.</p> <p>Aquellas zonas de ladera donde las pendientes oscilen entre 26 ° y 45 °, deben ser consideradas como muy restrictivas para usos urbanos y no deben disponerse bajo ninguna circunstancia a actividades asociadas a estos usos, ya que, son zonas propensas a procesos erosivos y sobre todo a verse afectadas por movimientos de masa, tanto por su topografía como por las condiciones geotécnicas de las rocas que afloran en ellas. Estas áreas pueden ser definidas como <i>Zonas Críticas de Recuperación Ambiental</i>.</p> <p>La presencia en estas zonas de trazas de fallas geológicas activas, tampoco hace recomendable localizar cualquier tipo de infraestructura debido a que las mismas por la acción del desplazamiento lento pero continuo de las fallas, pueden sufrir daños estructurales, hundimientos, desplazamientos e incluso colapsos totales, además de verse afectadas por un posible epicentro sísmico.</p> <p>Se localizan al noreste de Santa Cruz de Mora (subcuencas El Diamante, El Barro y La Victoria) y hacia la vertiente derecha en las subcuencas de las quebradas El Guayabal, San Isidro y Ovalles. Abarca 19,9km² (12,2%).</p> <p>Se encuentran en tres zonas: (i) sección media de la subcuenca San Isidro; (ii) vertiente derecha de la subcuenca El Guayabal y (iii) en grandes extensiones de las subcuencas El Diamante, El Barro y La Victoria. Abarca 6,5km² (4%).</p>
	Son áreas con presencia de varias fallas geológicas activas, es decir, un fallamiento activo que se traduce en posibles desplazamientos del terreno y en potenciales sitios de epicentros de movimientos sísmicos leves y terremotos.	
	La presencia de fallas geológicas indica también un alto grado de fracturamiento de las rocas "in situ" que ocasiona además un alto nivel de alteración de la litología y en consecuencia espesos perfiles de meteorización y laderas muy inestables.	
	Son terrenos donde las rocas aparte de estar muy fracturadas y tectonizadas, los planos de las discontinuidades se encuentran buzando en sentido de la pendiente.	
	Las condiciones anteriormente descritas hacen estos terrenos altamente susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa en roca, suelo y sedimentos, sobre todo deslizamientos (profundos y superficiales), zonas de deslizamientos y micro-deslizamientos, derrumbes, bloques caídos y volcados e incluso los más peligrosos y violentos: los aludes sísmicos.	
Además de movimientos de masas, en estas áreas se pueden evidenciar procesos de tubificación, surcos, sistemas de cárcavas e innumerables cicatrices de coronas relativamente "inactivas" que indican terrenos inestables y propensos a deslizamientos.		

En el mismo orden de ideas, los posibles usos recomendables expuestos en las matrices sinópticas de los distintos niveles de susceptibilidad, se exponen a continuación:

❖ *Zonas de Protección Ambiental*

Estas zonas se corresponden con aquellas del área de estudio, que por sus condiciones físico naturales se consideran en su mayoría de moderadas a altamente susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa y a verse afectadas por otros procesos geomorfológicos, indicándose su localización en extensiones de bosques no intervenidos y en las nacientes de ríos y quebradas.

A continuación se exponen un conjunto de Zonas de Protección Ambiental sugeridas en lugares con presencia de cobertura boscosa y bellezas escénicas, así como en áreas que se encuentran expuestas a verse degradadas por la expansión de la frontera agropecuaria o por condiciones de fragilidad geológico – geomorfológica e incluso ecológica, entre estas zonas se tienen:

1- Parte del cerro Monte Frío la cual presenta un dominio de cobertura boscosa, asociada con áreas de pastizales. Debe garantizarse la continuidad de esta vegetación, ya que este cerro es bordeado por laderas inestables de la vertiente izquierda el río Mocotíes, y además es atravesada por varias quebradas, entre las que destaca quebrada El Barro. Se corresponde con zonas que presentan una alta a muy alta susceptibilidad al desencadenamiento de movimientos de masa.

2- Zonas de laderas en las márgenes del río Mocotíes (vertiente derecha) que exhiben una moderada susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa. En este caso esta zona comprende desde la ladera noreste de la fila de Paiva hasta la vertiente derecha de la subcuenca La Azulita, entre las cotas 600 y 900, exceptuando el área urbana del Sector Puerto Rico y la desembocadura en el río Mocotíes de la quebrada Mejías. Esta zona

constituye una ladera que posee pendientes que superan en promedio los 25° de inclinación, donde se conservan varios relictos boscosos que deben protegerse y regenerarse. Adicionalmente representa un sector de importancia conservacionista principalmente para la subcuenca de la quebrada La Azulita.

3- Vertiente izquierda de la quebrada El Guayabal, por encima de la cota 1.300 hasta los linderos del Parque Nacional General Juan Pablo Peñalosa. Esta ladera ha mantenido de forma alterna bosques, con áreas de cultivos y pastizales, no obstante, la misma presenta una condición significativa de inestabilidad y altas pendientes, así como diversas quebradas que han manifestado violentas crecidas derivadas de precipitaciones concentradas, identificándose entre estas las quebrada Las Talas, Las Lapas y San Rafael, todas afluentes de la quebrada El Guayabal. Esta zona, al no poseer un sistema productivo consolidado, y ante la peligrosidad notoria de la quebrada El Guayabal, se sugiere su consideración como zona de protección ambiental. Asimismo, en esta predominan áreas que presentan una moderada a alta propensión a la ocurrencia de movimientos de masa.

4- Áreas de la Mesa del Guamo específicamente en la fila que funge como divisoria de aguas entre la subcuenca de la quebrada El Guayabal y la de San Isidro, donde la propensión de sus terrenos a generar movimientos de masa es moderada. En su parte alta presenta un bosque de pinos y en las márgenes de las quebradas se localizan bosques alternados con pastizales. Por considerar que se mantiene un bosque significativo, y en sus partes altas, por encima de los 1.000 msnm, presentar poca intervención, debe considerarse para la consolidación y regeneración de la vegetación boscosa autóctona.

5- A partir del sector El Tres, a lo largo de la vía principal (después de pasar el Sector Puerto Rico), hasta el sector Las Colinas, la fila que forma parte de la vertiente derecha de la quebrada San Isidro, antes de su confluencia con la quebrada El Guayabal, y en su lado opuesto, de la vertiente izquierda de la quebrada Ovalles. Es una zona de altas pendientes

y de susceptibilidad a movimientos de masa moderada, dominada por pastizales, la cual debe ser sometida a programas de recuperación de la cobertura vegetal.

Asimismo, también se sugieren como Zonas de Protección Ambiental y para su consideración por parte de las autoridades competentes: la ladera suroeste de la fila de Paiva que se orienta hacia la Urbanización María Antonieta Rossi y el Liceo Eutimio Rivas, ello debido a la presencia de lotes boscosos que estabilizan dicha ladera; y las partes altas que forman una franja continua a partir de la cota 900 aproximadamente de las subcuencas El Tabacal, Los Algarrobos, Cuba Libre, Romero, San José, Los Cedros, La Parada, El Diamante, El Barro, Mocotíes y La Victoria.

Lo expuesto anteriormente se debe a que esta zona (sobre la cota 900) posee las siguientes características: (i) lotes boscosos conservados de la vegetación original de la zona; (ii) pendientes promedio superiores a los 30° de inclinación; (iii) desde el punto de vista geológico – geomorfológico son muy inestables y por ende fueron clasificadas la mayoría como de alta a muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa y (iv) representan las nacientes de muchas quebradas que drenan tanto hacia la cuenca del río Mocotíes como hacia la Zona Sur del Lago de Maracaibo.

En concordancia con Blandón *et al.* (2006), las Zonas de Protección Ambiental deben ser sometidas a procesos de control por parte de las autoridades del municipio Antonio Pinto Salinas, para su conservación, protección, defensa y mejoramiento; en las mismas se prohibirá el desarrollo de actividades que implique remoción de la cobertura vegetal o establecimiento de estructuras, salvo aquellas asociadas a actividades compatibles como son la investigación científica, reforestación con especies autóctonas, educación ambiental, guardería y monitoreo ambiental, yuxtapuesto con la recreación pasiva limitada y la dotación de instalaciones necesarias para el apoyo de estas actividades.

❖ *Zona Crítica de Recuperación Ambiental*

En el área de estudio, esta zona se corresponde con las áreas que poseen una alta fragilidad geológico-geomorfológica, asociada a pendientes que sobrepasan los 30° de inclinación y que presentan una alta inestabilidad litológica, que ante el incremento de la actividad agrícola y pecuaria, intensa deforestación u ocupación incontrolada, pueden padecer un significativo deterioro y una fuerte degradación ambiental, lo que incrementaría las posibilidades de generación de movimientos de masa y procesos de erosión hídrica.

Derivado de los resultados de la presente investigación se plantea como única Zona Crítica de Recuperación Ambiental gran parte de la ladera ubicada al norte de Santa Cruz de Mora (vertiente izquierda del río Mocotíes), entre las cotas 600 y 1.100 aproximadamente, y que abarca desde la subcuenca El Tabacal hasta la de quebrada El Barro.

Esta zona presenta un material litológico muy alterado y deleznable, con pendientes que en promedio superan los 40°, elementos que aunado al predominio de pastizales y arbustales y a las decenas de deslaves ocurridos por el evento de febrero de 2005, han generado una condición de alta inestabilidad que se ha traducido en el incremento de la ocurrencia de movimientos de masa y en el aumento de material sólido movilizado hacia los cauces de los drenajes. Estos últimos en período de lluvia se constituyen como material en tránsito potencial a ser removido por el escurrimiento superficial aguas abajo hacia el fondo de valle, ocasionando obstrucción de las arterias viales y enfermedades respiratorias a la población, como consecuencia de “nubes” de polvo de partículas en suspensión en el aire.

Se puede decir que el evento de febrero de 2005 dejó esta zona muy “resentida” y activa, ya que constantemente con la llegada de las lluvias se han suscitado nuevos movimientos

de masa en las partes altas y generado flujos de detritos que en las partes bajas han obstruido y afectado la calzada de la carretera Tovar – Santa Cruz de Mora e incluso la Avenida Bolívar y la Perimetral de Santa Cruz de Mora. Además, en ocasiones algunos puentes se han visto saturados de sedimentos, como ha ocurrido en varias oportunidades después del año 2005 y más recientemente con las fuertes precipitaciones ocurridas en la zona en el mes de octubre del año 2008.

En definitiva esta zona merece especial atención, porque de ella provienen varios drenajes que atraviesan partes densamente pobladas de Santa Cruz de Mora.

Al igual que las Zonas de Protección Ambiental anteriormente mencionadas, dicha Zona Crítica de Recuperación Ambiental merece también especial atención por parte de las autoridades del municipio Antonio Pinto Salinas, ya que el incremento de intervención antrópica inadecuada en ésta, puede acelerar procesos de degradación, pérdida de suelos e incrementar y potenciar la ocurrencia de movimientos de masa y de procesos erosivos. Esta zona debe ser destinada a programas de recuperación ambiental prioritaria, con el fin de revertir los procesos de deterioro que actualmente experimenta, de forma paralela con actividades compatibles como: conservación, educación ambiental, desarrollo de una cultura ante el riesgo e investigación científica.

En definitiva en el manejo, formulación y aplicación de las medidas de protección de la Zona Crítica de Recuperación Ambiental, debe involucrarse e integrarse la comunidad en conjunto con las autoridades competentes del municipio Antonio Pinto Salinas.

❖ *Usos urbanos y asociados (Usos múltiples)*

Este uso se corresponde con las zonas de los asentamientos consolidados que poseen una poligonal urbana delimitada. Constituyen centros integrales de servicios que concentran diversas actividades económicas y sociales necesarias para que se cumpla la función

residencial y la oferta de servicios básicos y especializados para la demanda de los habitantes residentes, de áreas suburbanas y los asentamientos rurales conectados a la capital del municipio. En el caso del área de estudio esta zona se corresponde sólo con la poligonal urbana de Santa Cruz de Mora.

Santa Cruz de Mora, en su situación de capital del municipio Antonio Pinto Salinas, es y debe seguir siendo el centro neurálgico de las funciones y servicios municipales, su localización en el fondo del valle del río Mocotíes, le ha permitido disponer de grandes extensiones de zonas dispuestas para usos comerciales, residenciales, culturales, agrícolas, turísticos e institucionales, que se relacionan de forma armónica y dan vida a la funcionalidad y operatividad del centro urbano. Esta área debe seguir siendo destinada a usos múltiples, a través de la oferta de servicios diversos y la consolidación de algunas funciones institucionales (Blandón *et al.*, 2006).

La nueva configuración y consolidación de usos en Santa Cruz de Mora, debe adecuarse a los patrones sugeridos con las Zonas de Protección Ambiental y a la Zona Crítica de Recuperación Ambiental planteadas anteriormente y que bordean su poligonal urbana, al mismo tiempo, este progreso deberá estar articulado a las obras de infraestructura necesarias para la minimización de amenazas naturales y el desarrollo de una cultura preventiva frente a los riesgos siconaturales, para así lograr disminuir los niveles de vulnerabilidad de la población.

Por otro lado, para el caso de la consideración de los terrenos disponibles con mejores condiciones para la expansión urbana y consolidación de usos dentro de la poligonal, es necesario tomar en cuenta la importancia e influencia de todos los elementos físico naturales, particularmente los factores de: pendiente, geológico o comportamiento geomecánico de los macizos rocosos y presencia de fallas geológicas, procesos

geomorfológicos, aspectos morfométricos de las cuencas hidrográficas y posibles áreas de desborde de ríos y quebradas.

El factor pendiente se refiere al grado de inclinación del terreno y define las variaciones de estabilidad de los mismos, fundación, costos de construcción y en las posibilidades de desarrollo de infraestructuras. Las zonas que poseen pendientes inferiores a 10° , las que exhiben una susceptibilidad de muy baja a baja ante la ocurrencia de movimientos de masa, resultan las más aptas para fines de fundación, por su relativa estabilidad geomorfológica e hídrica y menor propensión a efectos de la gravedad. En el área de estudio estas zonas se corresponden con las partes bajas de los abanicos - terraza, depósitos laterales, filas, colinas, el fondo de valle del río Mocotíes y el fondo de valle de las quebradas Mejías, San Isidro y El Guayabal, obviamente, considerando las áreas propensas a desbordamientos de estos cursos de agua.

Estas zonas son las que exhiben las mejores condiciones en el área de estudio para la expansión urbana y nuevos urbanismos, las cuales pueden ser destinadas a usos urbanos intensivos, con áreas de seguridad destinadas a usos protectores o establecimiento de infraestructuras de contención en caso del desborde de quebradas y del mismo río Mocotíes.

Las zonas con pendientes entre 10° y 20° con una susceptibilidad de baja a moderada ocurrencia de movimientos de masa, revelan algunas restricciones desde el punto de vista de costos de producción y la necesidad de aplicación de algunas medidas para mantener su estabilidad; no obstante, la imposibilidad de contar con áreas óptimas para el urbanismo, les da a estas zonas importancia y condición potencial como áreas de expansión. Por lo general estas zonas se corresponden con los sectores medio y altos de filas y colinas, y partes bajas de laderas.

En el caso de las zonas con más de 20° y 25° de pendiente, las cuales son de moderada a altamente propensas a desencadenar movimientos de masa, por lo general se corresponden con la mayor parte de las laderas, que por sus relieves accidentados son muy restrictivas para establecer usos urbanos y asociados. Estas pueden ser destinadas para un uso urbano de menor densidad intercalados con usos agrícolas y usos protectores en sectores medios y altos, y en márgenes de quebradas.

Las zonas con pendientes entre 25° y 45°, deben ser consideradas de altas restricciones para el establecimiento de usos urbanos y no deben disponerse a actividades asociadas a los mismos. Son zonas muy propensas a procesos erosivos y a la ocurrencia de movimientos de masa, por lo que deben ser destinadas mayormente a usos protectores, de conservación y a algunos usos agropecuarios convenientes.

Por último, las zonas con pendientes superiores a 45°, son muy restrictivas y proclives a generar movimientos de masa, por lo que deben dedicarse exclusivamente a un tratamiento proteccionista, de conservación y actividades de reforestación, constituidas por las zonas de ladera propiamente dichas.

3.2. Localizaciones y posibles medidas frente a la susceptibilidad de las subcuencas a generar eventos de crecidas y a las áreas de desborde de las quebradas y del río Mocotíes.

Durante la semana del evento hidrometeorológico del 07 al 12 de febrero del año 2005 acontecido en la cuenca del río Mocotíes y en especial en el área de estudio, quedó demostrado cuan vulnerable es el centro urbano de Santa Cruz de Mora frente a la crecidas violentas que experimentaron las quebradas, intermitentes en su mayoría, que provienen de la vertiente izquierda y las de régimen permanente de la vertiente derecha.

Ello conlleva a proponer algunas medidas y localizaciones que coadyuven a mitigar los efectos que pueden ocasionar el desborde de los drenajes en concordancia con lo

establecido en la Ley de Aguas en su artículo 6, parágrafo 2, que establece que son bienes del dominio público de la Nación, todas las áreas comprendidas dentro de una franja de ochenta metros (80m) a ambas márgenes de los ríos no navegables o drenajes intermitentes, medidos a partir del borde del área ocupada por las crecidas con un período de retorno de 2,33 años. Asimismo, recalca que quedan a salvo, en los términos que establece dicha Ley, los derechos adquiridos por los particulares con anterioridad a la puesta en vigencia de la misma.

Además, la misma Ley en su Capítulo II, artículo 54 de las Zonas Protectoras de Cuerpos de Agua, establece que se declaran como dichas zonas protectoras:

- La superficie definida por la circunferencia de 300m de radio en proyección horizontal con centro en la naciente de cualquier cuerpo de agua.
- La superficie definida por una franja de 80m a ambas márgenes de los ríos, medidas a partir del borde del área ocupada por las crecidas correspondientes a un período de retorno de 2,33 años.

Las zonas que se encuentran amenazadas por el desborde de las quebradas y por el río Mocotíes, con posibles medidas y localizaciones pertinentes que podrían ser tomadas en cuenta, se mencionan a continuación en sentido suroeste – noreste, son:

1- Todas las áreas y viviendas de la Urbanización Romero localizadas hacia la margen izquierda del río Mocotíes a menos de 30m de la misma. En esta parte se sugiere el levantamiento de una obra de infraestructura de contención o de ser muy costosa, la asesoría de parte de un Ingeniero Forestal para establecer un programa de siembra de especies vegetales de crecimiento rápido y que al desarrollarse formen una barrera

natural que pueda mitigar, disipar y hasta desviar en gran medida la trayectoria y energía del agua y por ende el impacto de una crecida originada por el río Mocotíes.

2- Las instalaciones del Club Libertador, el cual en el evento de 2005, sufrió graves daños por el desborde del río Mocotíes. En este caso aun cuando esta infraestructura se encuentra más alejada del río, en comparación con la Urbanización Romero, se pueden sugerir las mismas medidas que para el caso del urbanismo anterior.

3- En el Sector de El Mamón parte alta, existe un sitio en la parte alta de dicho sector que por sus características morfológicas es susceptible a generar un represamiento de la quebrada Romero, hecho que ocasionaría graves daños a las áreas densamente pobladas que se localizan aguas abajo, por lo que se sugiere realizar algún tipo de excavación en el talud de sedimentos de la margen izquierda para eliminar la forma encajonada en esa sección del cauce de la quebrada. Asimismo, a unos 100m del sitio antes mencionado hacia la margen derecha, se sugiere construir algún tipo de muro que proteja la carretera que conduce hacia la parte alta de El Mamón, ya que en este lugar se está dando un proceso de socavación basal por parte de la quebrada Romero el cual puede ocasionar una falla de borde de la carretera.

Justo frente al sitio donde la quebrada socava la carretera, se localizan varias familias de bajos recursos para las cuales se sugiere reubicación o construcción de alguna infraestructura de contención que evite el desborde de la quebrada Romero al momento de una crecida, ya que durante el evento de 2005, estas viviendas se vieron seriamente amenazadas por la crecida de este drenaje y ante un represamiento del mismo aguas arriba, estas familias podrían sufrir graves daños.

4- Se propone la construcción de alguna obra de infraestructura de contención o la reubicación de algunas viviendas de la parte alta del Sector San José (Sector El Zoológico

como también se le conoce), las cuales se localizan muy cerca y a poco desnivel, en la margen izquierda de la quebrada San José.

5- Para el caso del terreno donde se prevé construir el nuevo Hospital de Santa Cruz de Mora, el cual está localizado unos metros arriba de las instalaciones de la PACCA, no se recomienda la fundación del mismo en dicho terreno debido a que quedó demostrado en el evento de 2005 y con los testimonios de los testigos entrevistados que dieron cuenta de eventos históricos, que el mismo y sus adyacencias siempre se ha visto afectado por crecidas del río Mocotíes. Además de ello, en el evento reciente también se pudo constatar que tanto la Avenida Perimetral y la Avenida Bolívar como las calles que circundan el lugar de fundación, quedaron obstruidas con rocas y sedimentos e inundadas por el agua. En consecuencia, de construirse en esa área el Hospital y de ocurrir un desastre a futuro similar al del 2005, la accesibilidad al mismo sería casi nula.

Por lo tanto, se sugiere a las autoridades municipales, de ser posible, adquirir y evaluar un terreno ubicado en el área donde antiguamente existía la hacienda Romero (Colindante con el Sector El Mamón). En este sitio, actualmente se localizan algunas viviendas y pastizales. El mismo es un área plana y amplia (pendiente inferiores a los 10°) y se corresponde con depósitos cuaternarios antiguos estables en una posición geomorfológica alta sin amenazas hídricas. Además el sitio por una parte cuenta con un desnivel ideal para construir una vía de acceso principal hacia la infraestructura hospitalaria.

6- Las viviendas ubicadas en la margen derecha de la quebrada Los Cedros a pocos metros de la misma. Corresponden con la zona por excelencia de impacto directo del mencionado drenaje debido a la curvatura que este realiza en el lugar. Se recomienda reubicar las viviendas del lugar aun cuando en la actualidad en el cauce del drenaje ya se han realizado obras de control de torrentes y una berma como una forma de canalizar la quebrada.

Asimismo, se debe prohibir la localización y consolidación de nuevas viviendas o de locales comerciales en esta zona por ser un área de alto riesgo ante crecidas.

7- Todos los terrenos ubicados en la margen derecha del río Mocotíes donde antes del año 2005 se localizaba el Sector El Aserradero, quedaron devastadas por completo debido al impacto directo de la crecida del río, donde hubo pérdidas totales de viviendas y fallecimiento de algunas personas. Se debe prohibir la construcción de cualquier urbanismo en la zona por ser un área de alto riesgo ante crecidas.

8- Aun cuando los terrenos donde se localiza lo que quedó del Terminal de Pasajeros y Mercado Municipal de Santa Cruz de Mora, son áreas de impacto directo por crecidas del río Mocotíes y debido a la falta de espacios para su reubicación, se recomienda volver a erigir estas infraestructuras en el lugar; no obstante, deben construirse obras de contención para mitigar el impacto de las crecidas. Lo importante de resaltar es que la construcción de estas infraestructuras implica la prestación de un servicio más no un uso residencial que involucra la permanencia constante de personas.

9- Todas las áreas cercanas a la margen izquierda y derecha de la quebrada Mejías se encuentran amenazas por el desborde de dicho drenaje. En estas áreas se localizan urbanismos y construcciones que son altamente vulnerables frente a la amenaza antes mencionada, por lo que se recomienda construir una obra de contención. Entre estos se tienen: Urbanización María Antonieta Rossi, Liceo Eutimio Ribas, Urbanización Santa María y otras viviendas.

10- Casi todos los terrenos que abarca el Polideportivo Simón Bolívar son áreas de impacto directo ante crecidas del río Mocotíes.

11- Las áreas cercanas a ambos márgenes de la desembocadura de la quebrada La Parada.

12- Una vivienda ubicada en la margen izquierda de la quebrada El Diamante cerca de la desembocadura con el río Mocotíes, se propone reubicarla o construir una obra de contención.

13- Todos los terrenos ubicados a poco desnivel de la margen izquierda del río Mocotíes desde el Sector La Parada hasta Puente Victoria, son áreas amenazadas por el desborde del río.

14- Todas las áreas a ambas márgenes de la quebrada El Barro y las viviendas localizadas en ella. Estas zonas son espacios de impacto directo ante crecidas de la quebrada. Se recomienda embaular o canalizar dicho drenaje o construir obras hidráulicas de contención pertinentes.

15- Dos viviendas ubicadas muy cerca de ambas márgenes de la quebrada La Victoria, las cuales se localizan a poca distancia y desnivel del drenaje, y están en una situación de alto riesgo ante crecidas. Se recomienda reubicar dichas viviendas.

3.3. Posibilidades de localización y consolidación de usos dentro de la poligonal urbana de Santa Cruz de Mora

Las posibilidades de consolidación de usos y expansión de la poligonal urbana de Santa Cruz de Mora, obviamente se encuentra limitada por las condiciones del emplazamiento de este centro urbano, en una sección del valle medio inferior del río Mocotíes muy estrecha y en la cual el mismo ya ha captado el escurrimiento superficial de la mayoría de sus afluentes provenientes de ambas vertientes; estas condiciones, aunado a las características geológico-geomorfológicas, hidrogeomorfológicas e hidroclimáticas que se manifiestan en el área, le otorgan una alta vulnerabilidad a Santa Cruz de Mora.

A pesar de lo anterior en Santa Cruz de Mora se pueden generar alternativas para la consolidación de usos, sin atentar contra la calidad ambiental y con miras a disminuir la vulnerabilidad de la población.

A través de un manejo y gestión integral de riesgos socionaturales se puede lograr potenciar la permanencia, consolidación y expansión del centro urbano de Santa Cruz de Mora. Ello debe incluir un conjunto de acciones compuestas que garanticen el menor impacto posible ante la ocurrencia de amenazas naturales de tipo geomorfológicas, hídricas e hidrogeomorfológicas, procurando ante eventos anómalos tener la menor cantidad de pérdidas humanas y materiales, y el posterior tratamiento adecuado del desastre y la emergencia.

De forma paralela esta concepción integral de riesgos socionaturales permitirá contar con nuevos espacios aptos para el emplazamiento y consolidación de usos residenciales y múltiples dentro de la poligonal urbana de este centro urbano.

Para lograr el manejo y gestión integral de los riesgos socionaturales dentro de la poligonal urbana de Santa Cruz de Mora, con el propósito de diversificar las oportunidades de dicho centro urbano, debe contemplarse los siguientes aspectos:

(i) Construcción de obras de infraestructura, tales como, bermas, muros de contención, muros de gaviones, torrenteras, embaulamientos, entre otros, para el control hidráulico de los torrentes localizados en la vertiente izquierda del área de estudio (vertiente izquierda del río Mocotíes), y la canalización y construcción de obras pertinentes en ciertos sitios que mitiguen el desborde de las aguas del río Mocotíes y de las quebradas Mejías, El Guayabal y San Isidro, en áreas densamente pobladas.

(ii) Establecer programas de manejo y gestión de recursos naturales, de forma de garantizar la continuidad del potencial natural y la recuperación de las condiciones adecuadas de los torrentes, laderas inestables y focos erosivos, a través de planes de reforestación, estabilización de taludes, muros naturales de bambú y otras medidas ambientales.

(iii) Diseño y gestión de un plan de monitoreo de las amenazas de origen natural que contemple sistemas de alerta temprana y de instrumentos de construcción “artesanal”, en la medida de lo posible, con base al seguimiento satelital de fenómenos meteorológicos y de registros de caudales (hidrométricos). Asimismo, deben llevarse a cabo acciones conjuntas entre los organismos de prevención, las instituciones municipales y las comunidades organizadas, a fin de desarrollar una cultura preventiva en la población para que esta aprenda a coexistir con la amenaza.

(iv) Establecimiento de planes de contingencia, desalojo o de evacuación, para conseguir una apropiada respuesta por parte de la población ante situaciones de emergencia y de desastres. Dichos planes deben incluir vías principales y alternativas de evacuación, sitios seguros de resguardo o refugios, centros de control de acopio y abastecimiento, y lugares de administración frente a la situación de desastre.

(v) Finalmente, debe existir una regulación de usos en zonas de inminente peligro, tales como: áreas de fuerte pendiente y con inestabilidad geológico – geomorfológica, márgenes inmediatas de drenajes y zonas de desborde de quebradas y del río Mocotíes. En general, dicha regulación debe regirse por la zonificación propuesta en la presente investigación de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa y de subcuencas propensas a crecidas, así como por la delimitación de las áreas de desborde de las quebradas y del río Mocotíes para el evento de febrero de 2005.

***CONCLUSIONES**

De la implementación y alcances de la metodología

La metodología aplicada en el presente trabajo de investigación, permitió efectivamente alcanzar los objetivos planteados y establecer una zonificación de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa y de subcuencas propensas a generar eventos de crecidas. Asimismo, dicha metodología se ajustó a las características que presenta el área de estudio, por tanto los resultados obtenidos reflejan en buena medida la realidad del área en cuestión, en términos del desencadenamiento de movimientos de masa en las laderas y de crecidas violentas por parte de las quebradas.

En este trabajo se consideraron cinco (5) valores prefijados para efectos de la asignación de pesos a los factores: pendiente, geología y procesos geomorfológicos. No obstante, es oportuno señalar que los valores seleccionados pueden ser objeto de cambio, es decir, que pueden utilizarse otro conjunto de valores e incluso adicionar más categorías con su respectiva valoración o en su defecto disminuir el número de éstos.

Asimismo, la asignación de pesos a los factores: pendiente, geología y procesos geomorfológicos, va a estar en función de las características y el comportamiento de dichos factores en el área de estudio.

Dentro del factor geología podrían considerarse otro conjunto de variables que suministren más elementos de juicio para valorar la incidencia de dicho factor en la ocurrencia de movimientos de masa. Entre estos elementos pueden mencionarse: orientación predominante de las diaclasas, separación y longitud de las diaclasas, densidad de las diaclasas, ángulo de fricción interna de las rocas, presencia de fallas activas y tipos de falla, orientación de los taludes, entre otros.

De los resultados obtenidos de la zonificación de áreas susceptibles a la ocurrencia movimientos de masa

Se obtuvieron cinco (5) niveles de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos de masa: Muy baja susceptibilidad, Baja susceptibilidad, Moderada susceptibilidad, Alta susceptibilidad y Muy alta susceptibilidad. El nivel que ocupa la mayor superficie resultó ser el de Moderada susceptibilidad con 85,2km², lo cual representa 52,3% de la superficie total del área de estudio. Estas zonas exhiben pendientes que oscilan entre 26° y 45°, y se ubican en los sitios donde afloran las Asociaciones Sierra Nevada, Tostós y Mucuchachí.

Las rocas de la Asociación Sierra Nevada y Tostós se encuentran en su mayoría muy fracturadas, tectonizadas y con perfiles de meteorización de considerable espesor, situación que conlleva a la aparición de laderas inestables. Por su parte, la Asociación Mucuchachí exhibe en muchos sitios una menor alteración de las rocas y perfiles de meteorización de poco espesor, con excepción de la litología que se ha visto afectada por la presencia de trazas de fallas activas las cuales se encuentran muy alteradas, fracturadas y con planos buzando a favor de la pendiente. Los procesos geomorfológicos predominantes en estas zonas de moderada susceptibilidad son los deslizamientos y coronas (activas e inactivas).

En la actualidad estas zonas de moderada susceptibilidad están padeciendo un progresivo e intenso proceso de intervención antrópica representado fundamentalmente por la tala y la quema de la cobertura vegetal en sitios de fuerte pendiente, con fines de ampliar la frontera agropecuaria. Si a esta intervención se adiciona la extensa superficie que ocupan dichas zonas y además las características geológico – geomorfológicas de las mismas, a futuro debido, a la dinámica externa natural de la superficie terrestre, estas zonas podrían activarse desde el punto de vista geomorfológico y pasarían de comportarse como áreas moderadamente susceptibles a áreas con una alta e incluso muy alta propensión a generar movimientos de masa, entre otros procesos geomorfológicos.

Tomando en cuenta que los niveles de alta y muy alta susceptibilidad abarcan 12,2% y 4% de la superficie total del área en estudio respectivamente, al sumársele 52,3% del nivel moderado, se tendría que el 68,5% del área en cuestión, es decir, 111,6km² se calificarían como de alta a muy alta propensión al desencadenamiento de movimientos de masa.

De suscitarse lo anteriormente expuesto, a futuro la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos de similar magnitud e incluso de mayores proporciones al del mes de febrero de 2005 en la cuenca del río Mocotíes, y específicamente en el área de estudio de esta investigación, ocasionarían un mayor número de deslaves en las laderas, lo cual produciría daños más significativos al centro poblado de Santa Cruz de Mora, a todos los asentamientos humanos localizados en el fondo de valle del río Mocotíes, a las cercanías de las riberas de los afluentes y a los ubicados en posición de vertiente.

De los resultados obtenidos en la identificación de subcuencas propensas a generar eventos de crecidas

Del análisis morfométrico se desprende que de las 16 subcuencas del área en cuestión, el subsistema hidrológico de El Guayabal presenta una morfología, densidad de drenaje, densidad de cauces y una pendiente de cuenca y de cauce, que la hacen ser la subcuenca más proclive a desencadenar picos de crecidas violentos.

Asimismo, es importante resaltar que la quebrada El Guayabal por su pendiente de cauce se puede calificar como una quebrada torrencial, la cual le confiere al flujo superficial una mayor velocidad y gran capacidad de erosión y transporte de sedimentos, situación que puede agravarse al incrementarse el caudal en el momento de generarse una tormenta. Ello puede ocasionar desbordamiento de la quebrada y socavación lateral del cauce, lo que puede originar un mayor grado de afectación a la población que se asienta en el fondo de valle (más de 600 personas) localizada a exigua distancia y a poco desnivel del

drenaje, como efectivamente se pudo constatar en el sector El Guayabal parte baja, posterior al evento de febrero de 2005.

De los resultados obtenidos en la delimitación de las áreas de desborde de las quebradas y del río Mocotíes

El sitio de emplazamiento de varios sectores y urbanismos dentro de la poligonal urbana de Santa Cruz de Mora, es decir, en riberas de quebradas y del río Mocotíes (a exigua distancia y a poco desnivel), en abanicos aluviales y de detritos activos; favorece a que ante la ocurrencia de lluvias ordinarias y con más razón aún, ante la presencia de precipitaciones extraordinarias como la de febrero de 2005, los asentamientos humanos y sus actividades asociadas localizadas en los lugares antes mencionados se vean impactados en su mayoría directamente por el desbordamiento de los drenajes.

En tal sentido, la ocupación de las riberas de las quebradas y del río Mocotíes debe estar regida por lo dispuesto en la Ley de Aguas promulgada en enero de 2007, y adicionalmente por un plan de ordenamiento territorial y de planificación urbano local, teniendo como base las áreas potenciales de desborde de las quebradas y del río Mocotíes que se muestran en la presente investigación.

De los resultados obtenidos de la recomendación de usos, localizaciones y medidas desde la perspectiva de la ordenación del territorio

Dentro del contexto de la asignación de usos recomendables y con base a la zonificación de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa, se definieron un total de siete (7) Zonas de Protección Ambiental cuya finalidad es la de resguardar lugares donde todavía en la actualidad se preservan lotes boscosos autóctonos, proteger áreas que presentan bellezas escénicas de alto valor paisajístico y turístico, conservar las nacientes de drenajes, preservar áreas que se encuentran potencialmente expuestas a verse afectadas por la expansión de la frontera agropecuaria y proteger zonas que exhiben una

acentuada fragilidad geológico-geomorfológica, las cuales son altamente proclives a generar movimientos de masas u otros procesos geomorfológicos que paulatinamente deterioran el ambiente.

Es preciso recalcar que estas Zonas de Protección Ambiental deben ser sometidas a procesos de control y monitoreo por parte de las autoridades del municipio, para su conservación, protección, defensa y mejoramiento. Asimismo, en dichas zonas se debe prohibir el desarrollo de actividades que implique remoción de la vegetación o establecimiento de estructuras, salvo aquellas asociadas a actividades compatibles como son la investigación científica, reforestación con especies autóctonas, educación ambiental, guardería y monitoreo ambiental, yuxtapuesto con la recreación pasiva limitada, y la dotación de instalaciones necesarias para el apoyo de estas actividades.

También es oportuno acotar que en esta última década la cuenca del río Mocotíes y sobre todo el contexto espacial del área de estudio de la presente investigación, ha venido padeciendo un proceso intensivo de deforestación a causa de la expansión de la frontera agropecuaria. Ello ha llevado a la aparición de otro proceso natural de sucesión ecológica el cual se puede denominar “sabanización de las montañas”, es decir, que la vegetación propia de sabana (pastizales, gramíneas, hierbas, casi total ausencia de vegetación arbórea) comienza a colonizar las montañas, la cual obviamente no protege al suelo de la erosión hídrica de forma efectiva como lo hacen los bosques originarios de la zona.

Las funciones que cumple la cobertura vegetal son múltiples y si esta se corresponde con vegetación densa de bosques, independientemente del tipo de bosque, la misma va a permitir que las raíces mantengan la capa superficial fija el suelo, se reduzca el ritmo de dispersión del agua y se favorezca el proceso de infiltración lento pero casi total del agua, además de reducir la erosión por parte del impacto de las gotas de agua durante las lluvias, a través de la interceptación de la misma, de controlar las crecidas violentas de ríos

y quebradas, y mantener el flujo subsuperficial que garantiza el escurrimiento de agua en época seca, entre otras funciones.

En investigaciones que se han llevado a cabo en distintos países donde se ha analizado la relación existente entre la lluvia y la esorrentía, han demostrado que cuando se suscitan cambios en la cobertura vegetal y bajo unas mismas condiciones de lluvia, el bosque retiene hasta un 40% de la precipitación, en comparación con una cubierta de pastizales o de suelo desnudo que generan mucho más escurrimiento y erosión. En este sentido, el bosque incrementa las tasas de infiltración y el escurrimiento subsuperficial, coadyuvando de esta forma a la regulación temporal del recurso hídrico, así como a escala horaria reduce los picos de crecida violentos, a estabilizar los suelos y a disminuir la susceptibilidad a los movimientos de masa en las laderas.

En tal sentido, de continuar el proceso desmedido de deforestación en la cuenca del río Mocotés y en especial en el área en cuestión, las probabilidades y posibilidades de incrementarse la ocurrencia de movimientos de masa y sobre todo la generación de crecidas violentas por parte de los drenajes que surcan el área de estudio al momento de presentarse lluvias extraordinarias e incluso lluvias ordinarias, aumentarán a un ritmo geométrico. Este hecho aunado a la alta vulnerabilidad presente en el fondo de valle del río Mocotés y en las riberas de sus afluentes, puede significar un desastre siconatural anunciado de mayores proporciones al suscitado en febrero de 2005, el cual pudiera ocurrir en cualquier momento a futuro.

De allí la importancia de aquellas Zonas de Protección Ambiental propuestas en esta investigación, que en parte están orientadas a resguardar los relictos de bosques autóctonos en las partes medias y altas (nacientes de los drenajes) de las cuencas hidrográficas (subcuencas) del área de estudio y propiciar programas de reforestación en las mismas.

Por otra parte, se propone como única Zona Crítica de Recuperación Ambiental la faja altitudinal comprendida entre los 600 y 1100 msnm aproximadamente en la ladera norte de Santa Cruz de Mora, la cual cubre las partes medias y altas de las subcuencas El Tabacal, Los Algarrobos, Cuba Libre, Romero, San José, Los Cedros, La Parada, El Diamante, El Barro, Mocotíes y La Victoria. Ello debido a que dicha zona, posterior al evento acontecido en febrero de 2005, quedó “resentida” y activa, hecho este que se evidencia en la actualidad con la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes en las laderas y de flujos de detritos que afectan el fondo de valle y a la población asentada en este, como efectivamente sucedió con las lluvias ordinarias del mes de octubre de 2008.

En el caso de las posibilidades de consolidación de Usos Múltiples dentro de la poligonal urbana de Santa Cruz Mora, la clave está en tomar en cuenta el conjunto de resultados arrojados por la presente investigación en cuanto a las Zonas de Protección Ambiental y la Zona Crítica de Recuperación Ambiental propuestas, la Zonificación de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa, el análisis morfométrico de las subcuencas y las áreas de desborde de las quebradas y del río Mocotíes.

Todas estas observaciones en definitiva demuestran que un proceso de ordenamiento territorial, no puede estar a espaldas de las amenazas, la vulnerabilidad y en conjunto de los escenarios de riesgos siconaturales que forman parte de la realidad socioterritorial de un espacio. Por lo tanto, no puede llevarse a cabo un proceso de ordenamiento territorial sin estudios previos de amenazas y vulnerabilidad, es decir, de riesgos siconaturales, por lo que de manera insoslayable debe incluirse este tipo de estudios en el momento del diagnóstico, ya sean a nivel semi detallado (escala 1:25.000) o detallados (escalas 1:10.000 y 1:5.000) según sea el caso. Ello permitirá que la asignación de usos recomendables, las localizaciones, medidas y acciones de programación en general, estén verdaderamente en armonía con los escenarios de riesgos siconaturales y con el resto de variables físico naturales, socioeconómicas y político institucionales propias de un territorio. Además que

contribuye a lograr uno de los objetivos prioritarios de la ordenación del territorio como lo es mejorar la calidad de vida y en ésta, se incluye la sensación de seguridad.

Reflexión

“ Y allí continúa el río Mocotíes fluyendo por su valle longitudinal paralelo a sus dos vertientes que fungieron como enormes testigos del evento del 11 de febrero del año 2005, sigiloso y con apenas 15 m de ancho en promedio aproximadamente, esperando, paciente, reclamar su territorio en un nuevo período de retorno de 40, 50 ó hasta 60 años, quizás mucho menos, derivando a concluir que debemos crear conciencia y aprender a vivir realmente con la amenaza, que jamás se debe subestimar a la naturaleza y, más importante aún, que la naturaleza no es un objeto que el hombre puede explotar sin pudor, ni mucho menos que ella se hizo para que él la usara sin respetar sus leyes y ciclos naturales, sino que la clave está en vivir en equilibrio y en armonía con ella, así y sólo así el binomio Hombre – Naturaleza logrará coexistir en el planeta por un largo período de tiempo”.

El Autor

***REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALONSO, P. 2006. **Cuando se juntaron las quebradas**. Mérida – Venezuela. 169 p.

ARISMENDI, J. 2005. *Áreas susceptibles a amenaza por movimientos de masa en la subcuenca del río Camburito*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 118 p. (Inédito).

AYALA, F. y J. OLCINA (eds.). 2002. **Riesgos naturales**. Ediciones Ariel Ciencia, S. A. Barcelona - España. 1512 p.

AYALA, R.; PÁEZ, G.; y F. ARAQUE. 2007. *Análisis geomorfológico de la tragedia ocurrida por las lluvias excepcionales de Febrero 2005. Microcuenca El Guayabal, Cuenca del Río Mocotíes*. **Revista Geográfica Venezolana**. 48 (1): 59-82.

BLANDÓN, J.; ESTEVA, Y.; HERNÁNDEZ, A.; MONTES, R.; MONTILLA, J.; MUÑOZ, L. Y N. UREÑA. 2006. *Plan de ordenación del territorio del municipio Antonio Pinto Salinas – Edo. Mérida: Respuesta a una vaguada*. Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. 158 p.

CABELLO, O. 1981. *La sectorización geomorfológica. Un ensayo metodológico*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Trabajo de Ascenso, 73 p. (Inédito).

CORONA, V. y P. JAIMES. (2007). *Características hidrológicas y morfodinámicas de las microcuencas San Francisco y La Palma, afluentes del río Mocotíes*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 100 p. (Inédito).

CORPOANDES. 2005. Foro: Tragedia en el valle del Mocotíes, Causas y Medidas para una Gestión de Riesgos. Mérida – Venezuela.

CRUDEN, D.M. y D.J. VARNES. 1996. Landslide types and processes. En: Turner, A.K. y Schuster, R.L. (eds.). **Landslides—investigation and mitigation Washington, D.C.** 36 – 75. National Academy of Sciences, Transportation Research Board Special Report 247.

DUGARTE, M. 2002. *Evaluación de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa en la cuenca del río Mocotíes – Estado Mérida*. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Tesis Magister Scientiae en Manejo de Cuencas Hidrográficas, 112p. (Inédito).

DUGARTE, M. y C. FERRER. 2007. La geomorfología y su potencial como herramienta prospectiva ante los desastres naturales: Caso de la tormenta de febrero 2005 en la cuenca del río Mocotíes. *Memorias del IX Congreso Geológico Venezolano*. Caracas – Venezuela (21 – 25 de octubre).

ESTÉVEZ, R. 1993. Sismicidad. En: Schubert C. y L. Vivas. (eds.). **El Cuaternario de la Cordillera de Mérida, Andes venezolanos**. 246 – 256. Universidad de Los Andes – Fundación Polar. Mérida – Venezuela.

FERRER, C. 1984. *Un enfoque metodológico para la evaluación de la estabilidad relativa de los terrenos en la conurbación Valera – Trujillo (Andes venezolanos) la ciudad de Trujillo y sus alrededores como caso especial de estudio*. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Trabajo de Ascenso, 101 p. (Inédito).

FERRER, C y M. DUGARTE. 1988. *Estudio geomorfológico del foco erosivo “El Volcán” (Deslizamiento de Buena Vista) cuenca del río Aracay, estado Mérida*. Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Informe técnico, 144 p. (Inédito).

FERRER, C y M. DUGARTE. 1988. *Algunas consideraciones sobre los problemas de estabilidad relativa en la ciudad de Trujillo, Andes venezolanos*. **Revista Geográfica Venezolana**. 30: 97 – 125.

FERRER, C. y M. DUGARTE (eds.). (2008). **Plan de desarrollo urbano del municipio Antonio Pinto Salinas bajo el enfoque de gestión de riesgo. Caracterización de la cuenca del valle de Mocotíes, Mérida**. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) – Fundación para la prevención de los riesgos sísmicos del Estado Mérida (FUNDAPRIS). Mérida – Venezuela. Informe técnico, 520 p.

FONAIAP. 1988. **Paquete Tecnológico para la Producción de Café**. Serie Paquetes Tecnológicos. Maracay – Venezuela.

GARCÍA, S. (2008). *Identificación y jerarquización de áreas susceptibles a crecidas torrenciales en la subcuenca quebrada Mejías, municipio Antonio Pinto Salinas, estado Mérida*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 114 p. (Inédito).

GONZÁLEZ DE VALLEJO, FERRER, M.; ORTUÑO, L y C. OTEO. 2002. **Ingeniería geológica**. Prentice Hall. Madrid - España. 695 p.

GUEVARA, E., y H. CARTAYA. 1991. **Hidrología: una introducción a la ciencia hidrológica aplicada**. Universidad de Carabobo. Valencia - Venezuela. 358 p.

HERNÁNDEZ, E. 1987. **Manejo de cuencas**. Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela, 132 p.

INE. 2001. *XIII Censo Nacional de Población y Vivienda*. Instituto Nacional de Estadística. Caracas – Venezuela.

LAFFAILLE, J y C. FERRER. 2005. *Informe acerca de los resultados de la evaluación de terrenos destinados a la construcción de viviendas para ubicar a personas damnificadas por los efectos de las lluvias ocurridas en febrero del año 2005 en la región del valle del río Mocotíes*. FUNDACITE. Mérida – Venezuela. Informe técnico, 11 p.

LAFFAILLE, J; FERRER, C. y J. RINCÓN. 2005. *Antecedentes históricos de eventos meteorológicos ocurridos en el valle del río Mocotíes y sus impactos geomorfológicos*. **Revista Geográfica Venezolana**. Número Especial: 297 – 311.

LAFFAILLE, J; FERRER, C. y M. DUGARTE. 2005. *Evaluación de campo al sector La Victoria – Santa Cruz de Mora – Tovar San Francisco*. *Estudio preliminar de algunos de los efectos geomorfológicos del evento meteorológico observado el día 11 de febrero del año 2005*. Fundación para la prevención de los riesgos sísmicos del estado Mérida (FUNDAPRIS). Mérida – Venezuela. Informe técnico, 7 p.

LA RED. 1993. **Los desastres no son naturales**. [On line] <http://www.desenredando.org>.

LINSLEY, R., KOHLER, M., y J. PAULHUS. 1977. **Hidrología para ingenieros**. Mc Graw - Hill. New York – EE.UU. 386 p.

MÉNDEZ, E. 2003. **Una ventana geográfica del estado Mérida**. Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. 253 p.

MÉNDEZ, E. 2005. **Ordenación del territorio y el plan de ordenamiento territorial**. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial – ULA. Mérida – Venezuela. 130 p.

MORALES, P. 2006. *Jerarquización de torrentes en el municipio Rivas Dávila y en la parroquia San Francisco, municipio Tovar, estado Mérida*. Escuela de Ingeniería Forestal. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 57 p.

ORTIZ, A y R. REYES. 2005. *Evaluación de áreas susceptibles a amenazas naturales por movimientos de masa y crecidas torrenciales en las subcuencas La Fría y la Astillera*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 114 p. (Inédito).

PAPARONI, L. 2005. *Calamitas calamitatis: Santa Cruz de Mora y su tragedia*. Monografía. 50 p. (Inédito).

PÁEZ, G. 2005. *Análisis de la tragedia del 11 de febrero de 2005 en la cuenca del río Mocotíes*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Monografía. 80 p. (Inédito).

PÁEZ, G. y J. BOADA. 2006. *Prioridades de conservación del recurso agua en la cuenca alta del río Chama, municipio Rangel del Estado Mérida*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 227 p. (Inédito).

RAMÍREZ, R. 1998. *Aplicación de una metodología para la determinación de áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos de masa. Caso: microcuenca La Piñalera cuenca del río Dorada, estado Táchira*. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Tesis Magister Scientiae en Manejo de Cuencas Hidrográficas, 35 p. (Inédito).

REPÚBLICA DE VENEZUELA. 1989. *Ley Orgánica de Ordenación del Territorio*. Gaceta Oficial Extraordinaria Nº 3.238 de fecha 11 de agosto de 1983. Caracas – Venezuela. 26 p.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. 1999. *Constitución de la República Bolivariana de Venezuela*. Gaceta Oficial de fecha 24 de marzo de 2000. Caracas – Venezuela. 70 p.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. 2007. *Ley de Aguas*. Gaceta Oficial 38.595 de fecha 2 de enero de 2007. Caracas – Venezuela. 55 p.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. 2008. *Proyecto de Ley Orgánica para la Ordenación y Gestión del Territorio*. Caracas – Venezuela. 55 p.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. 2009. *Ley de Gestión Integral de Riesgos Socionaturales y Tecnológicos*. Gaceta Oficial 39.095 de fecha 9 de enero de 2009. Caracas – Venezuela. 9 p.

RODRÍGUEZ, L. (2007). *La configuración hidrológica de la subcuenca de la quebrada Mejías y sus principales afluentes, como respuestas a crecidas torrenciales (Municipio Antonio Pinto Salinas – Estado Mérida)*. Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 79 p. (Inédito).

RUIZ, E. 2001. **Hidrología. Evolución y visión sistémica. La morfometría de cuencas como aplicación.** UNELLEZ. Barinas – Venezuela. 298 p.

SILVA, G. 1999. *Análisis Hidrográfico e hipsométrico de la cuenca alta y media del río Chama.* **Revista Geográfica Venezolana.** 40 (1): 9 – 42.

SUÁREZ J. 1998. **Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.** Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga – Colombia. 540 p.

VIVAS, L. 1992. **El Cuaternario.** Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. 266 p.

VARNES, D.J. 1978. Slope movement types and processes, en Schuster, R.L. y Krizek, R.J. (eds.). **Landslides: analysis and control: Washington, D.C. 12 – 33.** National Academy of Sciences, Transportation Research Board Special Report 176.

VARNES, D. 1984 **Landslides hazards zonation: a review of principles and practice.** Natural Hazards 3 UNESCO. 61 p.

VIELMA, J. 2000. *Caracterización urbana, amenazas naturales y ordenamiento territorial. Caso: área urbana de San Cristóbal.* Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Tesis Magister Scientiae en Ordenación del Territorio y Ambiente, 141 p. (Inédito).

WHITTOW, J.B 1984. **Diccionario de geografía física.** Alianza Editorial S. A. Madrid España. 2da Ed. 557 p.

ZAMBRANO, G y E. QUEVEDO. 2007. *Validación de una metodología para zonificar áreas susceptibles a movimientos de masa a través del análisis comparativo del antes y después del evento meteorológico acontecido en el año 2005 en la cuenca del río Mocotíes. Caso: subcuenca San Francisco, municipio Tovar, estado Mérida.* Escuela de Geografía. Universidad de Los Andes. Mérida – Venezuela. Trabajo Especial de Grado, 95. (Inédito).

Bdigital.ula.ve