

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CENTRO DE ESTUDIOS FORESTALES Y AMBIENTALES DE POSTGRADO
OPCIÓN: MANEJO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

**ZONIFICACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO MOTATÁN,
ESTADO MÉRIDA**

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de Magister Scientiae

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Ing. For. Daphne V. Avendaño P.

MSc. Edgar Hernández (tutor)

MSc. Juan López (Asesor)

Mérida, Venezuela

2004

SEB I U L A
Tulio Feores Coraero

DONACION

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en la zonificación del riesgo por inundación en la cuenca alta del río Motatán, en la parte Nororiental del Estado Mérida, en el Municipio Miranda, empleando el procedimiento desarrollado por el Ministerio de Planificación del Territorio y del Medio Ambiente y el Ministerio del Equipamiento, Transporte y Vivienda de Francia (PPR), adaptado a las características e información disponible para el área de estudio.

Esta área presenta inestabilidad natural donde se han producido en las últimas décadas crecidas que han ocasionado pérdidas económicas que se traducen en daños a viviendas, áreas de cultivos agrícolas e infraestructura, poniendo en peligro y en estado de alerta a los moradores de las poblaciones de la zona, como Timotes, Chachopo y La Venta.

El método de análisis y cartografía del riesgo por inundaciones es de tipo cualitativo. La zonificación del riesgo por inundaciones utilizando esta metodología comprende tres etapas fundamentales: la calificación de la amenaza hidrológica, la determinación de la vulnerabilidad y la zonificación del riesgo, las cuales permitieron obtener los mapas de: amenaza hidrológica, vulnerabilidad y a su vez el Mapa de Zonificación del Riesgo por Inundaciones en la cuenca alta del río Motatán.

Las zonas de riesgo por inundaciones determinados son: riesgo alto ocupa una superficie de 6.57 Km², lo que representa el 3.26 % de la superficie total de la cuenca alta del río Motatán. Se localizan hacia la zona nor – oriental de la cuenca en una franja aledaña y paralela al río Motatán, comprendida entre las poblaciones de Chachopo y Timotes. La zona de riesgo medio cubre una superficie de 29.02 km², que representa el 14.39 % del área total bajo estudio (201.73 Km²), ubicada hacia las dos vertientes del río Motatán, parte baja del sector denominado “La Venta” y en la parte baja y media de la quebrada El Turmero. La zona de riesgo bajo esta comprendida en dos áreas, la primera hacia el sector denominado “La Cañada” y la segunda hacia el sector “El Rincón” y “Cañada Cerrada”. Ambas áreas ocupan una superficie de 19.90 km², que representa el 9.86 % del área total de estudio. Las zonas sin riesgo esta localizada hacia las partes altas del área de estudio. Abarca una superficie de 146.24 km², que representa el 72.49 % del área de estudio.

Índice

1. Introducción y planteamiento del problema	1
2. Objetivos	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
3. Revisión de literatura	5
3.1 La cuenca del río Motatán	5
3.2 Las crecidas e inundaciones. Causas y procesos	7
3.3 La amenaza hidrológica	10
3.4 La vulnerabilidad	11
3.5 El riesgo de inundación	13
3.6 La gestión del riesgo	14
3.7 Metodologías	17
3.7.1 Modelos hidrológicos estadísticos	17
3.7.2 Modelos hidráulicos numéricos de simulación unidimensional y bidimensional del caudal de crecida	17
3.7.3 Modelos de simulación cartográfica usando fotografías aéreas, imágenes de satélites y sistemas de información geográfica.	18
4. Metodología	21
4.1 Procedimiento	21
A) Calificación de la amenaza hidrológica	23
A.1. Análisis de la cuenca hidrográfica	23
A.2. Cartografía de las unidades hidrogeomorfológicas	23
A.3. Eventos de crecidas	26
A.4. Calificación de la amenaza hidrológica	27
A.5. Constitución de la base de datos	29
B) Determinación de la vulnerabilidad	32
C) Zonificación del riesgo por inundación	33
4.2 Materiales y equipos	34
4.3 Equipos y programas	34
4.3.1 Programas	34
4.3.2 Equipo	34
5. Análisis de los resultados	36
A) Calificación de la amenaza hidrológica	36
5.1 Análisis de la cuenca hidrográfica	36
5.1.1 Localización del área	36
5.1.2 Características físico - naturales	36
5.1.2.1 Geología y Litología	36
5.1.2.2 Relieve y Geomorfología	37
5.1.2.3 Clima	38
5.1.2.4 Zonas de vida	39
5.1.2.5 Vegetación y uso de la tierra	41
5.1.2.6 Suelos	44
5.1.2.7 Hidrología	44
5.2 Análisis hidrogeomorfológico	47
5.3 Eventos de crecidas	55
5.4 Calificación de la amenaza	70
5.5 Constitución de una base de datos	79

B) Determinación de la vulnerabilidad	81
C) Zonificación del riesgo por inundación	90
6. Conclusiones	94
7. Recomendaciones	97
8. Bibliografía	98
9. Anexos	

81
90
94
97
98

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

INDICE DE TABLAS

Nº	DESCRIPCION	PAG.
1	Valores asignados a cada una de las variables	27
2	Calificación de la amenaza hidrológica	28
3	Criterios de decisión para la determinación del riesgo por inundación	33
4	Pisos térmicos	39
5	Principales quebradas que conforman la red hidrológica del área	46
6	Relaciones entre el tipo de cauce y la frecuencia de las crecidas	47
7	Daños ocasionados por la crecida del 16/06/90	47
8	Daños ocasionados por la crecida de fecha 26/06/93	57
9	Daños ocasionados por la crecida del 17/07/2001	64
10	Valores medios para las diferentes variables en cada una de las unidades	65
11	Valores de las variables	71
12	Valores de ponderación	72
13	Calificación de la amenaza hidrológica	73
14	Caudal medio anual	73
15	Información contenida en los archivos generados por cada uno de los programas empleados	76

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

INDICE DE FOTOS

Nº	Descripción	Página
1	Salida de la población de Chachopo hacia Timotes	50
2	Adyacencias del poblado "Cruz Chiquita"	50
3	Límites de los Estados Mérida y Trujillo	50
4	Límites de los Estados Mérida y Trujillo	50
5	Poblado de Chachopo	53
6	Poblado de La Venta	53
7	Muro de protección. Poblado La Venta	53
8	Sector Agua Larga	54
9	Sector Cruz Chiquita	54
10	Vista panorámica de Timotes	84
11	Caserío Chijós, en Timotes	84
12	Cercanías de "El Rincón"	84
13	Caserío "Cañada Cerrada"	84
14	Centro poblado Timotes	85
15	Barrio "Las Playitas"	85
16	Canalización del río Motatán y muros. Centro poblado de Timotes	86
17	Muro de protección. Poblado La Venta	87
18	Sector "Las Adjuntas"	87
19	"El Rincón"	87
20	Sector "Punta Brava". Timotes	88
21	Sector "Vega Azul"	88
22	Sector "Vega Azul"	88
23	Sector "El Rincón"	23

INDICE DE MAPAS

N°		
1	Mapa de Unidades Hidrogeomorfológicas	49
2	Mapas de Amenazas Hidrológicas	78
3	Mapa de Vegetación y Uso de la Tierra	82
4	Mapa de Infraestructuras y Actividades Económicas	83
5	Mapa de Zonificación del riesgo por inundación	91

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

INDICE DE FIGURAS

Nº	Descripción	Página
1	Esquema metodológico. Principales etapas en el estudio del riesgo por inundación en la cuenca alta del río Motatán	22
2	Corte transversal mostrando el valle y las terrazas antiguas	24
3	Modelo espacial vectorial	31
4	Microcuencas cuenca alta del río Motatán, Estado Mérida, Venezuela.	45
5	Interpretación de fotografías aéreas	48
6	Tipos de cauces que presenta el río Motatán.	51
7	Sector Matadero. Crecida 16/06/90	59
8	Sector Los Llanitos. Crecida 16/06/90	60
9	Sector Puerto Escondido/ Puente Real. Crecida 26/06/93	61
10	Sector Puente Real/ Las Porqueras. Crecida 26/06/93	62
11	Sector Las Porqueras/ El Llanito	63
12	Localización de áreas afectadas por crecidas e inundaciones del río Motatán en Timotes	69
13	Estadísticas	93

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

1. INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Ante la creciente ocurrencia de pérdidas ocasionadas por los diferentes tipos de amenazas naturales, la Asamblea General de las Naciones Unidas en el año de 1989 designó la década de 1990 como el “Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales”, con el objetivo básico de promover políticas y acciones para reducir la pérdida de vidas, los daños materiales y las perturbaciones sociales y económicas, causadas en los distintos países por los desastres naturales, tales como inundaciones, terremotos, erupciones volcánicas, incendios forestales y otras calamidades.

En los años comprendidos entre 1976 – 1994 las pérdidas causadas por desastres naturales en los países de América Latina y el Caribe fueron del orden US \$ 43 mil millones de dólares, un monto similar al valor de toda la cooperación técnica y financiera recibida en estos países en el mismo periodo ([http:// www. oas.org/usde/publication](http://www.oas.org/usde/publication)).

En este sentido la mayoría de los gobiernos europeos y de América Latina han decidido desarrollar políticas de gestión de riesgos naturales y tomar medidas para disminuir los daños de las amenazas naturales. En Venezuela, se han propuesto la Ley del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo, la Ley de Bomberos y Bomberas y Administración de Emergencias de Carácter Civil y la Ley de Organización Nacional de Protección Civil y Administración de Desastres, tendientes a la gestión de riesgos, la gestión de emergencias y desastres naturales.

Así mismo, se ha realizado una aproximación a la gestión del riesgo, a través de la Educación y la Capacitación Comunitaria mediante Programas de Seguridad Escolar y Autoprotección Ciudadana como por ejemplo los dictados periódicamente por el Instituto de Protección Civil y Administración contra Desastres del Estado Mérida (INPRADEM), la creación de la carrera media de Técnico Superior Universitario en Manejo de Emergencia y Acción contra Desastres, única en Latinoamérica y dictada en el Instituto Universitario Tecnológico de Ejido, estado Mérida.

En el estado Mérida existen otras instituciones que se encargan de esta materia, como lo son el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales el cual elabora informes diagnósticos,

evaluaciones, asesorías y dirección de trabajos de emergencias. Las Alcaldías también tienen inherencia en esta problemática como es el caso de la Alcaldía del Municipio Miranda, creando la Oficina Municipal de Ambiente y Agricultura, la cual es la encargada de coordinar los distintos proyectos así como las charlas y talleres desde los centros educativos destinados a la comunidad en general. Así mismo la Alcaldía del Municipio Miranda viene trabajando en la canalización del río Motatán desde hace 18 meses con maquinaria adquirida por esta misma institución (Mérida, Frontera, 2a, 4 de Junio de 2003) observándose de esta manera que las políticas están cambiando de una cultura de reacción a una política de prevención.

El presente estudio tiene por objetivo elaborar la zonificación del riesgo por inundación en la Cuenca alta del río Motatán y se desarrollará dentro de los límites del Estado Mérida, como parte del proyecto de "Riesgos Naturales en los Andes Venezolanos" el cual es patrocinado mutuamente entre los gobiernos de Venezuela y Francia, a través de ECOS-NORD, FONACIT y la Universidad de los Andes.

La cuenca alta del río Motatán se localiza en los Andes Venezolanos, en la parte nororiental del estado Mérida, en el Municipio Miranda. Geográficamente la cuenca se encuentra dentro de las coordenadas UTM, Norte 978.800 y 1.000.000 m y al Este 293.800 y 315.200 m.

Es un área que presenta una inestabilidad natural, y en donde se han producido en las últimas décadas crecidas que han dañado infraestructuras (puentes, carreteras, viviendas, obras de toma de acueductos y sembradíos), poniendo en peligro y en estado de alerta a los moradores de las poblaciones de la zona, como son Timotes, Chachopo y La Venta.

Las crecidas reportadas en 1910, 1912, 1917, 1941, 1978, 1990, 1993, 1996 y 2001 (Espinoza, 1997) atestiguan la actividad de crecidas torrenciales en la cuenca alta del río Motatán.

El río Motatán es uno de los más importantes de Los Andes Venezolanos. Tiene su nacimiento en el páramo de Mucuchíes a 4000 m.s.n.m en el Estado Mérida, desde donde comienza su recorrido en un amplio valle en forma de U. Cerca de Cruz Chiquita corre a lo largo de una fosa tectónica, presentando un estrecho valle de fuertes pendientes, en toda su trayectoria corta depósitos aluviales

existentes tanto longitudinalmente como lateralmente (terrazas y conos de deyección aportados por un significativo número de afluentes) hasta desembocar en el Lago de Maracaibo. Los caudales a lo largo de su red de drenaje generan un importante impacto económico favorable, ya que surte a muchos pequeños sistemas de riego, acueductos, truchiculturas etc, pero también se producen daños por las violentas crecidas e inundaciones que afectan a los poblados, puentes, carreteras y sembradíos especialmente aguas abajo de las poblaciones de Chachopo y Timotes.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Zonificar el riesgo por inundación en el fondo del valle de la cuenca alta del río Motatán, Estado Mérida utilizando el procedimiento desarrollado por el Ministerio de Planificación del Territorio y del Medio Ambiente y el Ministerio del Equipamiento, Transporte y Vivienda de Francia.

2.2. Objetivos específicos

1. Calificar la amenaza hidrológica a través del análisis de la cuenca hidrográfica, de los datos históricos de inundaciones y de la representación cartográfica de las unidades hidrogeomorfológicas.
2. Determinar la vulnerabilidad a través del análisis espacial de la infraestructura y actividades económicas.
3. Integrar los resultados de la zonificación de la amenaza hidrológica y vulnerabilidad para conseguir la zonificación propuesta en el objetivo general.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Cuenca del río Motatán

La cuenca del río Motatán ha sido motivo de importantes estudios que la han evaluado desde los puntos de vista físico natural, socioeconómico, de planificación de los recursos naturales, entre otros; algunos realizados para toda la cuenca, otros referidos solamente a la cuenca alta. Aguilar y Mendoza, (1975), Parra, M., (2002) se concentraron en el estudio del uso de la tierra en la cuenca alta. Cháves L, (1962) analizó el clima. Existen otros estudios, algunos relacionados con problemas de erosión, riesgo, suelos, etc.

Parra y Sánchez., (1993) tratan de establecer las relaciones entre los depósitos del cuaternario y el uso de la tierra en la cuenca alta y media del río Motatán en un esfuerzo por explicar las relaciones existentes entre estos dos factores; precisando con ello, las potencialidades, limitaciones, usos predominantes y tendencias en función de los usos que se le ha dado y continua dándoseles a la tierra.

En este sentido, la interrelación es abordada desde una perspectiva geológica y geomorfológica, tomando como variables principales el origen y las formas de estos depósitos, a sabiendas que, el uso de la tierra no es exclusivo de las formas del terreno, sino que, además, implica el concurso de las características ecológicas y los factores económicos, sociales, culturales, históricos, políticos e institucionales.

Alvarado y Mendoza, (1974) analizaron los recursos existentes en la cuenca del Motatán por medio de un método que permite transformar la información meramente descriptiva en un conjunto integrado de datos que muestran desde un punto de vista geográfico, la situación actual de los recursos de que se dispone. Empleando la misma metodología Aguilar y Mendoza, (1975) determinaron las áreas potenciales con cierta homogeneidad adecuadas para el desarrollo de actividades agropecuarias, considerando la capacidad productiva de los suelos en estrecha interrelación con variables físicas y socioeconómicas. Partiendo del diagnóstico integral tanto de los aspectos formales como funcionales del uso actual y potencial de la tierra, delimitaron las áreas para

el desarrollo agropecuario y sugirieron algunas líneas de acción a considerar en el proceso de planificación regional.

Huiza y Pérez., (1997) realizaron un Balance Hídrico Preliminar con fines de Disponibilidad y Demandas de Agua en la cuenca alta del río Motatán, Estado Mérida. Consideraron una red de 11 estaciones pluviográficas de las cuales 7 de ellas presentan registro de 20 años consecutivos (1976 – 1995), y las estaciones restantes registraron la temperatura para un periodo de 4 años (1980 – 1983). Los datos faltantes de las estaciones se estimaron utilizando el método de correlación y regresión lineal simple. Los autores elaboraron 12 mapas isoyéticos y 12 modelos de regresión para estimar la temperatura media mensual para compensar la limitante de información climatológica. Confeccionaron una retícula que permitió la localización de 18 puntos de estimación, distribuidos en toda el área, con el fin de obtener en los mismos puntos, datos referidos a las variables temperatura y precipitación. Compensados y corregidos los valores de precipitación y temperatura, emplearon el programa “FIHID” para el cálculo de las fichas hídricas con la finalidad de estimar la evapotranspiración potencial y la evapotranspiración real.

Parra, M., (2002) estudio la cadena de Markov en el proceso de cambios y tendencias en el uso de la tierra. Evaluó los cambios en el uso de la tierra en el periodo 1988-1996 mediante imágenes TM – LANDSAT detectando 36 tipos de cambios con una clasificación cruzada.

Vielma, J., (1997) estudió las características físico – naturales de los espacios más urbanizados de la región andina venezolana. Utilizó el grado de urbanización a nivel municipal (relación entre la población urbana y total), con el objeto de incluir los municipios que conforman los Estados Táchira, Mérida y Trujillo con el mayor nivel de urbanización (60 – 80 y 80 – 100%). Además empleó un inventario de los aspectos físico naturales donde se destacan las variables bioclima, geología, sismicidad, relieve, geomorfología y vegetación. El estudio y análisis de estos aspectos ambientales, le permitió realizar una zonificación de áreas ambientales, con sus distintos grados de susceptibilidad físico natural por municipios, y finalmente se establecieron las bases para un estudio de problemática físico – ambiental en función de las condiciones del medio natural andino, sintetizadas en categorías físico – naturales y del patrón de urbanización en los estados andinos.

Sin embargo, no hemos encontrado en las bibliotecas consultadas (Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, entre otras), estudios referidos a los problemas causados por las crecidas e inundaciones en esta región. Las crecidas e inundaciones son situaciones que, de acuerdo a la información aparecida en la prensa local, han producido daños económicos y perturbaciones sociales significativas en los años 1993 y 2001, que seguramente se incrementarán en el futuro a medida que continúe el poblamiento y ocupación anárquica en su zona aluvial y que no se apliquen acciones preventivas.

Las crecidas e inundaciones en la cuenca alta del río Motatán son fenómenos naturales que se producen en los cauces principales como consecuencia de un incremento de los caudales sólidos y líquidos. Estos aumentos se producen en forma recurrente como resultado de la ocurrencia de lluvias o el derretimiento de nevadas que caen en la zona superior de la cuenca.

3.2. Las crecidas e inundaciones. Causas y procesos

Las inundaciones son consecuencia derivada de la recurrencia estocástica de las crecidas, sumada a condiciones de insuficiencia de los sistemas de evacuación (cauces naturales, sistemas de drenaje artificiales, colectores urbanos, etc.) (www.gobiernoregional.cl).

La recurrencia de las crecidas está asociada a las características del régimen pluviométrico y térmico, a las características morfométricas de la cuenca hidrográfica, a su conformación geológica y edáfica, al desarrollo del sistema de drenaje, al uso de la tierra y de las prácticas de conservación de suelos, las cuales influyen en el volumen de los caudales, en el tiempo de respuesta hidrológica, en la carga de sedimentos, etc. (www.gobiernoregional.cl).

Se calcula que el tiempo de recurrencia de crecidas de 300 m³/seg. del río Motatán es aproximadamente de 100 años, por lo tanto la amenaza para ese tipo de crecidas no es muy alta. Las inundaciones son un evento natural y recurrente de un río. Estadísticamente, los ríos igualarán o excederán la inundación media anual cada 2,33 años. (Leopold et al. 1964).

Las crecidas se desbordan cuando ocurre una insuficiencia entre la capacidad de evacuación de los cauces y el volumen a evacuar en un determinado momento. ([http:// gobiernoregional.cl](http://gobiernoregional.cl)).

Las crecidas e inundaciones se generan principalmente por un conjunto de causas de tipo natural y del uso de la tierra en las cuencas de recepción. Pero los daños y desastres asociados a las inundaciones obedecen a la confluencia de condicionantes económicas, culturales, institucionales y de ocupación de los terrenos inundables. Haas, C., (1993).

Pagney F., (1994) estudió las inundaciones en tres pueblos de las Antillas francesas (Fort de France, Saint Pierre y Basse Terre) y concluyó que los principales factores que influyen sobre la generación de crecidas y catástrofes fueron: las montañas con vertientes muy empinadas que facilitan el escurrimiento, las precipitaciones intensas, los cauces reducidos con poca área de transporte y la población localizada en áreas inundables.

El problema de la poca área de transporte en el cauce también ha sido reportado por Shixiong H., et al (2001). Estos autores indican que debido al uso excesivo del agua en la cuenca alta y media del río Haihe en China, cada vez fluye menos agua. Los sedimentos originados en las cabeceras del río se depositan en la boca del río, disminuyendo rápidamente la capacidad de descarga del cauce, la cual ha sido reducida enormemente, resultando en un mayor peligro de inundación.

A lo largo de la historia de la humanidad muchos asentamientos poblacionales se han establecido a orillas de ríos y quebradas sin evaluar en detalle los riesgos a las amenazas de las inundaciones. Es así como el hombre ha tenido que confrontar los embates de la naturaleza con una falta de planificación y ordenamiento de los usos y aprovechamientos del suelo en donde se asientan. Valdivia L., et al (1993).

El Geological Survey de los EEUU (USGS, 2002) analizó las lluvias torrenciales ocurridas en diciembre de 1999 que generaron miles de deslizamientos de tierra a lo largo de la Cordillera de la Costa en el estado Vargas, en el norte de Venezuela. Entre el 2 y el 3 de diciembre, se registraron 200 mm de lluvias, y a los pocos días, del 14 al 16 de diciembre, se midió un evento de lluvia de gran magnitud 911 mm. Los flujos detríticos y las inundaciones en los abanicos aluviales destruyeron comunidades costeras, ocasionando una severa catástrofe de propiedades, dejando una pérdida

estimada de 19.000 vidas humanas. Como la mayor parte de la zona costera de Vargas, consiste en frentes de montañas empinadas que se elevan abruptamente desde el mar Caribe, los abanicos aluviales son las únicas áreas apetecibles para la construcción. Para reocupar estas áreas se requieren identificar cuidadosamente las zonas de amenaza potencial a las inundaciones para evitar futuras pérdidas de vidas y propiedades.

Takahashi T., (2001) también analizó las catastróficas crecidas e inundaciones y arrastre de sedimentos que ocurrieron en 1999 al norte de Venezuela. Las severas precipitaciones ocurridas en diciembre de 1999 causaron numerosos derrumbes, flujos de detritos y riadas en la Costa del Caribe de Venezuela y la pérdida de 25.000 a 50.000 vidas humanas. El evento natural fue tan largo y severo como los que ocurren usualmente en Japón. Indica que la causa dominante fue el uso desordenado de la tierra, específicamente los "barrios" que se encuentran localizados en las áreas de mayor peligro de inundación, cuya relocalización no es fácil.

Las cifras estimadas inicialmente reportaron pérdidas de 19.000 a 50.000 vidas humanas. Investigaciones posteriores indicaron que el número de fallecidos no llegó a cifras tan elevadas.

Muscar E., y Franchini T., (1992) analizan la problemática de la ciudad de Colonia Resistencia, en Argentina, ante las inundaciones periódicas, establecida a unos 10 Km. del río Paraná, con un total desconocimiento del comportamiento hidrológico del río. La ciudad tiene una fuerte expansión demográfica, llegando a poblarse los núcleos colindantes. En época de lluvias, la escasa permeabilidad de los suelos por ser arcillosos, la poca pendiente y la baja capacidad de absorción de los excesos de agua, debilitan la evacuación natural de los cursos de agua. Con estas características del sitio, altamente desfavorables para sostener una población estable, gran parte del área urbanizada sufre anegamientos periódicos. En la actualidad se sigue edificando en terrenos ubicados en cotas bajas, la construcción indiscriminada de pavimentos disminuye aún más el poder de absorción del suelo y el relleno de las lagunas naturales que sirven como receptáculos de los excesos de agua es una práctica permanente.

Thomas K., et al (1997), mencionan que debido al rápido crecimiento poblacional y a los subproductos indeseables de la tecnología (dióxido de carbono, vapores de agua, metano), se esta

cambiando los patrones climáticos de nuestro planeta. Los climatólogos opinan que la temperatura media global se ha incrementado medio grado Celsius durante el último siglo y se espera que la temperatura media global continúe aumentando, 1.0 a 3.5 grados °C adicionales para el año 2100 lo que indudablemente afectará los regímenes hidrológicos y las inundaciones.

En todo caso es importante disponer datos históricos de eventos naturales pasados. La comprensión del sistema hídrico en la determinación de las zonas inundables necesita de datos de toda la cuenca hidrográfica. La información sobre eventos pasados históricos en materia de daños es muy útil en el análisis de la situación hidrometeorológica actual. Zangelmi F., (2001).

Sobre las inundaciones aun existen muchos conceptos erróneos e ideas falsas que dificultan su adecuada comprensión. Por ejemplo se cree que las frecuencias de las inundaciones son bien entendidas, lo que no es cierto; además, el calentamiento global ha modificado los sistemas meteorológicos. Pielke R., (1999).

3.3. La amenaza hidrológica

La "amenaza de inundación" se evalúa a partir del análisis de la comparación topográfica entre el nivel del río y el nivel o altura de los terrenos aledaños.

La amenaza natural o peligro se refiere a la probabilidad o posibilidad de que un evento de determinada magnitud se produzca en un determinado lapso. En el caso de una inundación, los datos históricos permiten evaluar cada cuánto tiempo existe la probabilidad que se produzca una gran crecida del río y por lo tanto una inundación. Cantu, P., (1998).

Para evaluar la amenaza de inundaciones un planificador debe saber: dónde se encuentran las llanuras de inundación y las áreas inundables, con qué frecuencia ocurren las crecidas e inundaciones, cuánto tiempo duran la inundaciones más frecuentes y en qué época del año se espera que ocurran las inundaciones ([http:// www. oas.org/usde/publication](http://www.oas.org/usde/publication))

3.4. La vulnerabilidad

La vulnerabilidad puede definirse como el grado de propensión a sufrir daño por las manifestaciones físicas de un fenómeno de origen natural o causado por el hombre. La vulnerabilidad de una comunidad o de un bien material depende de varios factores, entre los cuales pueden destacarse los siguientes:

- Su grado de exposición a un tipo de amenaza (localización sobre un terreno inundable o no inundable, suelos blandos que pueden amplificar las ondas sísmicas, sobre o aledaño a un terreno que puede deslizarse, etc).
- El grado de incorporación en la cultura de la educación y de los conocimientos que permita a los pobladores reconocer las amenazas a las cuales están expuestos. Es decir, el grado de entendimiento sobre los procesos naturales y tecnológicos que pueden afectarlos, como insumo básico para prevenir y mitigar (evitar o disminuir) los efectos de los fenómenos considerados como peligrosos. Es más vulnerable una comunidad que ignora o desafía los procesos del medio ambiente en el cual vive, que una consciente de ellos.
- La calidad del diseño y de la construcción de las viviendas y de otras edificaciones, y de la urbanización; la calidad de los servicios públicos; la calidad de los terrenos sobre los cuales se habita o se construye o la presencia o ausencia de medidas físicas adecuadas de protección.
- El grado de organización de la sociedad y la capacidad de interacción y de diálogo entre sus diversas instituciones: las de la comunidad, las del Estado, de las Organizaciones No Gubernamentales, las de las empresas privadas, las de los gremios y las asociaciones profesionales.
- La voluntad política de los dirigentes y de quienes toman decisiones (incluyendo a las organizaciones comunitarias), y la capacidad de los equipos de planificación para orientar físico, socioeconómico y cultural, teniendo en cuenta medidas de prevención y de mitigación de riesgos.
- Las capacidades de las instituciones que prestan apoyo en las emergencias, como los sistemas locales de servicios de salud y los organismos de socorro (Cuerpo de Bomberos, Cruz Roja, Defensa Civil, etc).

<http://osso.univalle.edu.co/doc/publicac/planii/cap01/text02.htm>.

De igual modo la vulnerabilidad puede definirse como el factor interno de riesgo de un sujeto, objeto o sistema expuestos a una amenaza, y que corresponde a su disposición intrínseca a ser afectado, de ser susceptible a sufrir daño. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un fenómeno natural o causado por el hombre se manifieste.

www.snet.gdo.sv/Documentos/conceptos.htm.

Cantu, P., (1998), la vulnerabilidad resulta de la confrontación de la fragilidad del sistema natural con una determinada actividad antrópica. Por ejemplo, para que un territorio sea vulnerable a la inundación, además de que muestre condiciones naturales adecuadas (llanura de inundación), debe desarrollarse en él una actividad humana de valor económico (vivienda, industrias, agricultura, comercio, etc.). Entonces para ser vulnerable no basta con que el sistema sea frágil, además debe existir una actividad antrópica de determinado valor económico. Cuanto mayor sea ese valor y más frágil sea, el territorio será más vulnerable.

La probabilidad se refiere al grado de certeza de ocurrencia de un evento en particular. Usualmente está basada en la frecuencia histórica.

La fragilidad natural son las condiciones del medio que facilitan los procesos de degradación o alteración. Un suelo que tiene poco contenido de humus y arenoso generalmente es poco resistente a los procesos de erosión. Cantu, P., (1998).

Esta definición de vulnerabilidad es contraria a la percepción de los peligros naturales como un mal inevitable que ocurre debido a las fuerzas incontrolables de la naturaleza. Traslada el peso de la causa de los procesos puramente naturales a la presencia concurrente de actividades humanas y eventos naturales (<http://200.15.46.216/inveyana/polisoc/anexo2.htm>).

3.5. El riesgo de inundación

El riesgo es generalmente definido como la probabilidad de que ocurra un fenómeno en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado y afecte económica, social y ambientalmente a una población. Se obtiene al relacionar una o varias amenazas y los factores de la vulnerabilidad CRID, (1998).

El riesgo es el cálculo anticipado de pérdidas esperables (en vidas y en bienes), para un fenómeno de origen natural o tecnológico, que actúa sobre el conjunto social y sobre su infraestructura.

<http://osso.univalle.edu.co/doc/publicac/planii/cap01/text02.htm>.

Según Cantu, P., (1998), el riesgo natural se refiere a los daños probables que un evento natural puede producir sobre los recursos, sobre el hombre y sus construcciones o propiedades. Se entiende por eventos naturales las inundaciones, las avalanchas, la erosión fluvial, la erosión de suelos, los terremotos o sismos, el vulcanismo, la degradación de suelos, la contaminación de suelos y aguas, la desertización, entre otros.

Es un problema de localización o selección de sitio. Por lo tanto, el nivel de riesgo se establece respecto al tipo de amenaza, al tipo de actividad o uso del suelo y a la resistencia intrínseca de éstas a soportar o absorber el momento de la amenaza, ya sea en su área de génesis, de proyección o de disipación. De acuerdo a lo expuesto, el riesgo es una creación humana producto del desconocimiento de la dinámica y alcance de los procesos naturales en sus manifestaciones extremas, situación a la que se suman los problemas socio-económicos, culturales y la carencia de cuerpos normativos que regulen el adecuado uso del espacio y propendan a alcanzar una situación sostenible en el tiempo (<http://www.gobiernoregional.cl>).

La delimitación y cuantificación del “riesgo hidrológico a las inundaciones” surge de determinar en el área amenazada por una crecida la localización y magnitud de las inversiones en infraestructura, actividades y servicios. El riesgo surge de comparar “el grado de amenaza por inundación” y la actividad económica que se desarrolla en ese territorio.

Por ejemplo, las terrazas bajas serán más amenazadas, es decir estarán en mayor peligro, que las intermedias o las altas, pero serán de poco riesgo si en ella sólo se realizan actividades de poca

inversión económica. Las terrazas intermedias serán menos amenazadas por su posición a mayor altura sobre el nivel del río, sólo se inundarán en crecidas de mayor caudal que son menos frecuentes, pero tendrán mayor riesgo si tienen viviendas, actividades comerciales y de servicios las cuales han requerido mayores inversiones.

En este sentido los mapas de riesgo se constituyen en un documento de gran importancia para planificar y ordenar el uso del territorio, dictar normativas para ese uso, evaluar los impactos ambientales provocados por las obras del hombre, evaluar el impacto producido por un evento natural catastrófico y fundamentalmente para establecer medidas de prevención que permitan reducir los daños que ellos provocan. Cantu, P., (1998).

La cuantificación económica del riesgo de daños por inundaciones requiere estimar las consecuencias de un evento sobre los bienes, infraestructura, actividades y la probabilidad que ocurra (<http://200.15.46.216/inveyana/polisoc/anexo2.htm>).

La percepción al riesgo se refiere a la actitud individual hacia el riesgo. La mayoría de las personas no quieren sufrir riesgos y están dispuestas a aceptar algún costo o a pagar más que otras para evitar riesgos. Existe un amplio espectro en los grados de percepción (Binswanger, 1980, y Young, 1979). (<http://200.15.46.216/inveyana/polisoc/anexo2.htm>).

3.6. La gestión de riesgo

Desde un punto de vista estadístico el número de las inundaciones esta creciendo en todo el mundo. Desbordes M, 1997, indica que en áreas urbanizadas en Francia se han incrementado los desastres por inundaciones durante los últimos diez años, por lo que los actores: públicos, económicos, administrativos y sociales de la ciudad están incluyendo en las políticas públicas la gestión de los riesgos de inundación, en el cual el conocimiento de los procesos hidrológicos debe ser incrementado, ya que de lo contrario ocurrirán desilusiones.

El estudio de crecidas y los daños por las inundaciones se ha enfocado recientemente bajo un marco de análisis más amplio, considerándolas como una "amenaza natural", que debe ser enfrentada bajo una "gestión de riesgos naturales", en la cual se aplican varias acciones, tales como

un enfoque integral de evaluación y cartografía de las amenazas, de la vulnerabilidad y del riesgo, de crear una cultura hacia los riesgos naturales, de reglamentar la localización de las actividades en zonas previamente definidas de acuerdo al grado del riesgo, de construir obras de mitigación, de establecer sistemas de alerta y de evacuación, entre otras acciones.

La “gestión de riesgos naturales” se refiere a las acciones y actividades que se proponen o se ejecutan para reducir los daños que pueden causar las amenazas naturales, en este caso de las inundaciones. (<http://200.15.46.216/inveyana/polisoc/anexo2.htm>). Incluye la “gestión de la amenaza natural” las actividades que se ejecuten para reducir la probabilidad de los eventos desfavorables. ([http:// www. oas.org/usde/publication](http://www.oas.org/usde/publication)). Se concentra en mejorar la capacidad de un área, región o país en particular para responder a la ocurrencia de desastres naturales. La gestión de riesgos naturales incluye:

En la etapa preventiva acciones tales como:

- Reglamentación del uso de la tierra en el establecimiento de viviendas y urbanizaciones
- Construcciones de obras para el control de crecidas,
- Construcción de obras para reducir los aportes sólidos en el caudal de crecida, como el reforzamiento de lechos inestables.
- Construcciones de obras para ampliar las secciones de transporte de los cauces, como los terraplenes
- Aplicación de sistemas de alerta para monitorear la generación de amenazas naturales
- Elaboración y ejecución de planes de emergencias y de evacuación, rutas de emergencias
- Formulación e implementación de programas educativos para funcionarios públicos y profesionales ([http:// www. oas.org/usde/publication](http://www.oas.org/usde/publication)).

La gestión de riesgos naturales incluye también la aplicación de avances tecnológicos en informática. Por ejemplo, en Australia, se creó una base de datos de fácil acceso a los usuarios y planificadores del uso de la tierra y de enorme utilidad para funcionarios responsables de la gestión de riesgos naturales. Las viviendas y comunidades vulnerables se clasificaron mediante grupos de indicadores sociales, económicos y demográficos combinados con datos físicos y terrestres. Los resultados pueden ser muy precisos y detallados pero tiene limitaciones como las condiciones muy

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

cambiantes de los datos y el entorno socio económico, la subjetividad al establecer los límites. Problemas con la ponderación de los indicadores y la clasificación de la vulnerabilidad, impone limitaciones en el uso de los indicadores socioeconómicos para la predicción de las comunidades vulnerables. King D., (2001).

Numerosos países son vulnerables a los desastres naturales. Entre los principales motivos de preocupación relativos a las políticas cabe mencionar a los siguientes:

- Deficiencias en la prevención de desastres, entre las que se incluyen la falta de zonificación de zonas vulnerables particularmente durante el proceso de planificación urbana;
- Mecanismos de mitigación débiles;
- Deficiencias y uso limitado de medidas antisísmicas de construcción al igual que organización administrativa y recursos humanos inadecuados para asegurar su cumplimiento;
- Sistemas de apoyo inadecuados para las comunidades afectadas

(<http://www.grida.no/geo/geo3/spanish/471/htm>).

Entre las acciones anteriormente mencionadas es esencial, mejorar la gestión para la reducción de desastres, especialmente las acciones de mitigación utilizando mecanismos naturales. Por ejemplo, las napas de agua alta disminuyen las inundaciones, las regiones forestadas atenúan los efectos de las tormentas. En general, la buena utilización de la tierra mantiene ecosistemas saludables, proporciona recursos y facilita las acciones de mitigación. La estrategia descrita es particularmente atractiva en países donde los seguros contra riesgos y la mitigación de daños son muy costosos. (<http://www.grida.no/geo/geo3/spanish/471/htm>).

3.7. Metodologías

Las magnitudes de los caudales de crecidas y su distribución en las terrazas o abanicos de deposición se han estudiado mediante diferentes enfoques.

3.7.1. Modelos hidrológicos estadísticos

Son modelos estadísticos que caracterizan el régimen de crecidas de una cuenca hidrográfica en base a serie de datos hidrométricos de crecidas analizadas desde el punto de vista de las curvas inundación-duración-frecuencia, las cuales toman en cuenta la variación temporal y territorial de las crecidas al igual que las curvas intensidad –duración- frecuencia, comúnmente utilizadas en el estudio de las precipitaciones. Javelle P., et al (2002), analizó datos de 158 cuencas localizadas en las provincias de Quebec y Ontario (Canadá) para desarrollar un modelo estadístico, la cual toma en cuenta la variación temporal de las inundaciones. El modelo propuesto inundación – duración - frecuencia (curvas QdF) permite ser estimado usando un número mínimo de parámetros, para una cuenca determinada. Este modelo es llamado modelo de convergencia, debido a la convergencia observada en las distribuciones hacia los periodos de retorno pequeños.

3.7.2. Modelos hidráulicos numéricos de simulación unidimensional y bidimensional del caudal de crecida.

Una aplicación del enfoque del primer tipo (modelos hidráulicos numéricos de simulación unidimensional) son los reportados por Nakagawa H., et al, (2001) y Takahashi T., (2001). Nakagawa estudió el flujo de detritus ocurrido en la cuenca del río Camuri Grande, al norte de Venezuela, debido a las fuertes precipitaciones caídas el 16 de diciembre de 1.999. El estimó el pico del caudal de detritos del río Camuri Grande y sus tributarios tomando en cuenta la distribución del tamaño del grano de los materiales en el cauce. Además indicó los resultados de la simulación de las inundaciones y los procesos de deposición sobre el abanico del río. Los resultados se obtuvieron mediante el modelo unidimensional simulando descargas de detritos, descarga de sedimentos y los diámetros de los sedimentos que fueron usados como condiciones limites del flujo sobre el área del

abanico. El modelo estimó también el efecto previsible de la construcción de varias presas Sabo y trabajos de canalización sobre los caudales de detritos. Nakagawa H., et al, (2001).

Mora, R., (2001) utiliza el análisis hidráulico en la zonificación de las amenazas hidrológicas en los conos de deyección (Microcuenca Quebrada La Fría. Sector Chamita, estado Mérida, Venezuela) aplicando un modelo unidimensional el "Hidrologic Engineering Center – River Analysis System" (HEC – RAS).

3.7.3. Modelos de simulación cartográfica usando fotografías aéreas, imágenes de satélites y sistemas de información geográfica.

Los mapas de inundación y peligro de inundación han sido preparados por muchos hidrólogos de todo el mundo con datos provenientes de fotografías aéreas e imágenes de satélites, principalmente en las bandas visibles e infrarrojo (Deutsch, 1974). También se han utilizado datos del infrarrojo termal para cartografiar áreas inundadas (Wiesner et al, 1974, y Berg et al, 1981).

Para delimitar manchas de inundación y estimar futuras áreas inundables se han empleado datos de percepción remota y análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica. El SIG puede combinar la información sobre pendiente, regímenes de precipitación y la capacidad de acarreo de los ríos para modelar los niveles de inundación ([http:// www. oas.org/usde/publication](http://www.oas.org/usde/publication)).

Rodda, H., (2001), exploró la aplicación de los SIG en el modelo de las inundaciones y su manejo en varios países europeos como por ejemplo: Alemania, Bélgica, Francia, Suiza, entre otros. En un estudio hidrológico la unidad básica es la cuenca, por tal motivo se obtuvo la cobertura digital de todas las subcuencas involucradas en el estudio. Se empleó el programa MIKE 11 para modelar el drenaje de las cuencas. Los mapas de inundación se produjeron como resultado de los modelos aplicados.

La metodología descrita en el Plan de Prevención de Riesgos Naturales (PPR) de Francia emplea un enfoque hidrogeomorfológico basado en la obtención de la información a través de fotografías

aéreas, imágenes de satélites y chequeos en el campo, así como la información histórica para realizar la cartografía de las zonas de inundación o de las potenciales áreas inundables.

En la cuenca La Pedregosa, estado Mérida, Pol, J. (2002), efectuó un estudio del riesgo torrencial empleando la metodología indicada en el Plan de Prevención de Riesgos Naturales.

Ruiz, J., (2002) efectuó un estudio de las características hidrológicas de la Cuenca La Pedregosa y La Resbalosa determinando las causas y los efectos de las inundaciones allí ocurridas con la finalidad de proponer sistemas preventivos (sistema de alarma contra crecidas), en caso de suceder nuevas inundaciones, dirigidos a prevenir o minimizar los daños que ocurren en el momento de la crecida. Así mismo señala que existen metodologías que permiten realizar pronósticos y control de inundaciones, los cuales pueden ser utilizados en la cuenca. Tal es el caso de los sistemas de alerta digitales y la utilización de modelos hidroclimáticos que buscan minimizar los daños producto de las crecidas y mantener una constante vigilancia de las condiciones hidroclimáticas a través de la evaluación y procesamiento de los datos originados por los sistemas, con el fin de actualizar la información y mejorar los sistemas y hacerlos menos vulnerables.

Una de las herramientas más importantes para el planificador regional es la aplicación de la percepción remota en la evaluación del medio ambiente para detectar y producir mapas de diversos tipos de amenazas. Todos los peligros naturales, hasta cierto punto, pueden ser estudiados utilizando sensores remotos, ya que casi la totalidad de los fenómenos geomorfológicos, geológicos e hidrológicos son eventos recurrentes que dejan evidencias de su anterior ocurrencia.

(<http://www.oas.org/usde/publication>).

Se han empleado datos multiespectrales NOAA AVHRR e imágenes Radarsat para descubrir las condiciones de inundación y evaluar daños en los ríos Nenjiang y Songhua en la China, durante el verano de 1988. Se desarrolló un modelo RBFNN para extraer información sobre la dinámica de la inundación con imágenes AVHRR. Para cartografiar el área inundada en forma más precisa se emplearon tres imágenes Radarsat de diferentes fechas. Este estudio mostró que el uso combinado de imágenes de diferentes sensores puede proveer la información necesaria para evaluar el área de inundaciones y facilitar el control de las inundaciones. Chenghu, Z et al., (2000).

Las imágenes RADARSAT también se han utilizado para monitorear el proceso de derretimiento de la nieve y su influencia en la generación de crecidas, facilitando así el manejo de las compuertas de embalses para el control de inundaciones. Geoworld, (2002)

Townsed, P., (2001), empleó once imágenes de Radarsat para delinear la planicie de inundación del río Roanoke en Carolina del Norte, USA. Se emplearon imágenes de verano e invierno que permitieron detectar niveles mínimos de inundación, sitios con agua estancada entre 10 cm por debajo y 10 cm por encima del bosque ripario, con un porcentaje de precisión del 90,6 %.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

4. METODOLOGÍA GENERAL

4.1 Procedimiento

El enfoque metodológico que se empleó para la zonificación del riesgo por inundaciones en la cuenca alta del río Motatán fue básicamente el recomendado en el trabajo titulado "Guide Méthodologique des Plans de Prévention des Risques Naturels" (PPR) elaborado por el Ministerio de Planificación del Territorio y del Medio Ambiente y el Ministerio del Equipamiento, Transporte y Vivienda de Francia. Esta nueva herramienta dirige la política de prevención de riesgos naturales en los actuales momentos en ese país.

La metodología del PPR puede ser adaptada a otras regiones con características diferentes, lo que permite evaluar la eficacia de esta herramienta en otras zonas del mundo.

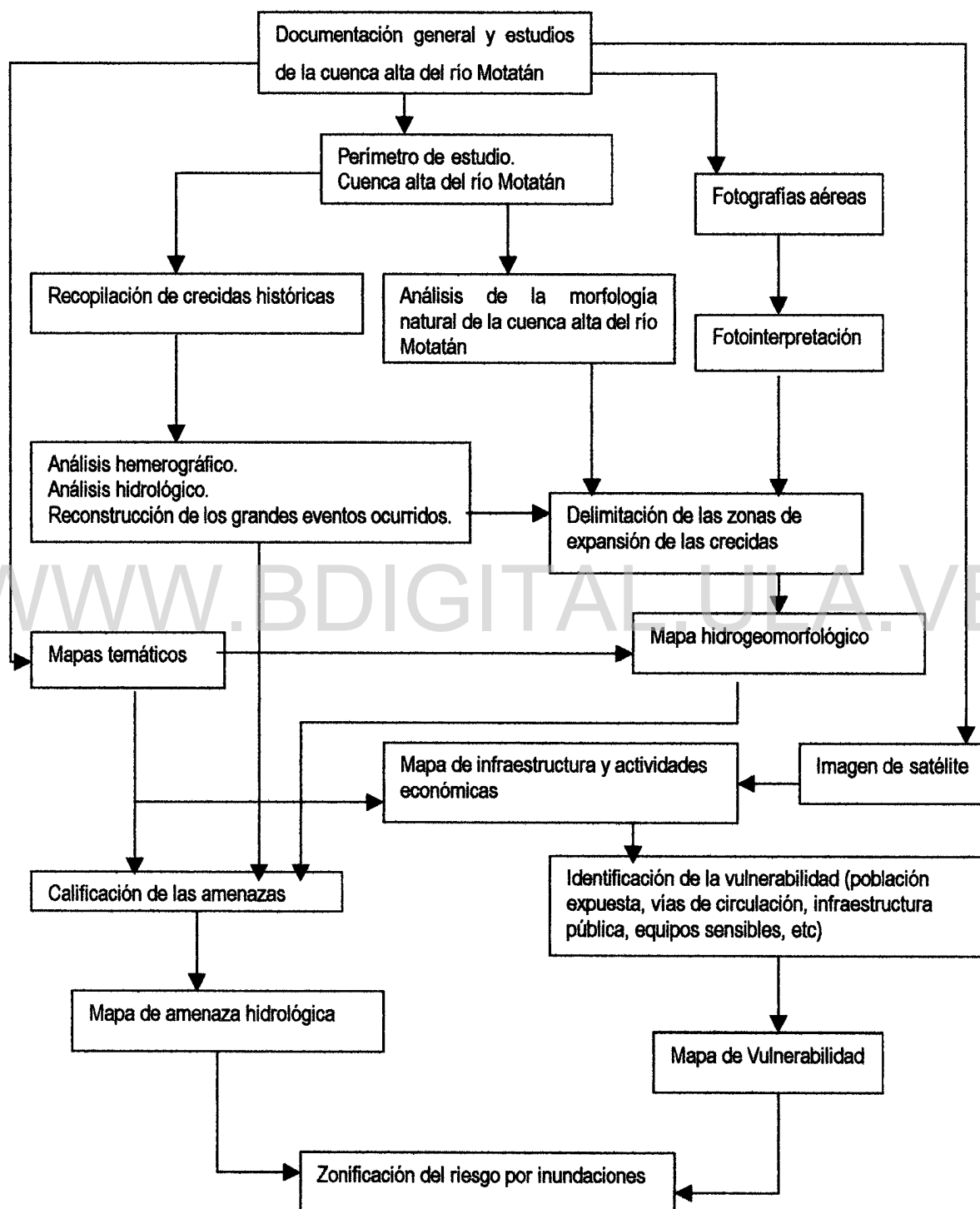
El método de Análisis y Cartografía del Riesgo es de tipo cualitativo. El término cualitativo es expresado por valores ponderados o por medidas registradas en el curso de los eventos históricos.

Son el resultado del análisis de los datos disponibles así como la interpretación de eventos pasados y de las observaciones hechas en el terreno.

Se seleccionó esta metodología para la zonificación del riesgo por inundaciones en la cuenca alta del río Motatán, debido a la ausencia de datos cuantitativos que permitieran un estudio de este tipo y probar la eficacia de este método (PPR) con el objeto de tener una herramienta aplicable a otras regiones del país que presenten la misma situación que la estudiada.

La zonificación del riesgo por inundaciones utilizando esta metodología comprende tres etapas fundamentales: calificación de la amenaza hidrológica, determinación de la vulnerabilidad y zonificación del riesgo por inundaciones

Fig. 1 Esquema metodológico. Principales etapas en el estudio del riesgo por inundación en la cuenca alta del río Motatán.



Licencia Creative Commons:

Fuente: Adaptado. Guide Méthodologique des Plans de Prévention des risques naturels. 1999.

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

A) LA CALIFICACIÓN DE LA AMENAZA HIDROLÓGICA

El plan de trabajo aplicado para lograr la calificación de la amenaza hidrológica, tuvo las etapas siguientes:

A.1. Análisis de la cuenca hidrográfica

Se delimitó la Cuenca Alta del río Motatán, la cual se enmarca dentro del Municipio Miranda, perteneciente al estado Mérida. Se consideraron para ello criterios cartográficos e hidrológicos.

Se visitaron bibliotecas y oficinas gubernamentales para revisar trabajos científicos y documentos técnicos sobre aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, climáticos elaborados para la zona en estudio que facilitaran la caracterización del área.

De especial interés fue la búsqueda minuciosa del material cartográfico tal como: mapas, fotografías aéreas, fotoíndices, así como el estudio de la morfometría y de las variables que regulan la generación de crecidas dentro de la cuenca.

A.2. Cartografía de las unidades hidrogeomorfológicas

La delimitación y la cartografía de las unidades hidrogeomorfológicas se realizó a partir de la interpretación de fotografías aéreas y de observaciones detalladas del terreno.

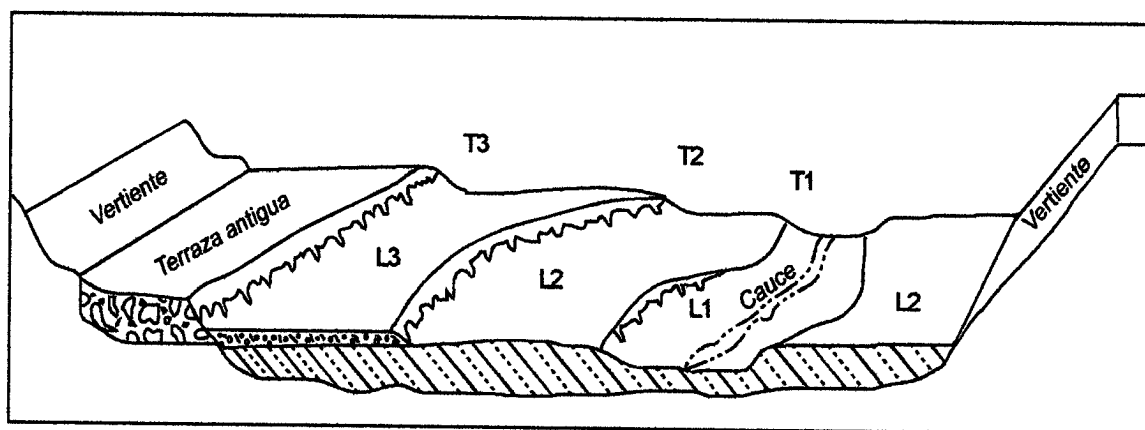
Se obtuvieron fotografías aéreas pertenecientes a la misión 010323 del año 1965 a escala 1:25000, del Instituto de Geografía, las cuales presentaron buena resolución y ausencia de nubes. En láminas de acetato y sobre las fotografías aéreas se demarcaron los puntos centrales, puntos homólogos y líneas de vuelo.

Se realizó un reconocimiento de campo, desde el 24 al 25 de julio de 2002 con el propósito de examinar las huellas dejadas por las crecidas pasadas y el funcionamiento natural de los cursos de agua existentes en el área, para facilitar la fotointerpretación y seleccionar una leyenda ajustada a la

realidad del área. Además se recolectó información relativa a la topografía, geología, morfología y las modificaciones aportadas por pobladores.

Se identificaron y delinearon en las fotos los depósitos aluviales y la red de drenaje según el criterio expresado en el método del Plan de Prevención de Riesgos Naturales francés (1999)(Figura 2).

Figura 2. Corte transversal mostrando el valle y las terrazas antiguas.



Deposito de la terraza antigua areno - gravoso - gravoso



Deposito de la planicie aluvial joven areno - gravoso



Limos de las crecidas

L1 = cauce menor

T1 = limite de las crecidas muy frecuentes

L2 = cauce medio

T2 = limite del campo de inundación de las crecidas frecuentes

L3 = cauce mayor

T3 = limite del campo de inundación de las crecidas excepcionales



Talud

Fuente: Plans de prévention des risques naturels, 1999.

Se elaboró el mapa hidrogeomorfológico preliminar a escala 1:25.000 tomando como fuente las hojas de cartografía nacional N° 6042- IV-SE, 6042-IV-NE, 6042-I-NO,6043-II-SO de los años 1974, 1964, 1964 y 1977 respectivamente, las cuales para poder ser digitalizadas se dividieron en cinco secciones. Cada sección se solapó con la hoja vecina en un 20% para asegurar que fuera digitalizada el área requerida en su totalidad.

Las unidades hidrogeomorfológicas determinadas fueron tres (3): cauce menor, cauce medio y cauce mayor. Los criterios para su identificación y diferenciación sobre las fotografías aéreas fueron:

- Cauce menor: se consideró como cauce menor el lecho natural del río (canal de estiaje), el canal de desagüe por donde drena continuamente el agua. Tomándose en cuenta su posición topográfica y las tonalidades oscuras (presencia de agua) y claras (reflexión de los sedimentos en el cauce sin agua).

- Cauce medio: el cauce medio esta representado en el terreno, topográficamente, por la continuidad del lecho natural hasta el cambio de pendiente de las laderas adyacentes. Hidrológicamente es el área de desbordamiento del río en las crecidas muy frecuentes. Se aprecia de tonalidades claras y en aquellas áreas con presencia vegetación de tonos más oscuros.

- Cauce mayor: el cauce mayor fue definido como todas aquellas áreas, paralelas al cauce longitudinalmente al río, que podrían ser afectadas en caso de una crecida excepcional. Fisiográficamente se corresponde con las laderas adyacentes al río y taludes de las terrazas y conos de deyección presentes.

El método utilizado para digitalizar la información en el Sistema de Información Geográfica (Idrisi 3.2) fue el que hace uso del escáner, el cual fue configurado con las siguientes opciones: resolución 300 puntos por pulgadas, tipo de entrada tonos de grises lo que produjo un archivo de 588 KB almacenando los resultados en formato tif con 256 niveles de grises. De esta manera los mapas (documentos analógicos) se transformaron en imágenes digitales formato raster.

Las imágenes se importaron al Sistema de Información Geográfica IDRISI 3.2. Una vez importadas las imágenes se procedió a realizar la georreferenciación de los mapas para asignarle coordenadas UTM. Para ello se seleccionaron 6 sitios de coordenadas conocidas tanto en la imagen como en el terreno (coordenadas Este – Norte del terreno) con el objeto de tener un mayor control de la geometría del mapa. Los puntos utilizados se encontraban bien distribuidos para evitar problemas en el ajuste de la imagen en un solo eje así como para satisfacer la ecuación polinómica (anexo 1)

Se crearon varios archivos de texto con pares de coordenadas de imagen (x,y), coordenadas de terreno (X;Y) comenzando por un dígito que indica la cantidad de puntos de control, los cuales se almacenaron con extensión cor.

Se realizó el remuestreo a las imágenes raster con las siguientes opciones: método de interpolación de coordenadas lineal y método de interpolación de intensidades del vecino más cercano.

Los resúmenes de las correcciones geométricas se presentan como anexo 2.

Las imágenes georeferenciadas se exportaron a Carta Linx desde el Idrisi 3.2 convirtiéndolas en un formato bmp para digitalizar la interpretación.

Sobre las imágenes ya georeferenciadas se procedió a digitalizar, en pantalla, los siguientes elementos del mapa topográfico: curvas de nivel cada 100 m, hidrografía, centros poblados, vialidad, cada una de estas como coberturas independientes guardadas en formato Carta Linx coverage File (*.LNX).

Se efectuaron varias visitas de campo con el objeto de realizar observaciones detalladas del terreno lo que proporcionó la información relativa a las particularidades geomorfológicas y de los procesos hidrodinámicos.

El mapa definitivo se elaboró a escala 1:25.000 con el formato de cartografía nacional.

A.3 Eventos de crecidas

Se elaboró una serie con los eventos significativos del pasado, destacando la cronología de dichos eventos.

Este objetivo se logró, a través de la revisión hemerográfica exhaustiva en archivos de periódicos y crónicas, así como de documentos que aportaron elementos informativos, como lo fueron: informes técnicos del Ministerio del Ambiente, escritos, fotografías, mapas, videos, etc. Además se realizaron entrevistas semiestructuradas a autoridades, líderes y población local, lo que permitió con la

información obtenida definir aproximadamente los límites de la extensión de las zonas que han sido afectadas por las inundaciones en el pasado.

A.4 Calificación de la amenaza hidrológica

El grado potencial de la amenaza hidrológica fue determinado mediante la asignación de valores ponderados a las variables que influyen predominantemente en la generación de crecidas, de acuerdo a su nivel de importancia relativa.

Se seleccionaron las siguientes variables:

- 1) Pendiente
- 2) Formaciones geológicas
- 3) Precipitación media anual
- 4) Vegetación y uso actual de la tierra
- 5) Área de las unidades hidrológicas
- 6) Obras de control de crecidas

Los valores asignados a cada una de las variables se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Valores asignados a cada una de las variables.

VALOR	PENDIENTE (%)	FORMACIONES GEOLÓGICAS	PRECIPITACIÓN (mm/año)	VEGETACIÓN USO ACTUAL	ÁREA (Km. ²)	OBRAS
4	> 50	F.Palmarito: Calizas y Filitas	> 1000	Cultivo	> 30	Ninguna
3	35 – 50	F.Mucuchachi: Filitas y Cuarzitas	800 – 1000	Herbazal Matorral	15 – 30	Pocas
2	20 – 35	Esquistos, Gneiss y Granitos	600 – 800	Páramo Plantaciones	5 – 15	Casi ninguna
1	< 20	F.Sierra Nevada Gneiss y Granitos	< 600	Bosque	< 5	Necesarias

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Se adjudicó a la condición más favorable en la generación de crecidas el valor 4 y a la condición menos favorable el valor 1, como se señala en la tabla 1.

Se obtuvo el potencial de crecida para cada una de las microcuencas, el cual sirvió para determinar la valoración o calificación de la amenaza hidrológica, mediante la sumatoria en sentido horizontal de los valores asignados a cada una de las variables consideradas. Toda la información obtenida se cartografió sobre un mapa topográfico del área de estudio que contenía las microcuencas ya delineadas. Se reclasificó el mapa tomando en cuenta los valores de potenciales de crecida. Distinguiéndose de esta manera cuatro grados de amenaza hidrológica como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Calificación de la amenaza hidrológica.

PUNTOS	CALIFICACIÓN DE LA AMENAZA
< 10	Baja
10 – 16	Media
16 – 20	Alta
> 20	Muy alta

De esta manera se obtuvo el mapa de la amenaza hidrológica, en el cual se observan las superficies que podrían ser afectadas por una amenaza hidrológica jerarquizada en función de su índice de potencial de crecida.

Es importante señalar que en este punto se tuvo la necesidad de modificar la metodología del PPR, sustituyendo los parámetros físicos de la inundación: altura del agua y la velocidad medida en la corriente por el potencial de crecida, para nuestro problema específico de calificación de la amenaza hidrológica.

A.5) Constitución de la base de datos

Con el objeto de organizar los datos y hacerlos accesibles al momento de tomar decisiones en la solución de problemas se constituyó una base de datos haciendo uso de los sistemas de información geográfica.

La base de datos esta dividida en dos partes: gráfica y temática. La parte gráfica o espacial de la base de datos contiene la información relevante a la forma de los objetos en el terreno presentados como puntos, líneas o polígonos (según la escala del trabajo) y proyectados en un mapa, georeferenciando los diferentes elementos, objetos o formas bajo un sistema de coordenadas cartesianas U.T.M, zona 19, Datum PSA 19.

La parte temática o no espacial esta compuesta por elementos descriptivos de los objetos almacenados en tablas alfanuméricas.

Las variables que se utilizaron y los procesos a las que fueron sometidas se presentan en el modelo espacial vectorial:

1. Fotografías aéreas del área de estudio a escala 1:25000 y 1:40000.
2. Mapas básicos temáticos: geológico, geomorfológico, hidrológico, isoyetas y topográfico
3. A partir de las fotografías aéreas y los mapas temáticos (específicamente el geomorfológico) se derivó el mapa de unidades hidrogeomorfológicas
4. Del mapa topográfico actualizado se derivó el mapa de infraestructura (vialidad, puentes, centros poblados).
5. Se llevó a cabo la recopilación de la información de los eventos de crecidas
6. Se obtuvo el mapa de vegetación y uso de la tierra a partir de la imagen de satélite
7. El mapa de infraestructura y actividades económicas es el resultado de la superposición de los dos mapas descritos anteriormente
8. De los mapas: topográfico, geológico, isoyetas, vegetación y uso de la tierra e hidrológico se derivó la información relativa a la calificación de la amenaza hidrológica.

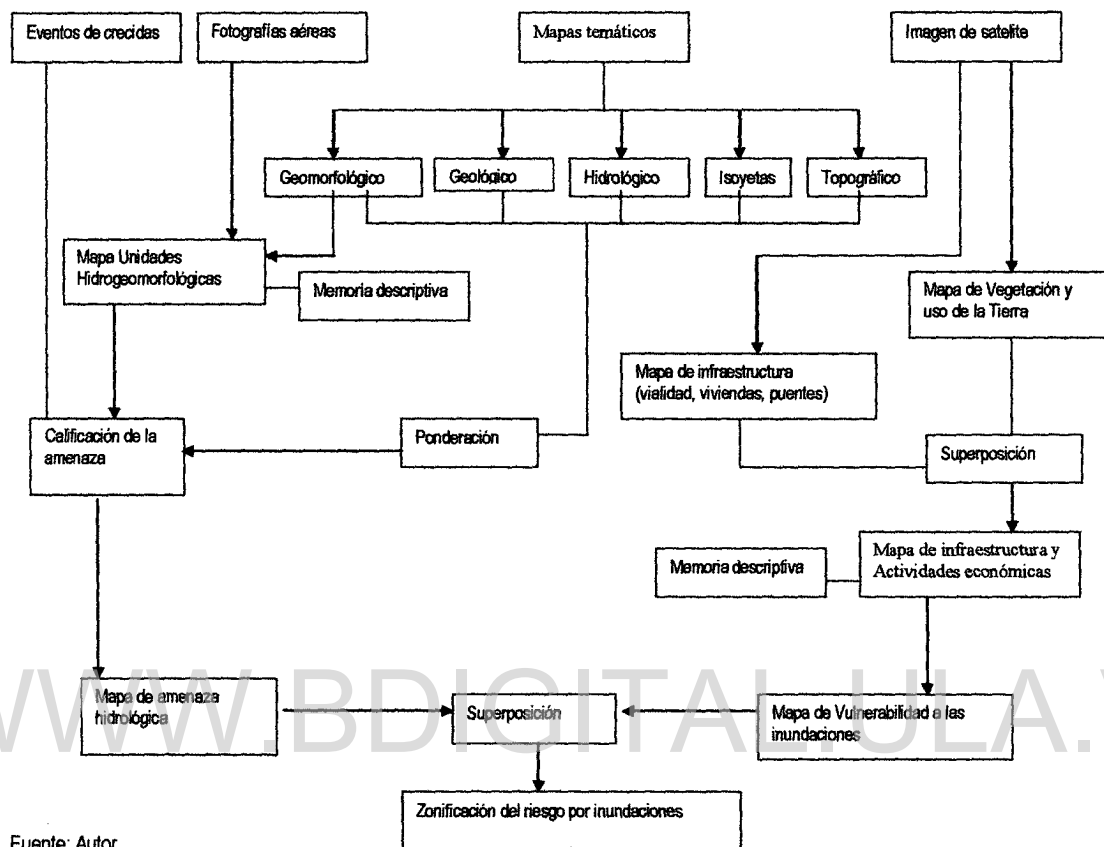
- Litología procedente del geológico

- Pendiente procedente topográfico
 - Precipitación media anual procedente isoyetas
 - Área microcuencas procedente hidrológico
9. El mapa de la amenaza hidrológica es el resultado de la combinación de la información obtenida
 10. Con la superposición del mapa de amenaza con el mapa de vulnerabilidad se obtiene la zonificación del riesgo por inundaciones.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Fig. 3

MODELO ESPACIAL VECTORIAL



Fuente: Autor

B) Determinación de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad de las infraestructuras y actividades económicas en la cuenca alta del río Motatán se determinó mediante el análisis de los factores siguientes:

Directos: exposición al daño expresado a través del indicador “cercanía al río o quebrada”, nivel de protección, definido mediante la presencia de “obras de protección” tales como muros, diques, traviesas, etc. y “estado de conservación” de las mismas.

Intermedios relacionados con el nivel de coordinación de los diferentes actores, la continuidad de las acciones y el nivel de eficiencia de estas.

Indirectos relacionados con la naturaleza socio-económica y cultural de la población. Fueron evaluados a través de la caracterización del tipo de vivienda, densidad de la población.

La información se obtuvo mediante entrevistas a las autoridades municipales, pobladores locales y las observaciones detalladas hechas sobre el terreno, tomando en cuenta el análisis hidrogeomorfológico, el análisis de documentos de urbanismo y la revisión exhaustiva de las leyes y ordenanzas vigentes que rigen el manejo y la gestión del agua.

Así mismo se identificaron y localizaron las viviendas, carreteras, puentes, y usos de la tierra ubicados en el área de estudio.

Toda esta información está contenida en el mapa de infraestructura y actividades económicas el cual es tomado como mapa de vulnerabilidad en base al criterio de que la vulnerabilidad es todo aquello susceptible a ser dañado. El mapa fue realizado de la siguiente manera:

1) Búsqueda y selección de fotografías aéreas para su interpretación con estereoscopios de espejos. La información fue transferida al mapa base, utilizando un Sketchmaster (restituidor de tercer orden). La información de las fotografías aéreas fue actualizada utilizando una imagen TM – Landsat del año 2002 del área de estudio y chequeos de campo intensivos.

2) Recopilación, elaboración y actualización al año 2003 de los mapas de uso actual de la tierra, de asentamientos urbanos y vías de comunicación.

3) Digitalización de los mapas con el software Cartalinx y editado en Free – Hand, versión 10 y de la imagen usando el software de procesamiento digital de imágenes TNT – MIPS, versión 6.5. Estructuración de la base de datos digital que integro la información y permitió el cruce de los diferentes datos.

4) Superposición digital de los dos mapas anteriormente descritos (mapa de Vegetación y Uso de la Tierra y Mapa de Infraestructura), obteniéndose de ésta manera el mapa de vulnerabilidad.

5) Producción de mapas.

C) La zonificación del riesgo por inundación

La zonificación del riesgo por inundaciones en la cuenca alta del río Motatán se obtuvo mediante la superposición del mapa de amenaza hidrológica y el mapa de vulnerabilidad. En la tabla 3, se presentan los criterios de decisión para la determinación del riesgo por inundación. Dándole al riesgo un estimado indicado por la profundidad del color. En donde los colores mas fuertes representan mayor riesgo y los colores menos fuertes menor riesgo.

Tabla 3. Criterios de decisión para la determinación del riesgo por inundación.

AMENAZA	MUY ALTA	ALTA	MEDIA
VULNERABILIDAD			
POBLACIONES	✓	✓	✓
INFRAESTRUCTURA	✓	✓	✓
ACTIVIDADES ECONÓMICAS	✓	✓	✓
RIESGO	ALTO	MEDIO	BAJO

4.2 Materiales y equipos

En el presente estudio se empleó el siguiente material aero – cartográfico:

- 1) Fotografías aéreas pancromáticas pertenecientes a la misión 010323 del año 1965 a escala 1:25.000.
- 2) Ortofotomapa, del área de estudio, Instituto Geográfico Simón Bolívar (IGSB).
- 3) Composición falso color de una imagen de satélite TM – LANDSAT creadas con las bandas 2–3–4 año 2001.
- 4) Composición a color normal de una imagen de satélite TM – LANDSAT creada con las bandas 2–3–4.
- 5) Fotoíndice de la misión 010323.
- 6) Cartas básicas del IGSB a escala 1/100.000 N: 6042 – 6043.
- 7) Cartas básicas del IGSB a escala 1/25.000 N: 6042 I NO – 6042 IV NE – 6042 IV SE – 6043 II SO – 6043 III SE.
- 8) Mapas temáticos (topografía, geología, geomorfología, hidrología, isoyetas) del área de estudio.

4.3 Equipos y programas

4.3.1 Programas

Los programas a utilizados fueron: Word milenium, Arc view, Free Hand versión 10.0, TNTmips versión 6.5, Photoshop 5.0, Cartalink versión 1.0, Idrisi versión 3.2.

4.3.2 Equipo

- 1) Sistema para procesamiento digital de imágenes instalado en el Laboratorio de Fotogrametría y Sensores Remotos de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
- 2) Tableta digitalizadora marca GTCO
- 3) Plotter Desing Jet 450CX
- 4) Impresora HP690CX
- 5) Equipo básico de fotointerpretación
- 6) Restitución de tercer orden (Sketchmaster)

7) Planímetro digital Planix – 8.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA

5.1.1 Localización del área

La cuenca alta del río Motatán se localiza en los Andes Venezolanos, en la parte nororiental del estado Mérida, en el Municipio Miranda cuya capital es Timotes. El municipio está conformado por las Parroquias Andrés Eloy Blanco, Piñango, La Venta y Timotes (Parroquia Capital).

Al noreste está limitada por el nacimiento de las Quebradas Tafallés y Agua Blanca, al suroeste con el Páramo de Mucuchies, al sureste con los Páramos Hato Viejo y La Estrella y al noroeste con el Páramo Miranda.

Geográficamente la cuenca se encuentra dentro de las coordenadas UTM, Norte 978.800 y 1.000.000 m y al Este 293.800 y 315.200 m que equivalen a las coordenadas geográficas 08° 51' y 09° 02' de Latitud Norte y 70° 41' - 70° 52' de Longitud Oeste, respectivamente.

La cuenca alta del río Motatán tiene una superficie total aproximada de 201.73 Km². Dentro de ella se localizan los centros poblados Timotes, La Venta, Chachopo y otros pequeños caseríos.

5.1.2 Características físico – naturales

5.1.2.1 Geología y Litología

El área está constituida litológicamente por rocas de las formaciones geológicas comprendidas en edades desde el Precámbrico hasta el Cuaternario.

Las formaciones geológicas se enumeran a continuación: Sierra Nevada, Los Torres, Río Momboy, Palmarito y Mucuchachi (Ramírez, García y Campo, 1972) y (Léxico Estratigráfico de Venezuela, 1969). En el área se localizan las fallas de: Tuñame, Momboy, Turmero y Motatán, corriendo esta última paralela al cauce del río Motatán (Parra, 2002).

5.1.2.2 Relieve y Geomorfología

La cuenca alta del río Motatán varía altitudinalmente desde los 1600 m.s.n.m en el fondo del valle hasta los 4400 m.s.n.m en las nacientes del río. Los paisajes fisiográficos predominantes son montañas y valles con una variedad de relieves y formas del terreno que van de quebrados a abruptos.

Desde el punto de vista geomorfológico tres grandes sectores o unidades caracterizan el área:

- a) Sector Periglacial: el cual corresponde a altitudes mayores de los 2800 m.s.n.m en los páramos: Reinoza, Estrella, Llano Grande, Miranda, Laguna Negra, Cerro Los Caracoles y Alto Timotes. En él se encuentran paleoformas de un periodo glacial anterior, ya estudiado por Tricart (1966), Salgado Laboriau y Shubert (1976). Estas evidencias paleoglaciales fueron afectadas por la Glaciación Mérida, la cual representa el último avance Pleistoceno importante de los glaciares, Shubert (1981:13). En esta unidad de paisaje, aun cuando algunos de los procesos geomorfológicos son activos, no parece existir riesgos de degradación acelerada, debido a las limitaciones climáticas y a la accesibilidad que han impedido cualquier tipo de intervención humana (MAC, 1997).
- b) Sector de Laderas o Vertientes Andinas: esta unidad de relieve corresponde a altitudes entre los 1400 y los 3000 m.s.n.m aproximadamente. En su parte alta entra en contacto con el ambiente periglacial. Presenta un relieve contrastante, en donde alternan pendientes onduladas a muy escarpadas con fondos de valles encajonados en forma de V, correspondiéndose con los diferentes ríos y quebradas que atraviesan el área. Las unidades de vertientes de la margen derecha presentan un relieve escarpado de fuertes pendientes, con escorrentía superficial entre moderada a rápida, donde los deslizamientos de masa y solifluxión son fenómenos de poca importancia y las cicatrices de desprendimiento han sido colonizadas por la vegetación. En estas unidades los procesos erosivos son poco notables, confiriéndole características relativamente estables. Las posiciones ubicadas hacia la margen izquierda de la cuenca presentan un relieve con pendientes moderadas a fuertes y de colinas redondeadas por erosión. El fuerte escurrimiento concentrado favorece la

erosión, ocasionando procesos activos como cárcavas y desprendimientos, que aunados a la acción antrópica y a las características del material parental altamente susceptible a la erosión se establecen condiciones morfobioclimáticas pocas estables (MAC, 1997).

- c) Sector de Acumulaciones Cuaternarias o acumulaciones recientes de fondo de valle: estas unidades se localizan en ambas márgenes del río Motatán y en el sector inferior de las quebradas de régimen torrencial. Se ubican en altitudes desde los 1600 m.s.n.m, aguas abajo de Timotes, hasta aproximadamente los 2000 m.s.n.m en los alrededores de Chachopo. La deposición de materiales provenientes de las partes altas, que colmatan los lechos de ríos y quebradas han originado terrazas y conoterrazas y conos de deyección de diferentes niveles y grado de desarrollo. En general, presentan pendientes que van de suavemente ondulados a casi planas, con un escurrimiento difuso, de acción débil y una actividad morfogenética poco dinámica (MAC, 1997).

5.1.2..3 Clima

En base a la información del trabajo realizado por Huiza y Pérez citado en Parra (2002), se caracterizó la precipitación y temperatura en cuanto a la distribución temporal y espacial.

- a) La precipitación varía de 1350 mm/año en la parte más húmeda (sector Laguna Negra), a 600 mm/año en la parte más seca (aguas abajo del centro poblado de Timotes). La precipitación media anual oscila entre 950 y 1350 mm/año, desde Chachopo hasta las cercanías de Timotes.
- b) Desde el Páramo Pico Águila hasta Cruz Chiquita y desde Timotes hasta Quebrada Piedra Gorda se presentan precipitaciones que fluctúan entre 850 a 900 mm anuales.
- c) Se observa un sector de baja precipitación que abarca ambas vertientes y se extiende desde Timotes hasta el límite norte del área de estudio. En este sector se definen isoyetas entre 800 y 600 mm anuales.

Como lo señalan las autoras antes citadas, la precipitación media anual es de 842 mm anuales, siendo Junio el mes más húmedo, con precipitaciones desde los 50 a 240 mm mensuales. El mes más seco para la cuenca se corresponde con enero, cuando ocurren las mínimas precipitaciones, entre 5 y 20 mm.

En cuanto a la distribución temporal de la temperatura, Huiza y Pérez, señalan que los valores máximos tienden a ocurrir casi generalmente hacia los meses de abril y mayo, alcanzando valores entre 14° y 16° C, por debajo de los 600 m.s.n.m. Los mínimos ocurren, a principios del año, es decir en enero y febrero, siendo enero el mes mas frío; se presenta un mínimo secundario en los meses de julio, octubre y diciembre como consecuencia de la marcha anual de la radiación.

La tabla 4 resume la información en relación a los pisos térmicos.

Tabla 4. Pisos térmicos.

PISOS TERMICOS	ALTITUD (m.s.n.m.)	TEMPERATURA (°C)	SECTORES
Páramo Frío	>3.200	5 - 10	Vía Pico El Águila
Frío	3.200 a 2.400	10 - 14	Chachopo
Templado	<2.400	14 - 18	Timotes

Fuente: Huiza y Pérez 1997.

5.1.2..4 Zonas de Vida

Según el sistema de clasificación ecológica de Holdridge se pueden distinguir cinco zonas de vida en la cuenca alta del río Motatán (Ochoa, 1980)

- Páramo Pluvial Andino (pp - A): se ubica en altitudes mayores a los 4.000 m.s.n.m en sectores como el Alto de Timotes, Páramo Pico El Águila y Turmero. Las bajas temperaturas inferiores a los 2.7 °C y el nivel medio de precipitaciones restringen el crecimiento de la

vegetación. Las heladas configuran un “desierto periglacial” donde existen especies como Frailejones (*Espeletia* y *Cotelia*) y Azorellas que son las que se adaptan al medio.

- Páramo Subandino (p – Sa): se ubican en altitudes que oscilan entre los 3.500 y 4.000 m.s.n.m. Aunque las precipitaciones se mantienen en los mismos niveles de la zona anterior, las plantas son mas altas por influencia de las temperaturas que oscilan entre lo 6 y 2.5 °C. Los Frailejones están diseminados, alternándose con gramíneas que se extienden sobre la superficie junto a matorrales y arbustos. Las partes mas uniformes y planas se utilizan para pastoreo de ganado de altura.
- Bosque muy Húmedo Montano (bmh – M): se ubican en altitudes que oscilan entre los 3.300 y 4.000 m.s.n.m cuyos límites los determinan la Quebrada Mucunantú y el Páramo Reinosá, respectivamente en la vertiente derecha del Motatán. Las temperaturas varían entre 7.3 y 4.9 °C. La precipitación sobrepasa los niveles anteriores con un promedio anual entre 900 y los 1050 mm/año. La humedad presenta niveles altos. Esta última variable, en adición con los vientos, restringen su utilización.
- Bosque Húmedo Montano (bh – M): localizado en altitudes entre los 2.500 y 3.500 m.s.n.m. Esta zona de vida es la que prevalece en ambas vertientes del área de estudio. Está en parte intervenido con cultivos hortícolas, anuales y potreros. Las temperaturas oscilan entre los 12.1 y 5 °C.
- Bosque Seco Montano Bajo (bs – MB): se localiza a una altitud variable entre los 1.800 y 2.500 m.s.n.m con Chachopo como punto de referencia. Se localiza esta zona de vida principalmente en los fondos de valle. La vegetación predominante es arbustiva, las temperaturas superan los 12 °C, las precipitaciones medias son inferiores a los 900 mm. La acumulación del material es característica de los conos de deyección y terrazas, de manera que brinda un área propensa para el desarrollo de cultivos similar a la anterior.

5.1.2.5 Vegetación y uso de la tierra

A continuación se describen las coberturas vegetales que se presentan en la cuenca alta del río Motatán (Márquez, 1987)

- Páramo: es la unidad de vegetación que domina la alta montaña tropical en condiciones climáticas, edáficas, de exposición y de factores bióticos variados. Se encuentra exenta de vegetación leñosa y cubierta principalmente por plantas sin tallo, con sistemas radiculares bien desarrollados y hojas coriáceas y pubescentes, dispuestas generalmente en rosetas basales. El límite inferior del páramo se localiza en la cuenca alta del río Motatán a 2.800 m.s.n.m pero puede variar de acuerdo a las condiciones ambientales. En general se encuentra inmediatamente superior a la Selva Nublada Montaña Alta, existiendo en algunos casos un límite neto entre ambas unidades; en estos casos, el páramo forma islotes dentro de la Selva Nublada. Se encuentra en el Alto Motatán a partir de los 2.800 m.s.n.m llegando su límite superior hasta aproximadamente los 4.000 m.s.n.m. Climáticamente, el páramo se ubica en el piso microtérmico de temperaturas medias anuales que oscilan alrededor de los 8 °C, con variaciones diarias muy acentuadas. El fenómeno de heladas nocturnas ocurre por encima de los 3.200 m.s.n.m. Se considera que el promedio anual de precipitación se encuentra entre los 500 y 1000 mm/año. La especie dominante es el Frailejón (*Espeletia sp*), existiendo además otras especies adaptadas al páramo. En algunas zonas protegidas, se presentan islas de bosque de Coloradito (*Polylepsis sericea*). En los lugares mas bajos se presentan asociaciones de Abrojo (*Aciachne pulvinata*), gramínea baja que en algunos casos producen una densa cobertura. Otras especies presentes son: Tabacote morado (*Senecio sp*) y numerosas especies de menor porte y arbustivas.
- Matorral: constituye una vegetación muy variable y se hace evidente en áreas con pendiente moderada y en donde la actividad humana es muy limitada. Se presenta matorrales típicos y densos, con altura uniforme de 5 m, formando un solo estrato con copas globosas o planas y anchas, encontrándose en algunos espacios en forma densa y otras dispersas. Se presenta también constituyendo una etapa sucesional en zonas donde la vegetación original ha sido eliminada. Este tipo de cobertura aparece en áreas cuyo límite altitudinal superior

está cerca de los 2.800 m.s.n.m. Las especies mas comunes son: Uvito (*Dunalia sp*), Mora (*Rubus sp*), Cinaro (*Myrcia acuminata*), Punta de lanza (*Visnia sp*), Pringamosa (*Lamiun sp*), Cordoncillo (*Peperomia sp*) y Cariaquito (*Lantana sp*).

- Bosque: este tipo de cobertura es reducido, es decir, se presenta en pequeños relictos que se distribuyen principalmente a lo largo de las márgenes de los cauces y en algunos otros sitios inaccesibles. Esta unidad de vegetación esta constituida por Selva Siempre Verde, higrófilas, las cuales presentan hasta cuatro estratos con alturas hasta 25 – 30 m. pueden ser mixtos, densos, medios y ralos, con alta densidad de especies y donde destacan árboles de fustes rectos y gruesos (aprox. 80 cm de diámetro), con copas redondeadas, entrelazadas unas a otras, formando espacios de cobertura densa. En algunos casos estos árboles se encuentran dispersos formando espacios mas abiertos. Presentan además gran cantidad de epifitas. En general se presentan en el piso altitudinal comprendido entre 1.300 y 1.800 m.s.n.m. La mayor proporción de estos bosques se encuentra hacia la vertiente derecha del río Motatán (vertiente de umbría). Esta vegetación ha sido degradada y en su lugar se han establecido cultivos y pastos, a pesar de las limitaciones existentes.
- Herbazal: superficie cubierta por vegetación herbácea (gramíneas) sean naturales o no (pastos). Este tipo de cobertura representa una vegetación secundaria, donde las formaciones originales son casi inexistentes. Generalmente se ubican en suelos pobres, superficiales y donde la actividad antrópica es muy fuerte. Entre las especies mas comunes están: Capin Melao (*Melinis minutiflora*), Elefante (*Pennisetum purpureum*), Yaraguá (*Hyperhenia rufa*), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

Entre los principales usos de la tierra que se presentan en la cuenca alta del río Motatán tenemos:

- Uso urbano: se define como aquellas áreas ocupadas por asentamientos humanos que han logrado un grado de desarrollo y/o densidad relevante que contrasta con sus alrededores. Se identifican dos centros poblados de jerarquía, siendo Timotes el de mayor importancia, proveedor de bienes y servicios al área rural. Chachopo representa el segundo poblado en cuanto a jerarquía.

Además de ello existen caseríos a lo largo de la vía principal, pero de menor importancia, ellos son: El Rincón, Cruz Chiquita y La Venta.

- Horticultura – Floricultura: es un tipo de uso caracterizado por la siembra de hortalizas (Horticultura) y flores (Floricultura), generalmente necesitan abundante riego, son cultivos poco protectores del suelo, de ciclo corto, obteniéndose dos, tres y hasta cuatro cosechas por año, siendo los principales rubros: lechuga, coliflor, zanahoria, repollo, papas, entre otros para la Horticultura y Claveles, Pompones y Crisantemos para la Floricultura. Estas se encuentran en unidades individuales o en forma combinada con otros usos, con carácter dominante, localizadas éstas en el fondo del valle, ocupando los sistemas deposicionales y laderas de moderadas a suaves pendientes, específicamente en los alrededores de la Quebrada Mijará, Las Porqueras, Piedra Gorda y de las poblaciones de Chachopo, La Venta y Cruz Chiquita.

- Cultivos permanentes y semipermanentes: son cultivos con una cierta estadía en el tiempo, que representan una mayor protección al suelo, pero ocupan un área relativamente pequeña en el área de estudio. Se localiza en los alrededores de la Quebrada Las Adjuntas y en los sectores Agua Larga, Chachopo y La Venta. Se diferencian en esta categoría cultivos arbóreos y herbáceos. Los primeros están constituidos por frutales como: papaya, higo, mora y durazno. Los cultivos herbáceos están representados por apio, chayota, zapallo y alcachofa. El dominante es la alcachofa, con la producción orientada al mercado local y regional.

- Cultivos anuales: son cultivos de rotación que ocupan la tierra generalmente de cinco a seis meses, según el ciclo del cultivo principal, requieren de mayor mano de obra, abono y fertilizantes. En esta categoría se diferenciaron cultivos de secano y bajo riego. Los primeros se encuentran alternando con hortalizas y pastos y están constituidos por maíz, caraota, frijoles, quinchonchos, habas y trigo. Se ubican en la vertiente izquierda del río Motatán hacia la parte Noreste. La producción esta orientada hacia el mercado local, regional y el autoconsumo. Los cultivos bajo riego, se encuentran en forma dispersa, y en algunos casos mezclados con hortalizas.

- Pastos cultivados y mejorados: son áreas destinadas a la producción de alimento para la ganadería existente en la zona, la cual es muy escasa y en la mayoría de los casos de subsistencia. Ocupan

poca extensión y se localiza en la vertiente izquierda en el sector Mucumpás. Incluye áreas con pastos sembrados o manejados, delimitados en forma de potrero.

- Pastos naturales: son áreas de pastizales sin ningún tipo de atención ni inversión, que ocupan áreas de bosques que han sido deforestados. Se observan en ambas márgenes del río pero con carácter dominante en la izquierda. Son tierras de pastos naturales, en su mayoría combinadas con otros usos como bosques ralos, matorrales, cultivos anuales en seco, usados para el pastoreo extensivo de ganado vacuno y en menor cuantía, caprino.

- Plantaciones forestales: son una formación vegetal de origen antrópico con la finalidad de recuperar o reponer áreas degradadas. Generalmente de especies exóticas, coníferas del género *Pinus*, de hojas aciculadas. Las plantaciones son muy localizadas de densidad rala, se ubican en la zona de El Rincón margen izquierda de la quebrada del mismo nombre y en la margen derecha en el sector bajo de la quebrada El Chamarú.

5.1.2.6 Suelos

Los suelos se caracterizan por su gran variabilidad, condición que se expresa en función de la gran diversidad de los factores pedogenéticos que les han dado origen. En efecto, la variabilidad de las condiciones climáticas queda reflejada en la gran variabilidad de los tipos de suelo la cual se encuentra también estrechamente ligada a la diversidad de los materiales geológicos, no solo en cuanto a Facies litológicas, sino también al grado de meteorización de las rocas aflorantes (Ochoa, 1980). En la cuenca se manifiestan suelos de diferentes ordenes entre los que podemos citar: Humitropepts, Distropepts, los Ustropepts, en las zonas más secas, los Tropepts en las laderas y algunos fondos de valles y los Ultisoles en las zonas de mayor precipitación y temperatura.

5.1.2.7 Hidrología

La cuenca alta del río Motatán hidrológicamente esta conformada por quince microcuencas como se observa en la fig. 4.

El río Motatán presenta un régimen permanente, nace aproximadamente a los 4000 m.s.n.m en el Alto Timotes de la Serranía de Trujillo donde recorre un amplio valle en forma de U cerca de Cruz Chiquita corre a lo largo de una fosa tectónica en dirección Noreste presentando un estrecho valle de fuertes pendientes, hasta su desembocadura en el Lago de Maracaibo (Rangel, 1993).

La tabla 5 presenta algunas de las principales quebradas que conforman la red hidrológica del área

Tabla 5. Principales quebradas que conforman Red hidrológica del área de estudio.

QUEBRADAS	CAUDAL (lts/seg)
El Turmero	424
Almorzadero	385
Las Adjuntas	239
El Muerto	156
Piedra Gorda	153
Mucunantú	138
Mucumbás	83
Los Caracoles	61
Chamarú	42

Fuente: Huiza y Pérez: 1997: cuadro IV – 15 citado en Parra M

En la tabla se observa que la Quebrada Turmero es la que posee mayor caudal en la cuenca, le siguen en importancia las Quebradas: Almorzadero, Las Adjuntas, El Muerto y Piedra Gorda.

La red hidrológica en el área también está conformada por numerosas lagunas y saltos. Las lagunas más importantes son las siguientes: Los Patos (4000 m.s.n.m), Santa Bárbara (3850 m.s.n.m), La Corcovada (3850 m.s.n.m) y La Estrella (3400 m.s.n.m), entre los principales saltos se tienen: El Chorro, Mucunantú y Mucumbás (Rangel, 1993).

5.2 ANALISIS HIDROGEOMORFOLOGICO

Delimitación y Cartografía de las unidades hidrogeomorfológicas

La interpretación de fotografías aéreas a escala 1:40000 (Fig.5) ayudó a delimitar las áreas de ocupación de el cauce menor, medio y mayor del río Motatán, que corresponden a las zonas: expuestas a crecidas frecuentes, excepcionales y las zonas no inundables, respectivamente (tabla 6).

El mapa hidrogeomorfológico final a escala 1:50000 (mapa 1) se obtuvo a partir de la información delineada sobre fotografías aéreas, datos geomorfológicos aportados por un mapa preexistente (Mapa Geomorfológico de la cuenca alta del Motatán, escala 1:50.000, año 1967, realizado por Ludolfo Martínez), las evaluaciones específicas de campo y el análisis de fotografías terrestres que permitieron detallar la delimitación en algunos sectores de la cuenca.

El cauce menor corresponde al canal de flujo y el área inmediatamente adyacente, representado en color azul. El cauce medio se corresponde con el área que es inundable por crecidas "frecuentes" que ocurren con un período de retorno de una vez en diez años, se representa en color violeta. El cauce mayor (color ocre) sigue la configuración del terreno donde la elevación de éste guía fácilmente el flujo y se corresponde hasta el área donde llegan las crecidas excepcionales (período de retorno mayor a cien años) (mapa 1).

Tabla 6 Relaciones entre el tipo de cauce y la frecuencia de las crecidas

CAUCE	FRECUENCIA DE LAS CRECIDAS
Menor	Crecidas muy frecuentes
Medio	Crecidas frecuentes
Mayor	Crecidas excepcionales



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



Fig 5. Interpretación de fotografías aéreas

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Mapa 1

UNIDADES HIDROGEOMORFOLOGICAS CUENCA ALTA RIO MOTATAN ESTADO MERIDA, VENEZUELA

Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Centro Estudios de Postgrado

Escala 1 / 300.000
0 3 6 Km

Fuente: Imagen de satélite TME LANDSAT
Fotografías aéreas
Chequeos de campo

Realizado por: Daphne V. Avendaño P.
Revisado: Prof. Edgar Hernandez

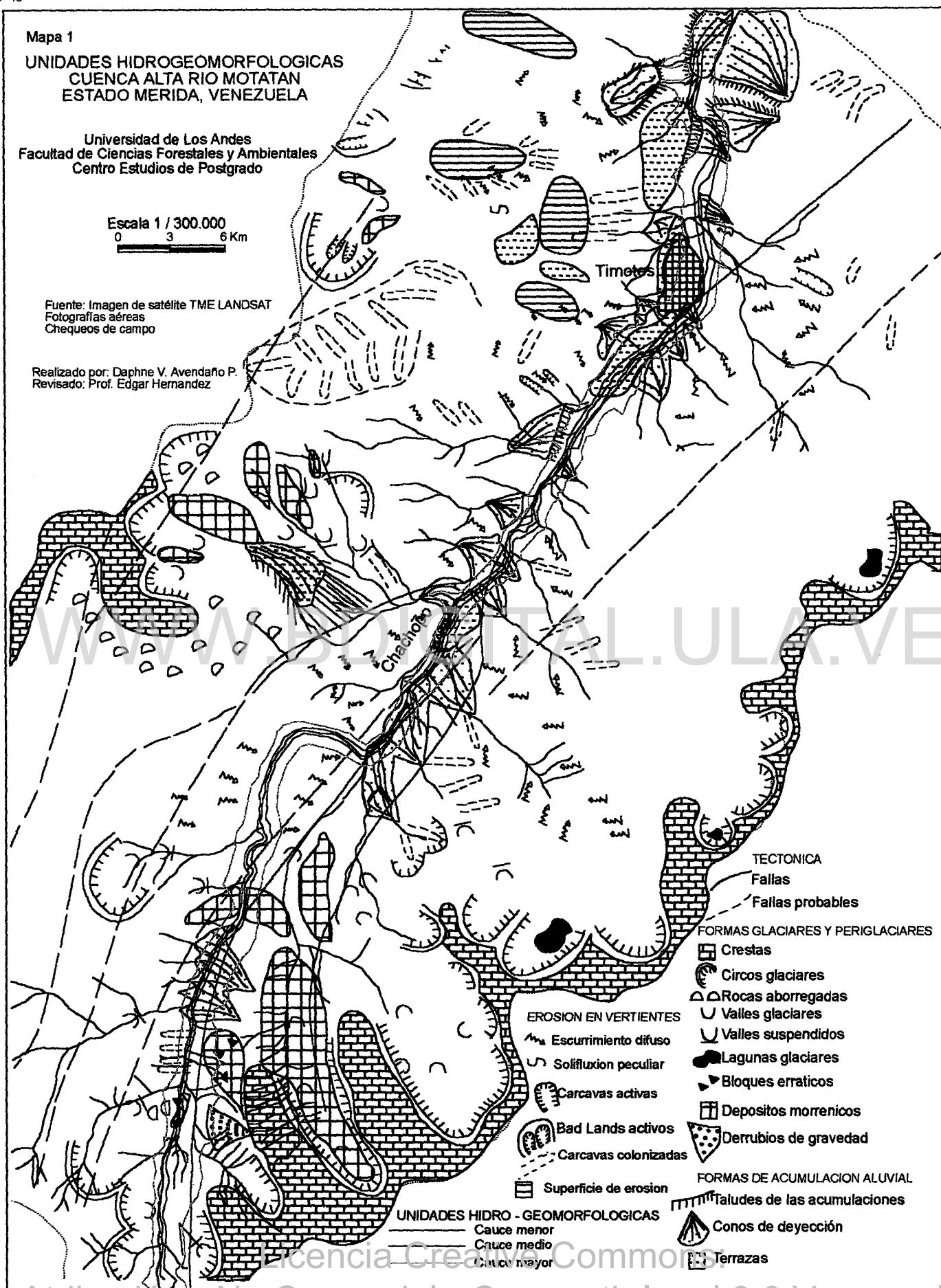




Foto 1

En la foto 2, se observa el cauce menor y medio, el valle encajonado y la vía Trasandina en la zona no inundable, en las adyacencias del poblado de Cruz Chiquita.

En la foto 1, salida de la población de Chachopo hacia Timotes, se observa el cauce menor del río Motatán, que se corresponde a la franja del terreno afectable por crecidas menores muy frecuentes.



Foto 2



Foto 3

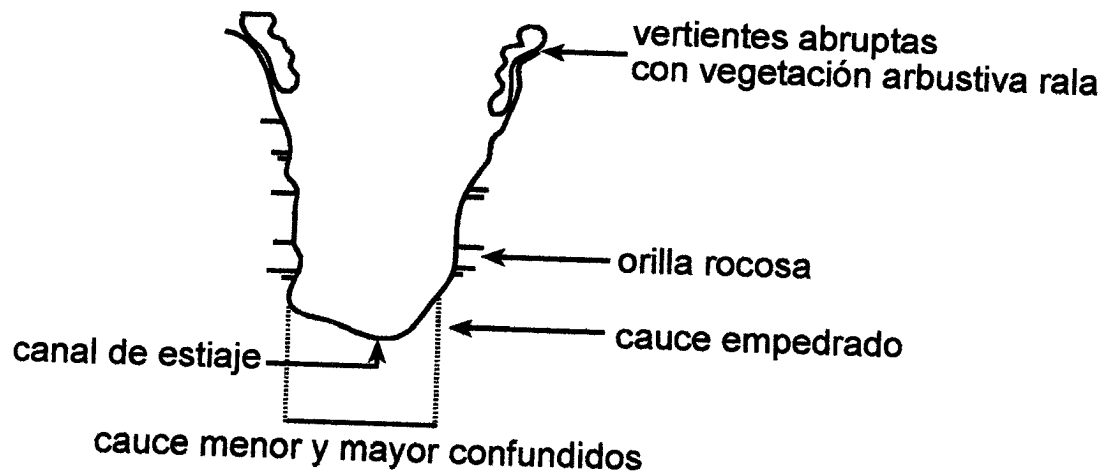


Foto 4

Las fotos 3 y 4, en los límites de los estados Mérida y Trujillo, en las cercanías de la población de Timotes, se observan el cauce menor, medio y mayor del río Motatán. Son visibles los cultivos de hortalizas en las terrazas más altas vinculada con el cauce mayor.

En su trayectoria el río Motatán presenta diversas formas de su cauce, ésta variada morfología influye en el transporte del caudal desde las nacientes del río, parte alta, hasta la zona baja. A continuación se presenta la sección transversal de algunos tipos de cauce que presenta el río Motatán.

Cauces estrechos y rocosos



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

En la cuenca alta del río Motatán la mayoría de las poblaciones se asientan en conos de deyección, abanicos aluviales y terrazas de origen cuaternario.



Foto 5. Poblado de Chachopo.

El centro poblado de Timotes se ha emplazado en una combinación de terrazas y abanicos aluviales afectados por el fallamiento, como se señaló anteriormente.

Chachopo (foto 5), se encuentra en una coalescencia de conos de deyección disectados por la actividad tectónica.



Foto 6. Poblado La Venta.

Algunas viviendas del poblado de La Venta, aledañas a la quebrada Santa Bárbara han sufrido daños ocasionados por crecidas de esta quebrada. Se observa en el lado izquierdo de la foto la construcción de un muro de protección. (foto 7)

Se observa el cono de deyección en el cual se encuentra el poblado de La Venta (foto 6)

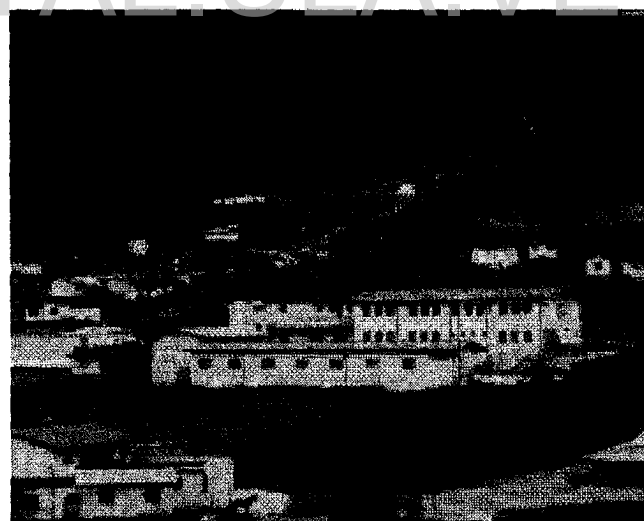


Foto 7. Muro de protección en el poblado La Venta, quebrada Santa Bárbara.

En el mapa hidrogeomorfológico (mapa 1) se pueden apreciar además de las formas de acumulación fluvial (terrazas, conos de deyección, cono – terrazas) otras formas asociadas con procesos de origen glaciar y periglacial. Ejemplo de ello son las morrenas ubicadas en las partes altas de la cuenca a una altura aproximada de 3500 m y los conos de derrubios que se encuentran en Pico Águila y el Picacho el Gavilán.

De igual modo se puede observar que en el área de estudio existen problemas relacionados con la erosión de las vertientes.



Foto 8. Sector Agua Larga.



Foto 9. Socavamiento en el talud de la carretera por parte de la quebrada. Sector Cruz Chiquita.

Las fotos 8 y 9, evidencian la erosión ya sea por causas naturales o antrópica, que aumentan el volumen de sedimentos arrastrado por el río Motatán.

5.3 EVENTOS DE CRECIDAS

Desde tiempos históricos se han producido crecidas e inundaciones que han afectado el área de estudio. En los últimos dos siglos la crecida mas antigua reseñada y de la cual se dispone de información es la creciente del año 1910 aunque hay testimonios que en 1905 se produjo una crecida también con consecuencias catastróficas.

“La creciente del 4 de julio de 1910, fue alarmante porque pasó arrebatando puentes, derrumbando caminos, cargándose animales, dañando acequias de molinos, y por supuesto, amenazando casas y pobladores”. En frases del Gitano, Cronista del periódico local El Pordiosero, la creciente fue reseñada así:

“Desde las cuatro de la mañana, cuando los primeros celajes de la aurora distinguíanse en el horizonte, una brisa fuerte caía copiosamente sobre estas comarcas, el viento zumbaba en las cañadas y blanquísimos copos de nieve iban cubriendo las empinadas cumbres de nuestras cercanías”.

“Al amanecer, las aguas de los manantiales, vertientes y riachuelos que descendían de esas alturas fueron creciendo, y ya no era el manso murmullo de las fuentes salpicando de rocío los musgos y los pétalos de las flores silvestres, sino estrepitosas corrientes que impetuosas se lanzaban por los precipicios en forma de cascadas, llevándose: flores, musgos y matorrales, arrastrándolo todo hasta pagar su tributo al torrencioso río Motatán. Y el Motatán, crecía a medida que aumentaban las aguas de las quebradas y riachuelos que tienen su nacimiento en el histórico y terrorífico Páramo de Timotes y en las colinas que le circundan, y en vertiginosa corriente serpenteando por el estrecho álveo de moles y peñascos, más allá de céspedes y arenas, como queriendo abrirse curso por entre el área de esta población, tal como quiso hacerlo en su gran creciente del año 1905, con todo llevaba el pánico y alarma a nuestros pacíficos moradores. (El Pordiosero. N° 5, Timotes, 28 de agosto de 1910, Pág.2).

Esta gran creciente dejó como consecuencia que la “panela de á libra costará un real, la harina que había se agotó y era difícil conseguir un pan”. A grandes rasgos, la creciente paralizó la dinámica comercial de la zona”. (Espinoza, 1997).

Los informes elaborados por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN) – Mérida (1990, 1993, 2001), después de los eventos de inundaciones recientes, constituyen un valioso aporte para recopilar información sobre crecidas e inundaciones en el área.

Además, mediante los artículos reseñados por la prensa regional de Mérida, sobre todo del Diario Frontera, se ha podido conocer acontecimientos meteorológicos que se han sucedido en el estado durante las dos últimas décadas, entre ellos las inundaciones ocurridas en la cuenca alta del río Motatán.

Sin embargo, estos eventos referenciados en archivos de periódicos y crónicas sobre las crecidas e inundaciones tendrían un carácter de mayor utilidad si se les confiriera la importancia que ellos representan, suministrando datos de mayor exactitud, dado que los que se han reportado hasta ahora son insuficientes para una valoración de estos eventos.

Por lo tanto, aquellos datos suministrados por los pobladores (ancianos y sus descendientes), las autoridades locales y líderes de la cuenca alta del río Motatán, y los obtenidos a través de encuestas semiestructuradas así como de las evaluaciones de campo constituyen un aporte de información suplementario de incalculable valor.

Después de las investigaciones realizadas en la cuenca alta del río Motatán, y la revisión de los informes del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, se reportó que seis (6) crecidas e inundaciones han sido registradas en los últimos 25 años, no obstante esta información en algunas de ellas es bastante limitada. Las inundaciones reportadas son:

* La crecida del 22 de junio de 1978 causó daños en varias viviendas ubicadas en los sectores: Puente Real y Las Playitas de la población de Timotes. Igualmente ocasionó daños en diversas partes de la vía y sembradíos.

* La crecida ocurrida el sábado 16 de junio de 1990, originada por las lluvias caídas en la región afectaron los sectores urbanos de: El Llanito, El Matadero, Puerto Escondido, Mucusé y Plaza Miranda pertenecientes a la población de Timotes. (Fig. 6 y 7).

Los principales daños ocasionados por esta crecida se resumen en el siguiente cuadro:

Tabla 7. Daños ocasionados por la crecida del 16/06/90.

SECTOR	DAÑOS OCASIONADOS
El Llanito	<ul style="list-style-type: none"> • Socavación lateral y de fondo del muro de protección construido en 1984 en el centro poblado. • Volcamiento de dos módulos del muro frente a El Llanito. • Desbordamiento del río. • Daños en la cancha deportiva y en la capilla en construcción. • Debilitamiento grave de dos módulos del muro. • Pérdida de terrenos cultivados hacia la margen izquierda.
El Matadero	<ul style="list-style-type: none"> • Socavación del muro de concreto ciclópeo ubicado a manera de espolón en la margen izquierda. • Socavación de las fundaciones dos módulos del muro y volcamiento. • Debilitamiento grave de un módulo a punto de caer. • Socavación del talud de la margen derecha (choque del agua contra el espolón) causando destrucción de la vía que comunica al centro poblado de Timotes. • Deposición de los sedimentos arrastrados por el río en las instalaciones del matadero, en viviendas y en terrenos de cultivo.
Puerto Escondido	<ul style="list-style-type: none"> • Alta deposición del material sólido en las inmediaciones de las viviendas ubicadas a orillas del río
Plaza Miranda	<ul style="list-style-type: none"> • Socavación de los muros laterales de protección en la margen izquierda.

Fuente: MARN - Mérida, 1990.

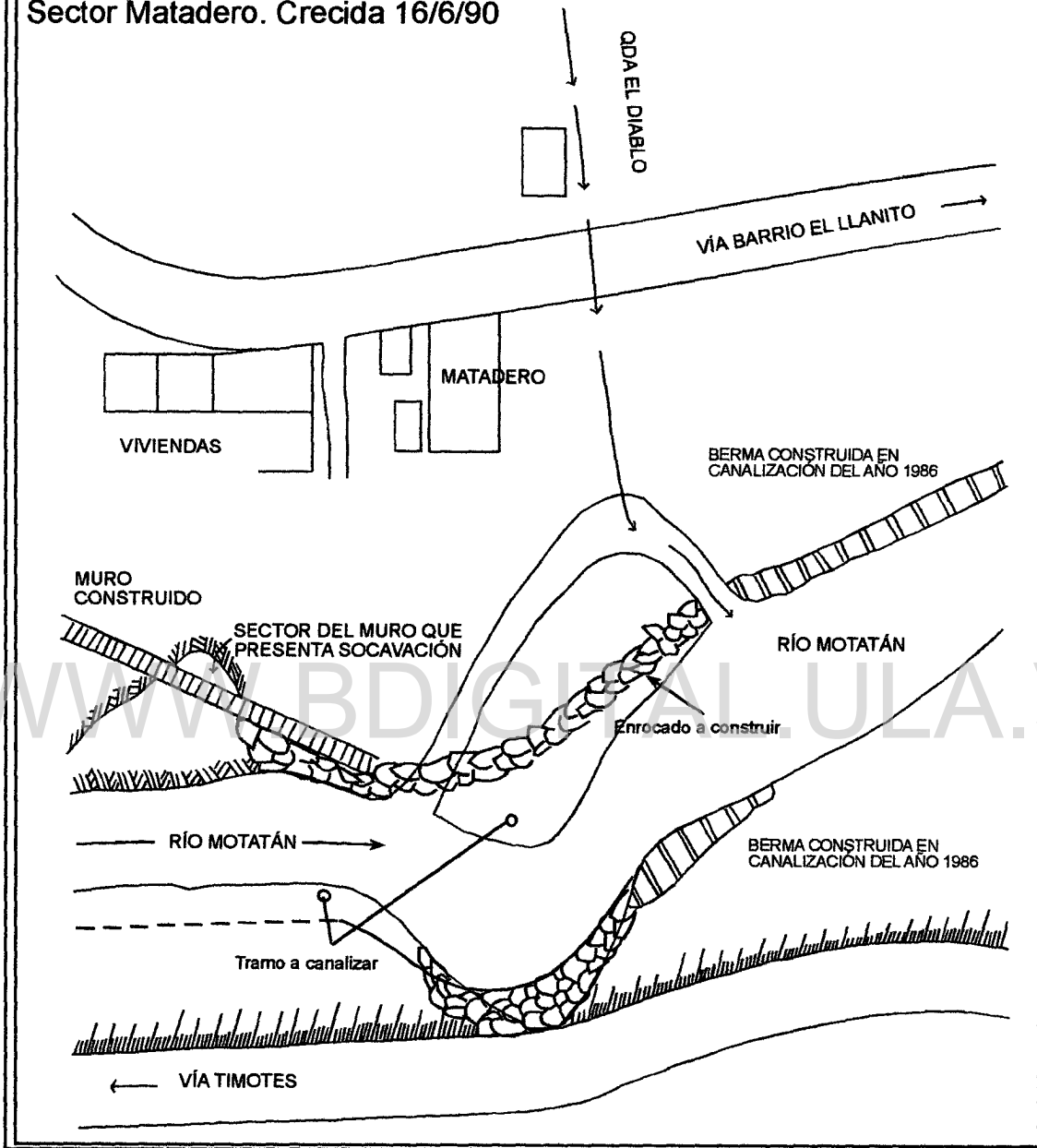
En el año 1990 en la Parroquia Andrés Bello por causa de las fuertes lluvias caídas en la zona se originaron las crecidas de las quebradas Los Caracoles y La Cañada (afuentes del río Motatán), siendo esta última la causante del desbordamiento entre el sector La Venta y Chachopo.

Entre los principales daños ocasionados por la crecida de la Quebrada Los Caracoles, están la socavación lateral y de fondo del cauce, transporte de material sólido de grandes dimensiones, destrucción de una vivienda y de un puente en las cercanías del caserío Tuyuy, y una alcantarilla tapada en el cruce de esta quebrada con la carretera Trasandina lo que ocasionó que el caudal de la misma circulara por la calzada de la vía afectada poniendo en peligro la estabilidad de un muro de contención.

En el sector La Cañada, Puente “Los Moraquitos” se produjo la obstrucción de la alcantarilla y la tanquilla, circulando la quebrada por la cuneta y la calzada de la carretera escurriéndose por un talud de la vía lo que originó socavación y desestabilización del mismo. El material arrastrado arremetió contra la población de Chachopo

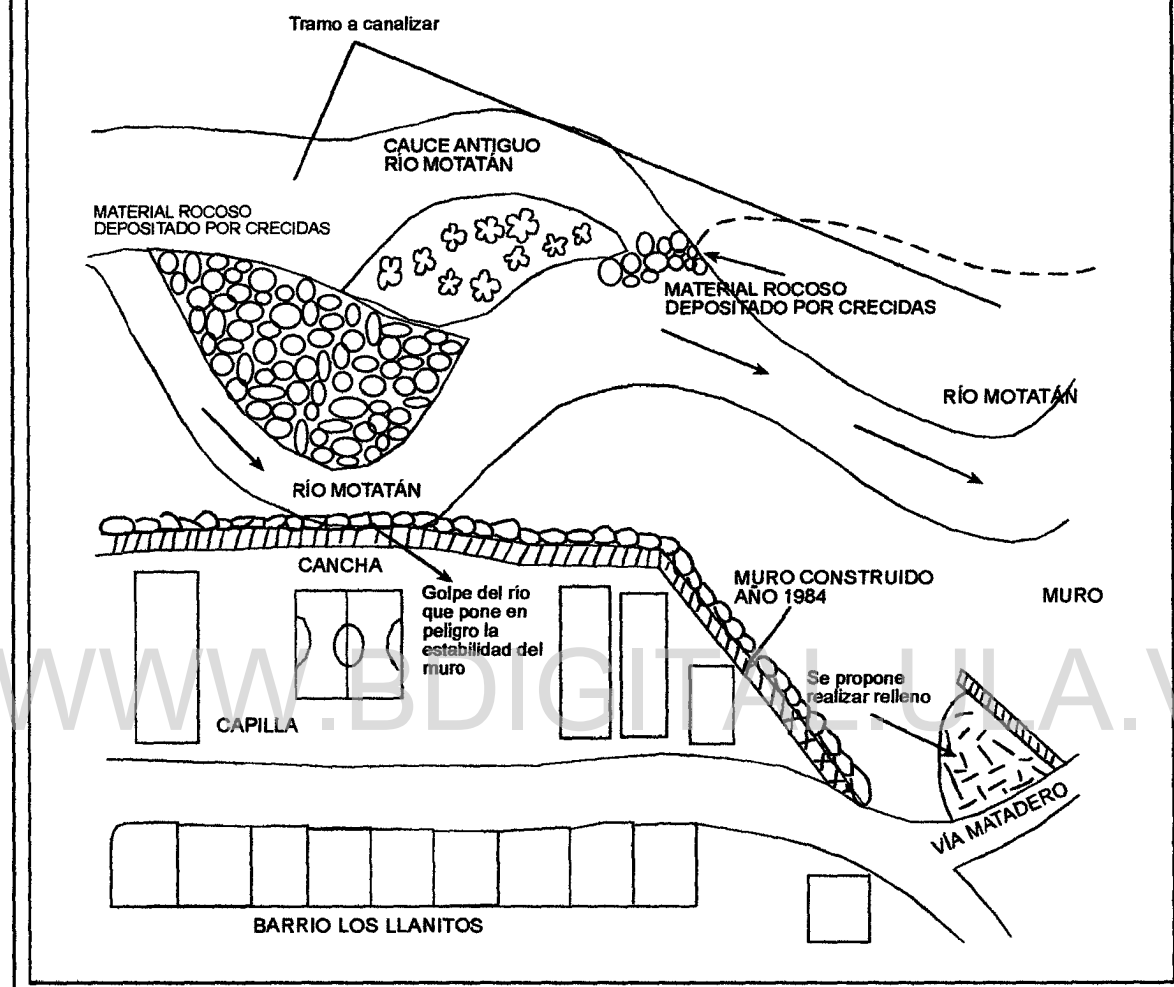
* En la crecida del 26 de junio de 1993, el sector más afectado fue el comprendido entre Puerto Escondido hasta Puente Real ubicado a la entrada de la población de Timotes (margen derecha del río Motatán). En esta área, que no ofrece ningún tipo de seguridad, se han establecido una serie de viviendas que han sufrido daños relacionados con el desbordamiento del río Motatán (Fig. 8).

Figura 6
Sector Matadero. Crecida 16/6/90



Fuente MARN - Mérida, 1990

Figura 7
Sector Los Llanitos. Crecida 16/06/90



Fuente: MARN - Mérida, 1990



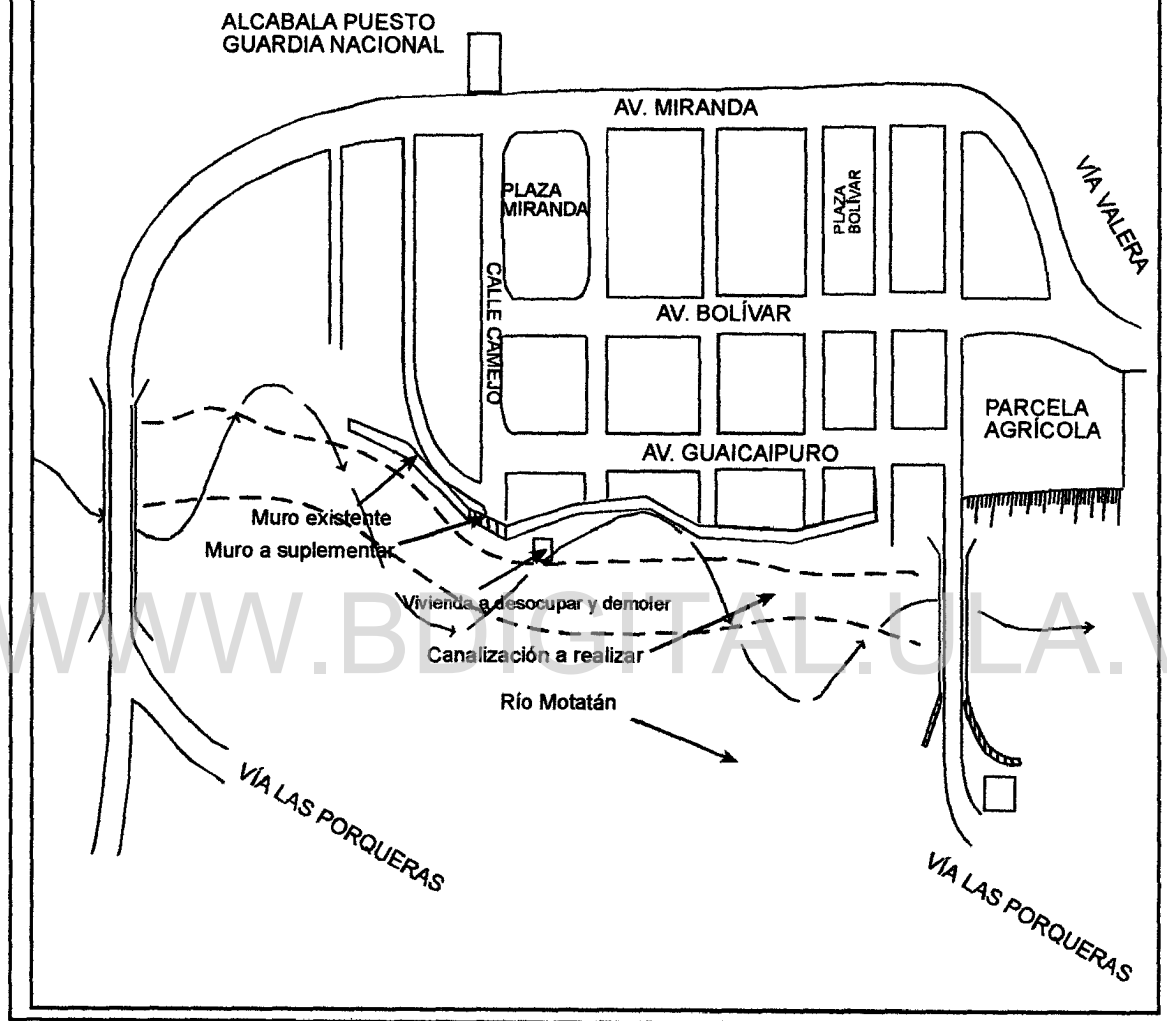
Fuente: MARN - Mérida, 1993

Los sectores que comprenden desde: Puente Real hasta Puente Via Las Porqueras y Puente Via Las Porqueras y Barrio El Llanito fueron los que sufrieron los menores daños (Fig. 9 y 10).

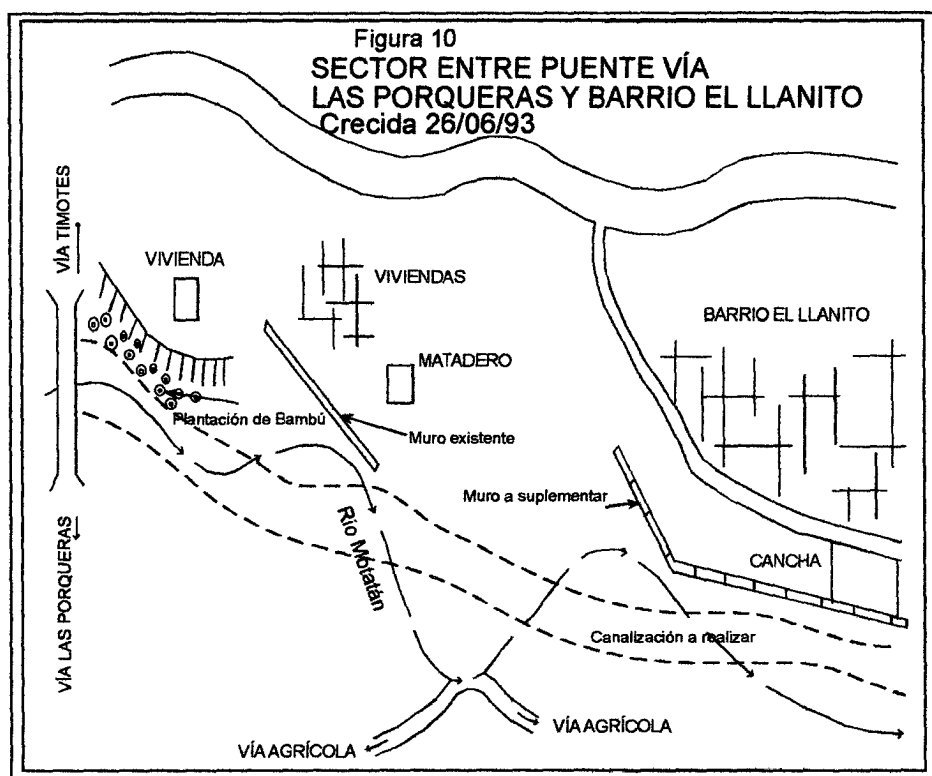
Figura 9

SECTOR PUENTE REAL Y PUENTE VÍA LAS PORQUERAS

Crecida 26/06/93



Fuente: MARN - Mérida, 1993



Fuente: MARN - Mérida, 1993

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

A continuación se describen los daños sufridos en cada sector:

Tabla 8. Daños ocasionados por la crecida de fecha 26/06/1993.

SECTOR	DAÑOS OCASIONADOS
Puerto Escondido /Puente Real	<ul style="list-style-type: none"> • Inundación de siete viviendas (parte alta del sector). • Destrucción de una vivienda. • Una vivienda presentó los siguientes daños: destrucción del muro de protección, áreas de servicios (patio, estacionamiento, depósito, etc) y estructuras propias de la vivienda. • Destrucción de dos tramos de la vía que conduce a las comunidades agrícolas: Mucusé, Piedra é Sal, El Cacique y Miranda. • Socavación del talud y agrietamiento de la calzada carretera trasandina
Puente Real /Puente vía Las Porqueras	<ul style="list-style-type: none"> • Canalización destruida. • Una vivienda parcialmente afectada. • Socavación del estribo derecho del puente afectando la calzada. • Socavación del muro y talud que soporta la vivienda ubicada a la salida del puente.
Puente vía Las Porqueras /Barrio El Llanito	<ul style="list-style-type: none"> • Canalización destruida. • Daños en una parcela ubicada en la margen izquierda del río. • Daños en el tramo de la carretera ubicado al frente del Barrio El Matadero. • Socavación en la fundación de los muros de protección construidos en el Barrio El Llanito.

Fuente: MARN - Mérida, 1993.

*En el año 1996 ocurrieron dos crecidas, el 08 de mayo la primera y la segunda el 24 de junio, ambas ocasionaron daños menores y preocupación entre los habitantes de la zona que desocuparon sus viviendas dada la cercanía que presentan estas al río. Durante ese mismo año se realizó la canalización del río Motatán en el tramo comprendido entre los puentes de acceso hacia la comunidad de Santa Cruz, San Antonio y la comunidad de Mesa Cerrada, trabajos que realizó la empresa CANTERA SAN JOSÉ C.A. Así mismo, la Alcaldía del Municipio Miranda realizó la canalización del río en una longitud de cauce de 400 metros aproximadamente.

* La crecida del río Motatán del 17 de julio del 2001 se originó por las fuertes precipitaciones y el deshielo de la nevada que se presentó ese mismo día en la zona alta de la cuenca, ocasionando daños a viviendas, la vialidad, a las áreas cultivadas y otras obras de servicio público adyacentes a ambos márgenes del río, las cuales están ubicadas en el Municipio Miranda. A continuación se detallan las zonas afectadas:

Tabla 9. Daños ocasionados por la crecida del 17/07/2001.

SECTOR	DAÑOS OCASIONADOS
Mucusé	<ul style="list-style-type: none"> • Daño a la calzada de la vía principal (longitud de 100 m. aproximadamente). • Desalojo de una familia.
Las Playitas II	<ul style="list-style-type: none"> • Desbordamiento del río. • Daños a viviendas. • Desalojo de cuatro familias.
Calle Vargas	<ul style="list-style-type: none"> • Socavación lateral y de fondo (longitud de 120 m. aproximadamente). • Colapso de dos viviendas.
Calle Sucre	<ul style="list-style-type: none"> • Volcamiento de muro de concreto ciclópeo. • Socavación (tramo crítico 120 m). • Colapso de una vivienda.
Sector Punta Brava	<ul style="list-style-type: none"> • Socavación de fondo (bases de las pilas que

	sostienen la estructura)originando el colapso del puente que comunica las comunidades de La Lajita, Santa Cruz de Mijará parte baja y alta, Las Porqueras, y la vía alterna con el estado Trujillo.
El Arenal	<ul style="list-style-type: none"> • Afectación de viviendas.
Los Llanitos	<ul style="list-style-type: none"> • Socavación lateral y de fondo. • Volcamiento de muro de concreto ciclópeo (longitud 200 m. aproximadamente). • Daños en la losa de pavimento rígido de la cancha y destrucción de la cerca perimetral
La Vega	<ul style="list-style-type: none"> • Socavación de la base de los estribos del puente y la calzada de la vía que comunica las diferentes áreas cultivables, tramo crítico 120 m. aproximadamente
Sector San Rafael (Matadero)	<ul style="list-style-type: none"> • Desbordamiento del río. hacia la margen izquierda. • Desalojo de viviendas afectadas hacia la margen izquierda.
Las Bateas	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento del nivel del agua de la quebrada El Rincón. • Tránsito interrumpido en la vía Trasandina.
Chachopo	<ul style="list-style-type: none"> • Desbordamiento de la quebrada Las Maraquititas ubicada en las cercanías del centro poblado de Chachopo, por encima de la vía.

Fuente: MARN - Mérida, 2001.

Las quebradas que aumentaron su nivel y contribuyeron a incrementar el caudal del río Motatán durante esta última crecida se mencionan a continuación: Los Caracoles, El Cacho, Mucumbás, Chamarú, La Lajita y Mesa Cerrada

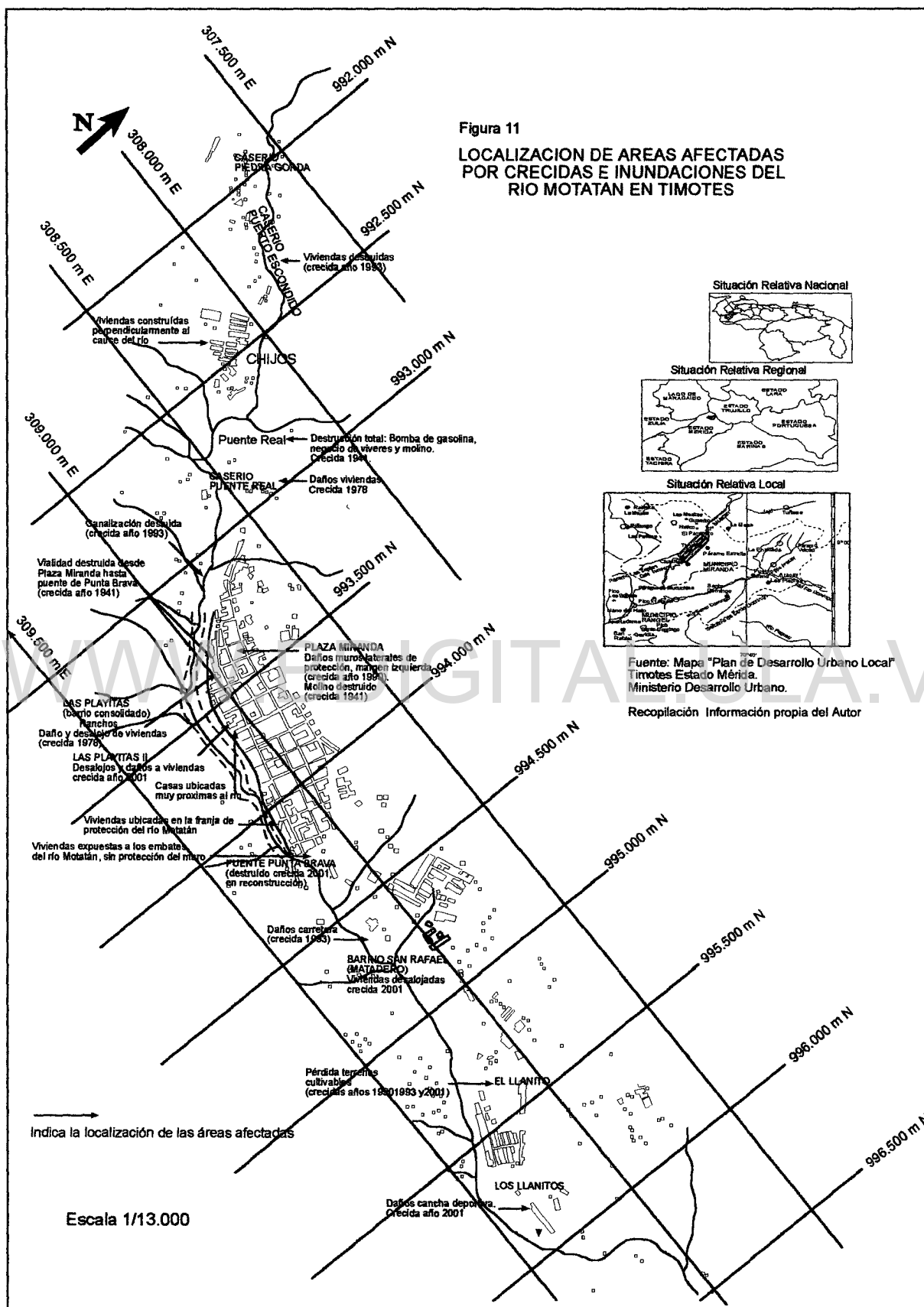
Del análisis de las crecidas ocurridas se desprende que:

- Las crecientes del río Motatán son pluri decenales y se han dado generalmente en junio correspondiéndose al mes donde se presenta mayores precipitaciones, como lo respalda los relatos históricos, así como los informes elaborados por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.
- La población de Timotes es la más afectada debido en primer lugar a la actividad geotectónica que le ha conferido a las terrazas y abanicos aluviales una forma alargada y estrecha con una topografía muy irregular, y por consiguiente un complicado patrón de uso de la tierra, y en segundo lugar a que sus pobladores han invadido con uso residencial inapropiado la vega del río Motatán.
- Debido a las pérdidas y daños de diferente índole que se han producido por las últimas inundaciones en la cuenca alta del río Motatán, se requiere que se realice una evaluación exhaustiva; por ello es necesario conocer la historia del riesgo de inundación (fecha de la crecida, tiempo, áreas afectadas, daños, etc).
- La falta de datos cuantitativos tales como: caudales máximos, altura del agua, duración de la inmersión, entre otros, dificultan el cálculo con exactitud del período de retorno de las crecidas excepcionales del río Motatán.
- Los daños al centro poblado de Timotes han sido mitigados gracias a las obras de protección (muros de concreto y canalización) que se han ejecutado con recursos provenientes de la Gobernación del Estado y del Ministerio del Ambiente, pero la presión por crecimiento poblacional continua.
- Los daños generalmente se reportan en la zona entre Chachopo y Timotes siendo la causa una combinación de lluvias fuertes a veces acompañados por fusiones. Los daños principales se refieren a la carretera, interrupciones de tráfico, con repercusiones graves

sobre la población y las actividades económicas específicamente sobre la comercialización de productos agropecuarios y el turismo.

- En la figura 11 se indicó cartográficamente a manera de síntesis, las áreas que han sufrido daños en las crecidas e inundaciones descritas.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE



5.4 CALIFICACIÓN DE LA AMENAZA HIDROLÓGICA

En la cuenca alta del río Motatán delimitada hasta su entrada al estado Trujillo existen dieciséis microcuencas. El método de estimación del grado de la amenaza de inundaciones (Modificado de López Cadenas de Llano, 1999), evalúa cada microcuenca o subcuencas en base a cada uno de los seis criterios que controlan la generación de crecidas torrenciales:

Pendiente dominante: a mayor pendiente mayor amenaza hidrológica.

Litología: una litología más disgregable mayor amenaza.

Precipitación media anual: mayor volumen de precipitación media anual mayor amenaza;

Protección hidrológica: el grado de protección hidrológica está expresado por el coeficiente de protección hidrológica el cual está relacionado con el grado de cobertura vegetal presente en cada microcuenca, adquiere valores de 0 a 1, donde el valor 1 se refiere a la mayor protección del suelo (vegetación boscosa) y tiende a 0 (cero) a medida que la vegetación disminuye y ofrece una menor protección al suelo.

Tamaño del área: el tamaño del área está relacionado en forma directa con la captación de la precipitación y el volumen de escurrimiento.

Obras de control de crecidas: la existencia de obras de control indica una mayor protección ante una amenaza hidrológica.

Los valores para cada unidad hidrológica se muestran en la tabla 10. Para cada unidad hidrológica se estimó el potencial de crecida (PC) como la suma de los valores ponderados de cada uno, según los criterios indicados en las tablas 10, 11 y 12.

Tabla 10. Valores medios para las diferentes variables en cada una de las unidades hidrológicas de la cuenca alta del río Motatán.

Microcuenca	Pendiente Dominante (%)	Litología	Precipitación (mm/año)	Protección hidrológica	Áreas (Km²)	Existencia de Obras control
Nacientes	35-50	Ppp/Pcm	860	0.56	28.78	Ninguna
Turnero	35-50	Gr	900	0.52	48.67	Ninguna
Adjuntas	35-50	Gns	925	0.40	15.10	Ninguna
Seca	>50	Pcm/Gr	950	0.40	8.23	Pocas
Mucunantú	>50	Gr/Gns	1010	0.48	10.56	Ninguna
Caracoles	>50	Gns	1020	0.26	5.65	Ninguna
PiedraGorda	>50	Gns	1150	0.54	10.23	Ninguna
Mucumbás	>50	Gns	1050	0.32	8.50	Ninguna
La Lajita	>50	Peis	1050	0.68	11.88	Ninguna
Mijará	>50	Peis/ Gns	900	0.66	8.68	Ninguna
Mucusé	>50	Gr	900	0.34	13.10	Pocas
Chamarú	>50	Gns/ESQ	850	0.36	6.93	Ninguna
Casa Tejas	>50	Gns/ESQ	770	0.32	13.68	Ninguna
Porqueras	>50	Pcm	780	0.34	3.98	Pocas
Mucutujote	35-50	Ppp	900	0.20	2.13	Ninguna
Timotes	20-65	Gns/ESQ	780	0.20	5.63	Ninguna

Los valores representativos de cada una de las variables se muestran en la tabla 11

Tabla 11. Valores de las variables.

VALOR	PENDIENTE (%)	FORMACIONES GEOLOGICAS	PRECIPITACIÓN (mm/año)	VEGETACIÓN USO TIERRA	ÁREA (Km²)	OBRAS
4	> 50	F.Palmarito: Calizas y Filitas	> 1000	Cultivo	>30	Ninguna
3	35 – 50	F.Mucuchachi: Filitas y Cuarcitas	800 – 1000	Herbazal Matorral	15 – 30	Pocas
2	20 – 35	Esquistos, Gneiss y Granitos	600 – 800	Páramo Plantaciones	5 – 15	Casi ninguna
1	< 20	F.Sierra Nevada Gneiss y Granitos	< 600	Bosque	<5	Necesarias

El valor 4 corresponde a la condición más favorable a la generación de crecidas y el valor 1 a la menos favorable.

En la tabla 12 se presentan los valores para cada una de las variables en cada microcuenca, además se indican los potenciales de crecida.

Tabla 12 Valores de ponderación.

Microcuenca	Pendiente	Litología	Precipitación	Protección hidrológica	Áreas	Obras control	Potencial crecida
Caracoles	4	1	4	3	2	4	18
Casa Tejas	4	2	2	3	3	4	18
Chamarú	4	2	3	3	2	4	18
Mucumbás	4	1	4	3	2	4	18
Mucusé	4	1	3	3	3	2	18
La Lajita	4	1	4	1	3	4	17
Mucunantú	4	1	4	2	2	4	17
Piedra Gorda	4	1	4	2	2	4	17
Timotes	3	2	3	4	1	4	17
Turnero	3	1	3	2	4	4	17
Adjuntas	3	1	3	3	3	4	16
Mucutujote	3	4	3	4	1	4	16
Nacientes	3	1	3	2	3	4	16
Seca	4	2	3	3	2	2	16
Mijará	4	1	3	1	2	4	15
Porqueras	4	3	2	3	1	2	15

Los valores de potenciales de crecida oscilan entre 15 y 18 y se califican de acuerdo a las clases expresadas en la tabla 13.

Tabla 13. Calificación de la amenaza hidrológica

PUNTOS	CALIFICACIÓN DE LA AMENAZA
< 10	Baja
10 – 16	Media
16 – 20	Alta
> 20	Muy alta

Los potenciales de crecidas señalados en la tabla 12 se representan en el mapa de amenaza hidrológica a escala 1:50000. Se distinguen dos sectores de amenaza: media y alta.

Sector de amenaza hidrológica media

Se localiza la amenaza media en dos sectores. El primero ubicado hacia el suroeste de la cuenca del río Motatán y el segundo hacia el noreste. Espacialmente se localizan entre las coordenadas 8° 51' y 8° 57' de latitud norte y 70° 45' y 70° 50' de longitud oeste y 8° 57' y 8° 61' de latitud norte y 70° 41' y 70° 44' de longitud oeste, respectivamente. Ocupa una superficie de 69.92 Km².

Comprende las microcuencas de las quebradas, especialmente sus conos de deyección:

- Las Adjuntas,
- Seca,
- Las Porqueras,
- Mijará
- Las nacientes del río Motatán y
- El interfluvio de Mucutujote.

El área se ubica en una franja altitudinal entre los 1.800 m.s.n.m en el fondo del valle hasta los 4.400 m.s.n.m en la zona de los afloramientos rocosos. Las pendientes son altas a muy altas. El tamaño de las microcuencas varía entre 500 a 3000 ha; sin embargo se encontraron algunas pequeñas áreas menores a 500 ha. La precipitación media anual en estas áreas oscila entre los 860 y 950 mm/año en el primer sector y entre los 780 y 900 mm/año en el segundo.

Estratigráficamente el sector esta definido por las formaciones geológicas: Palmarito (Ppp) compuesta por calizas y filitas intercaladas con metaareniscas subordinadas; Mucuchachi (Pcm) conformada por filitas, que se intercalan con cuarcitas, metareniscas y metalimolitas y Complejo Iglesias facies Sierra Nevada (Peis) , así como la abundancia de granitos (Gr), Gneiss (Gns) y Esquistos (ESQ).

La vegetación dominante es paramera y boscosa, lo que garantiza una mayor protección hidrológica. En este sector se han realizado obras de control de crecidas, lo que garantiza una mitigación contra las crecidas.

Estas características le confirieron a los dos sectores descritos un potencial de crecida de 16 y 15 respectivamente lo que significa un sector de amenaza media.

Sector de amenaza hidrológica alta

Se localiza espacialmente entre las coordenadas 8° 53' y 9° 02' de latitud norte y 70° 42' y 70° 52' de longitud oeste.

Ocupa una superficie de 125.24 Km².

Comprende las siguientes quebradas, especialmente sus conos de deyección:

- Mucunantú
- Los Caracoles
- Piedra Gorda
- Mucumbás
- La Lajita
- El Turmero
- Mucusé
- Chamarú y
- Casa de Tejas.

El caudal medio anual de las quebradas se resume en la tabla 14

Tabla 14. Caudal medio anual para las quebradas del sector de amenaza alta.

QUEBRADAS	CAUDAL MEDIO ANUAL (lts/seg)
Chamarú	42.1
El Turmero	423.8
La Lajita	156.3
Los Caracoles	60.17
Mucumbás	82.6
Mucunantú	137.5
Mucusé	31.0
Piedra Gorda	152.8

Fuente: Huiza y Pérez, 1997.

La quebrada El Turmero presenta el mayor caudal medio anual.

Las áreas varían entre 500 a 3.000 ha, la microcuenca de la quebrada El Turmero presenta un área mayor a las 3.000 ha. Dentro del sector se observa numerosas nacientes de quebradas y la presencia de lagunas. La precipitación media anual oscila entre los 770 y 1.150 mm/año.

La litología del área es muy variada encontrándose: granito, gneiss y esquistos. Las pendientes son muy altas. Se encuentran diversos tipos de vegetación: páramo, plantaciones, matorrales, herbazales y una pequeña región de bosque lo que le proporciona mejor protección hidrológica. En este sector no se conoce la ejecución obra de control de crecidas. Debido a estas características tiene un potencial de crecida de 18, clasificándolo como un sector de amenaza alta.

El sector comprendido entre las coordenadas 8° 56' y 9° 37' de latitud norte y 70° 44' y 70° 45' de longitud oeste, con una superficie de 6.57 Km² se clasifica como una zona de **amenaza hidrológica muy alta** debido:

- A sus bajas pendientes (del cauce), lo que le confiere el carácter de zona de explayamiento y deposición,

Licencia Creative Commons:

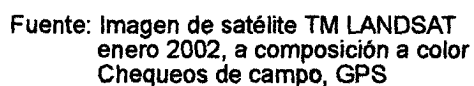
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- Mayor caudal de crecidas por la confluencia de las microcuencas torrenciales que drenan a ambas márgenes del río Motatán,
- El mayor acarreo de materiales que le aportan los torrentes tributarios.

La zonificación de la cuenca alta del río Motatán en áreas de diferente amenaza hidrológica se presenta en el mapa 2.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Centro Estudios Forestales de Postgrado



Realizado por: Daphne V. Avendaño P.
Revisado por: Edgar Hernandez

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

5.5 BASE DE DATOS

Los resultados generados por la conformación de la base de datos, haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica, se presentan de la siguiente manera:

- Archivos en formato digital empleando los medios digitales de almacenamiento y copiado, como por ejemplo en CD. La contenida en los archivos generados por cada uno de los programas empleados se presentan en la tabla 15.

Tabla 15. Información contenida en los archivos generados por cada uno de los programas empleados (software)

ARCHIVO (SIG)	IDRISI	CARTALINX	SHP	FH 10
Curvas de nivel		✓	✓	✓
Centros poblados		✓	✓	✓
Drenajes		✓	✓	✓
Infraestructura		✓	✓	✓
Perímetro		✓	✓	✓
Vegetación y uso de la tierra		✓	✓	✓
ETM	✓			
Digitalización (mapa bases)	✓	✓	✓	✓
Categorías		✓	✓	✓

JPG.
Fotografías aéreas
BMP, GIF
Logotipos: Universidad de Los Andes, Laboratorio de Fotogrametría y Sensores Remotos.

- Mapas: los diferentes mapas temáticos (Geomorfológico, Geológico, Hidrológico, Isoyetas, Suelos) así como los mapas Hidrogeomorfológico, de Amenaza Hidrológica, Infraestructura y actividades económicas y de Zonificación del riesgo por inundaciones, fueron diagramados y se presentan impresos en papel (analógicos) y en formato digital.
- La parte temática de la base de datos se organizó de la siguiente forma:

POLÍGONOS

PolyID	Area	Perimeter	Locutor node	Numeric userId	Text userId
--------	------	-----------	--------------	----------------	-------------

ARCOS

Arc ID	Arc type	From node	To node	Left poly	Right poly	Length	Numeric userId	Text userId
--------	----------	-----------	---------	-----------	------------	--------	----------------	-------------

NODOS

Node ID	Node type	Numeric userId	Text userId
---------	-----------	----------------	-------------

Las tablas estadísticas muestran los resultados numéricos, agrupados según las estadísticas descriptivas. Es decir, presentan un nivel de procesamiento destinado para agrupar los datos y presentarlos en un formato adecuado, con el propósito de lograr una presentación sencilla y comprensible para los planificadores o manejadores del riesgo. Los resultados de estas estadísticas se expresaron en forma de gráficos.

B DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Se identificaron y caracterizaron los bienes socio – económicos y de carácter humano a fin de poder prever las consecuencias de las inundaciones sobre estos.

Los principales bienes que se delimitaron en el área de estudio fueron:

- 1) Los espacios urbanos que comprenden centros poblados de baja y alta densidad poblacional, otros asentamientos humanos, las zonas a ser urbanizadas en el futuro y las zonas actualmente protegidas.
- 2) La infraestructura y servicios públicos que comprenden la vialidad, los puentes, las áreas de uso público como: hospitales, áreas de camping, centros educativos, etc, los sistemas de riego, acueductos y las actividades económicas (mapa 3 y 4).

El área de estudio comprende parte del Municipio Miranda constituido por las parroquias: capital Timotes, Andrés Eloy Blanco y La Venta. Los principales centros poblados son: Almorzadero, El Rincón, La Venta, Chachopo, Piedra Gorda y Timotes.

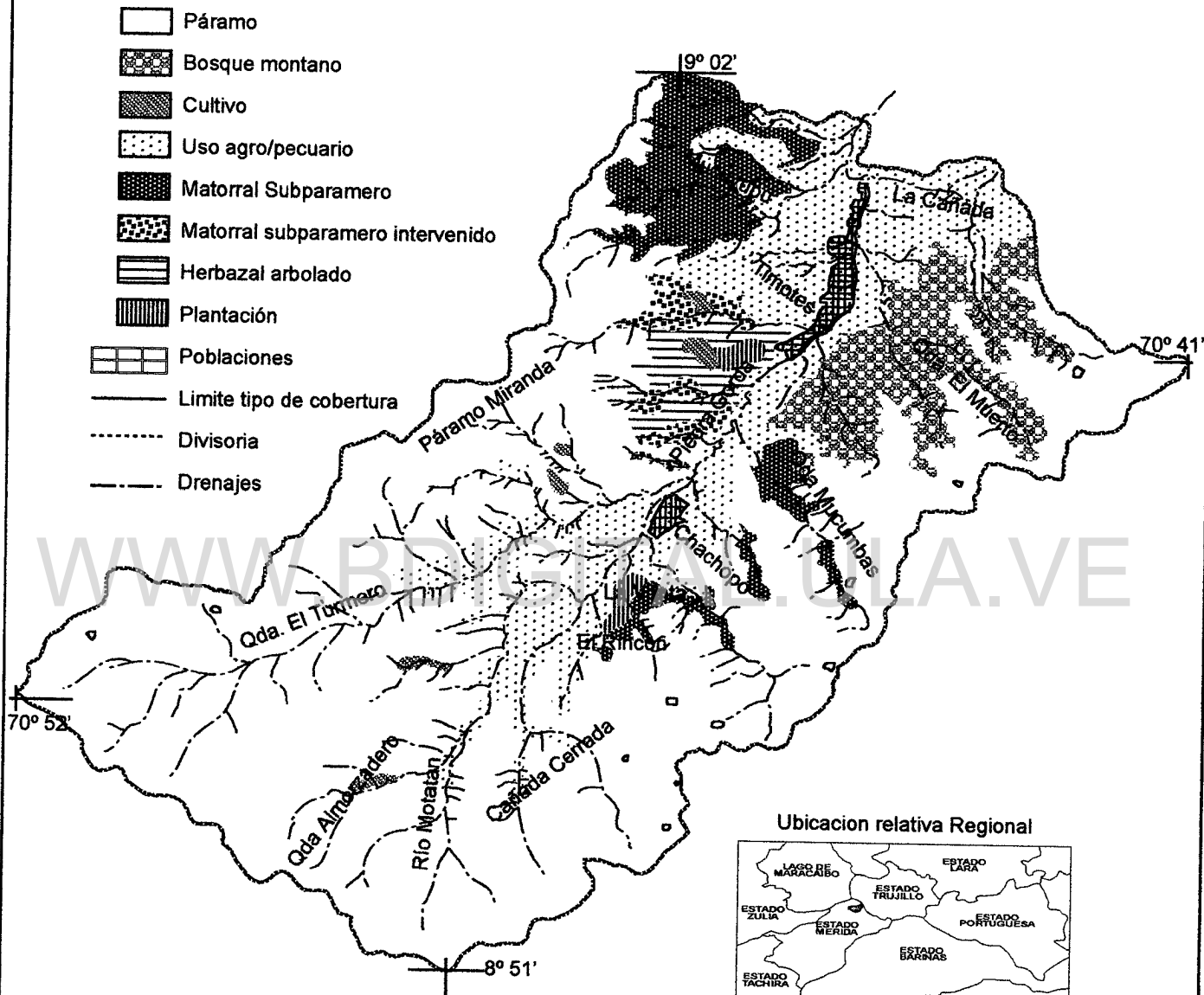
En el año 1990 este municipio cuenta con una población de 22.930 habitantes (OCEI, 1990) distribuidos de la siguiente manera: Capital Timotes 16.763, Parroquia: Andrés Eloy Blanco 2.107 habitantes, La Venta 2.134 y Piñango 1.926 habitantes. Esta última no se incluyó en el estudio ya que sus microcuencas no drenan hacia la cuenca alta del río Motatán.

La mayor concentración poblacional la presentan: Timotes, Chachopo y La Venta por lo tanto la vulnerabilidad en Timotes alcanza su máxima expresión situación que se ve agravada por el hecho de que las zonas de acumulación aluvial están siendo invadidas por la construcción de viviendas en su mayoría adyacentes y construidas en sentido perpendicular al cauce del río Motatán (Foto 10 y 11).

Mapa 3

MAPA DE VEGETACION Y USO DE LA TIERRA, CUENCA ALTA RIO MOTATAN ESTADO MERIDA, VENEZUELA

Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Centro Estudios Forestales de Postgrado



Escala 1/500.000

0 15 Km

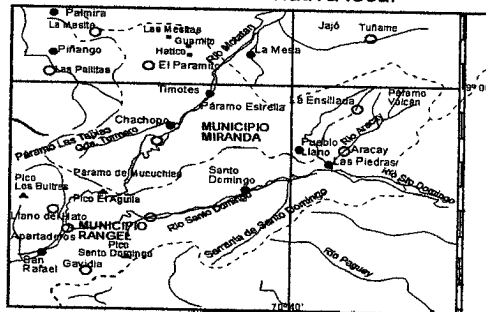
Fuente: Imagen de satélite TM LANDSAT

Realizado por: Daphne V. Avendaño P.
Revisado por: Edgar Hernandez

Ubicacion relativa Regional



Ubicación relativa local



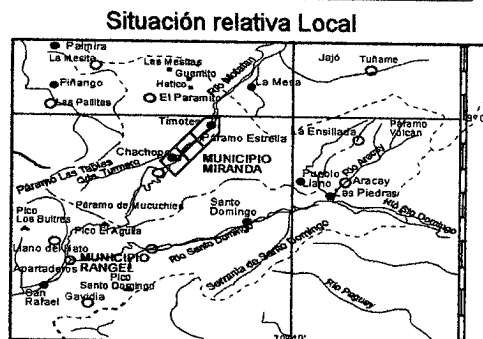
Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Centro Estudios Forestales de Postgrado



Realizado por: Daphne V. Avendaño P.
Revisado por: Edgar Hernandez



Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

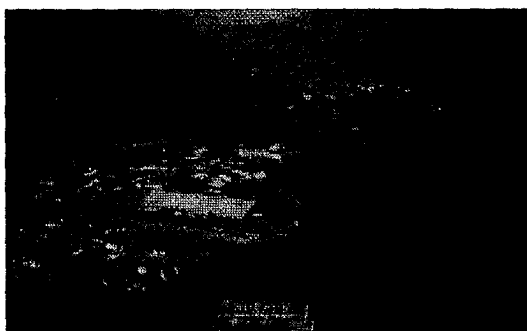


Foto 10. Vista panorámica de Timotes

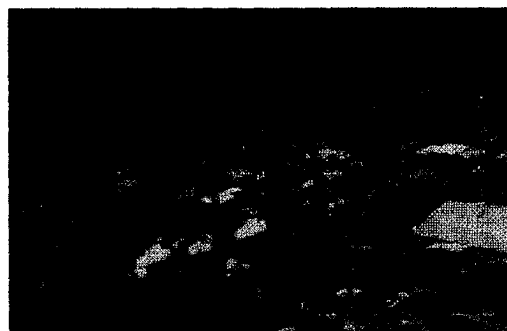


Foto 11. Caserio Chijós, en Timotes.

En las áreas donde el relieve es más abrupto las viviendas se ubican de manera dispersa pero situándose siempre en las cercanías de la vialidad principal (carretera Trasandina). Se observó que en las partes altas y escarpadas la expansión habitacional se ve limitada por las condiciones topográficas del terreno.

Otra agravante de esta situación la constituye el hecho de que muchas de estas viviendas se construyen sin respetar la franja de protección de 25 m a lo largo de los ríos y quebradas como se menciona en la Ley Forestal de Suelos y Aguas, quien estipula que se debe mantener la vegetación en esa franja o crear bosques ribereños (Foto 12 y 13).



Foto 12. Vivienda con grietas verticales en su estructura, localizada en las cercanías del sector "El Rincón".



Foto 13. Caserio "Cañada Cerrada", conjunto de viviendas construidas sobre muros de piedras en las cercanías, menor a 20 m, del río Motatán.

La tipología de la vivienda es muy variada encontrándose desde las casas tradicionales, casas rurales, inmuebles de clase media, ranchos, etc y de uso variado como residenciales, comercio, la combinación de estos dos, talleres, etc (Foto 14 y 15).

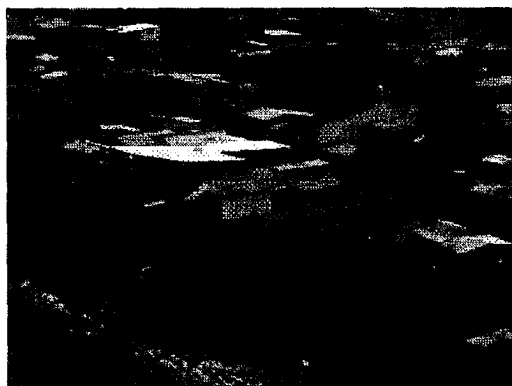


Foto 14. Centro poblado Timotes. Viviendas construidas cercanas al cauce del río Motatán.

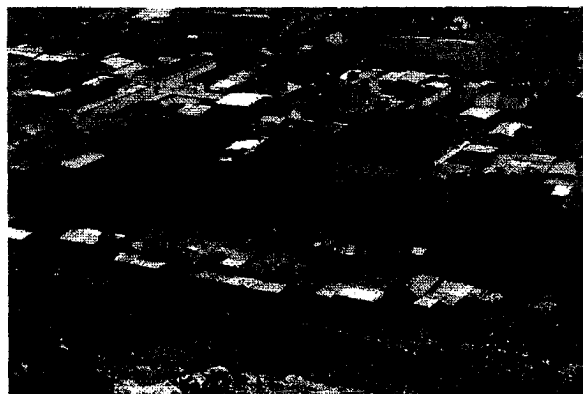


Foto 15. Barrio "Las Playitas", conjunto de viviendas (ranchos) localizadas en el muro de protección del cauce, en el lecho menor del río Motatán.

La mayoría de estas viviendas no siguen la normativa establecida por ingeniería municipal sino que son realizadas de manera informal (autoconstrucción) presentando alta vulnerabilidad estructural las viviendas construidas reglamentariamente tendrían baja vulnerabilidad; sin embargo por estar muy próximas al curso del río su vulnerabilidad aumenta ya que el embate de las aguas va socavando sus cimientos exponiéndolas a la inundación, destrucción y arrastre durante una crecida.

En relación a las zonas a ser urbanizadas en el futuro se debería tener una planificación en base a la vulnerabilidad de la zona en general con el fin de minimizar las pérdidas ante una catástrofe y no como lo que actualmente se presenta en la ordenanza sobre el plan de desarrollo urbano local, en el cual se observa que éste se extiende hasta límites no permisibles por alcanzar la margen izquierda del río Motatán.

Esta situación anómala si no es posible corregirla sobre la marcha al menos debería ser reglamentada. Dicho reglamento debe ser de estricto cumplimiento.

A pesar de la existencia de este plan de desarrollo urbano local existe la consolidación de todo un barrio "Las Playitas" en pésimas condiciones que continua creciendo a las afueras de la poligonal sobre el lecho del río irrespetando toda la normativa, lo que lo hace incurrir en una muy alta vulnerabilidad.

De igual manera debería tenerse un cuidado esmerado sobre el desarrollo poblacional de los otros centros poblados para no incurrir en el futuro en los errores del presente y evitar de esta manera un desarrollo anárquico de la población, tomando siempre en cuenta que las obras de ingeniería no garantizan una protección total ante una amenaza natural ya que hay que considerarlas tan solo como obras de mitigación.

En la cuenca se observa que se han realizado en varios sectores obras de ingeniería con fines de protección a las crecidas e inundaciones como son:

La canalización del río en el centro poblado de Timotes, muros de resguardo, alguno de los cuales presentan síntomas de deterioro como: socavación lateral, volcamiento de algunos tramos, todo esto por falta de mantenimiento.

Para que estos muros ubicados paralelos al centro poblado de Timotes (margen izquierda del río Motatán) sean efectivos en el cumplimiento de su función, las autoridades competentes deberían llevar a cabo un programa de rehabilitación de obras conjuntamente con un plan educativo para la población que habita en las adyacencias de estas obras, con la finalidad de que tomen conciencia de la utilidad o beneficios que le proporciona y contribuyan a mantener su integridad (Foto 16 y 17).



Foto 16. Canalización del río Motatán y muro ubicados paralelos al centro poblado de Timotes.



Foto 17. Muro de protección en la quebrada Santa Bárbara en el poblado "La Venta".

La principal vía de comunicación terrestre existente en la cuenca alta del río Motatán es la carretera Trasandina, la cual es vulnerable a las crecidas e inundaciones por el efecto de socavación lateral que podría presentar en algunos sectores así como la obstrucción de la circulación de la misma por el acarreo de material y la destrucción de puentes. Como por ejemplo la batea del Rincón, obstruida por el material rocoso aportado por la quebrada en épocas de alta precipitación (Foto 18 y 19).

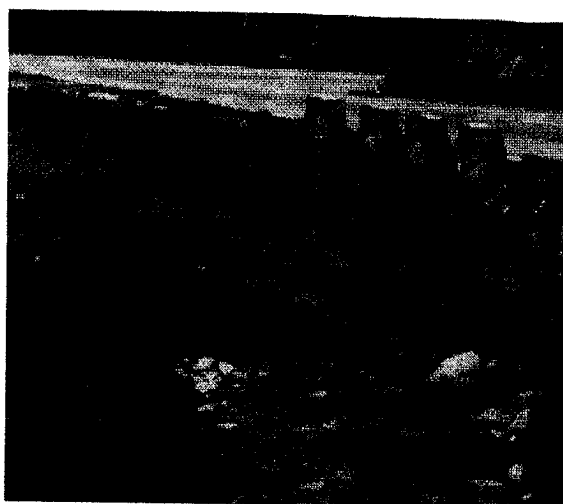


Foto 18. Socavamiento del talud de la carretera Trasandina. Sector "Las Adjuntas".

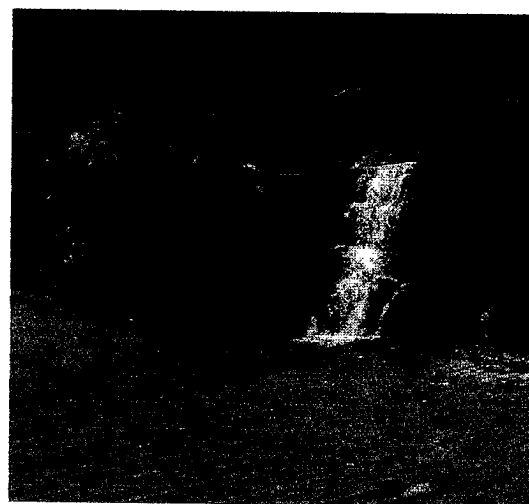


Foto 19. Batea localizada en el sector "El Rincón".

Los puentes contruidos sobre ríos y quebradas que atraviesan la carretera principal y las secundarias no ofrecen una verdadera seguridad al tránsito debido a que pueden presentar fallas, ejemplo de ello es el puente de Punta Brava (Foto 20) el cual fue demolido por presentar fuerte socavación en sus cimientos a raíz de la crecida del 2001. Otro ejemplo lo constituye el Puente Real que esta sufriendo socavación lateral.



Foto 20. Puente en reconstrucción. Sector "Punta Brava". Timotes.

Considerando las áreas de uso público en la zona bajo estudio, se ha podido constatar que efectivamente existen algunas edificaciones que presentan una alta vulnerabilidad, como es el caso del plantel educativo de Chachopo ubicado en la margen derecha del río Motatán, afectado por crecidas e inundaciones ocurridas en épocas anteriores, también la iglesia y cancha techada del sector El Llanito ubicado en la población de Timotes.

Existen áreas de camping vulnerables por su localización a las crecidas e inundaciones

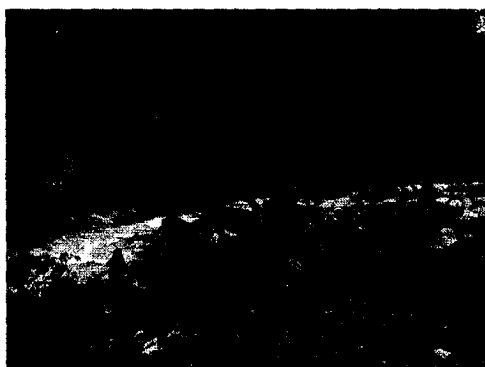


Foto 21. Área de camping.
Sector "Vega Azul"



Foto 22. Área de camping.
Sector "Vega Azul"

Tomando en cuenta la vulnerabilidad de estos centros poblados y de aquellas áreas de uso público (Foto 21 y 22) se debería contar con cuerpos bien organizados y entrenados para hacer frente a estos embates de la naturaleza como: Defensa Civil, Bomberos, Boy Scouts, Comunidad organizada, entre otros; pudiéndose constatar que la única organización que podría prestar servicio de salvamento durante este tipo de acontecimiento es Defensa Civil y la Guardia Nacional.

La principal actividad económica de ésta región es la actividad agrícola específicamente la horticultura que se ve afectada por las crecidas e inundaciones ya que una parte de ellas están establecidas en la vega de los ríos dado que estos presentan la mayor fertilidad y facilidad para el riego.

Así mismo, el transporte de los productos agrícolas puede verse afectado por interrupciones en la vialidad, dificultándose así el despacho hacia los centros de consumo y su comercialización perjudicándose la principal actividad económica de la región.

Otro tipo de infraestructura susceptible de ser dañado son los sistemas de riego (Foto 23), ocasionándose pérdidas materiales durante las crecidas e inundaciones.

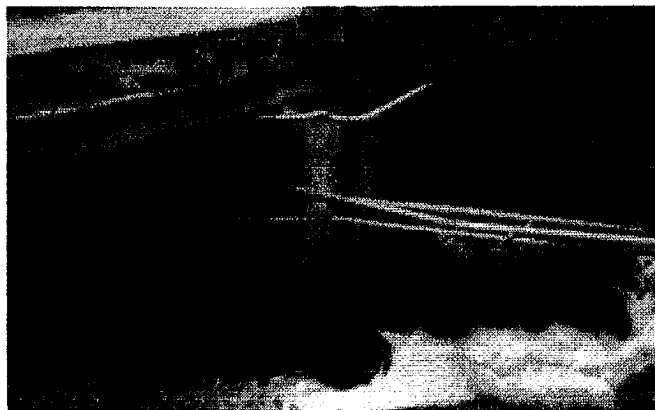


Foto 23. Tuberías del sistema de riego en el sector "El Rincón".

C. ZONIFICACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN

El mapa de Zonificación del Riesgo por inundaciones en la cuenca alta del río Motatán se obtuvo por la superposición del mapa de la Amenaza Hidrológica con el mapa de Vulnerabilidad (Infraestructura y actividades económicas).

Dicho mapa permitió identificar cuatro (4) zonas de riesgo donde pueden ocurrir pérdidas en vidas humanas, en bienes y en actividades económicas a consecuencia de la ocurrencia de inundaciones, desbordamiento y sedimentación. La intensidad de los colores indica el grado del riesgo presente en el área de estudio. Las zonas de riesgo por inundaciones son: alto, medio, bajo y sin riesgo. (mapa 5)

La zona de riesgo alto ocupa una superficie de 6.57 Km², lo que representa el 3.26 % de la superficie total de la cuenca alta del río Motatán. Localizándose hacia la zona nor – oriental de la cuenca en una franja aledaña y paralela al río Motatán, comprendida entre las poblaciones de Chachopo y Timotes. Hidrológicamente abarca la parte baja de las quebradas El Turmero, Chamarú, Los Caracoles, Mucumbás, El Muerto, La Cañada y Mucuyupu, entre otras. Dicha zona concuerda con la zona de “Amenaza muy alta” (mapa 2), en donde se observa un uso agrícola, y la plantación de pinos localizada principalmente en el sector Piedra Gorda.

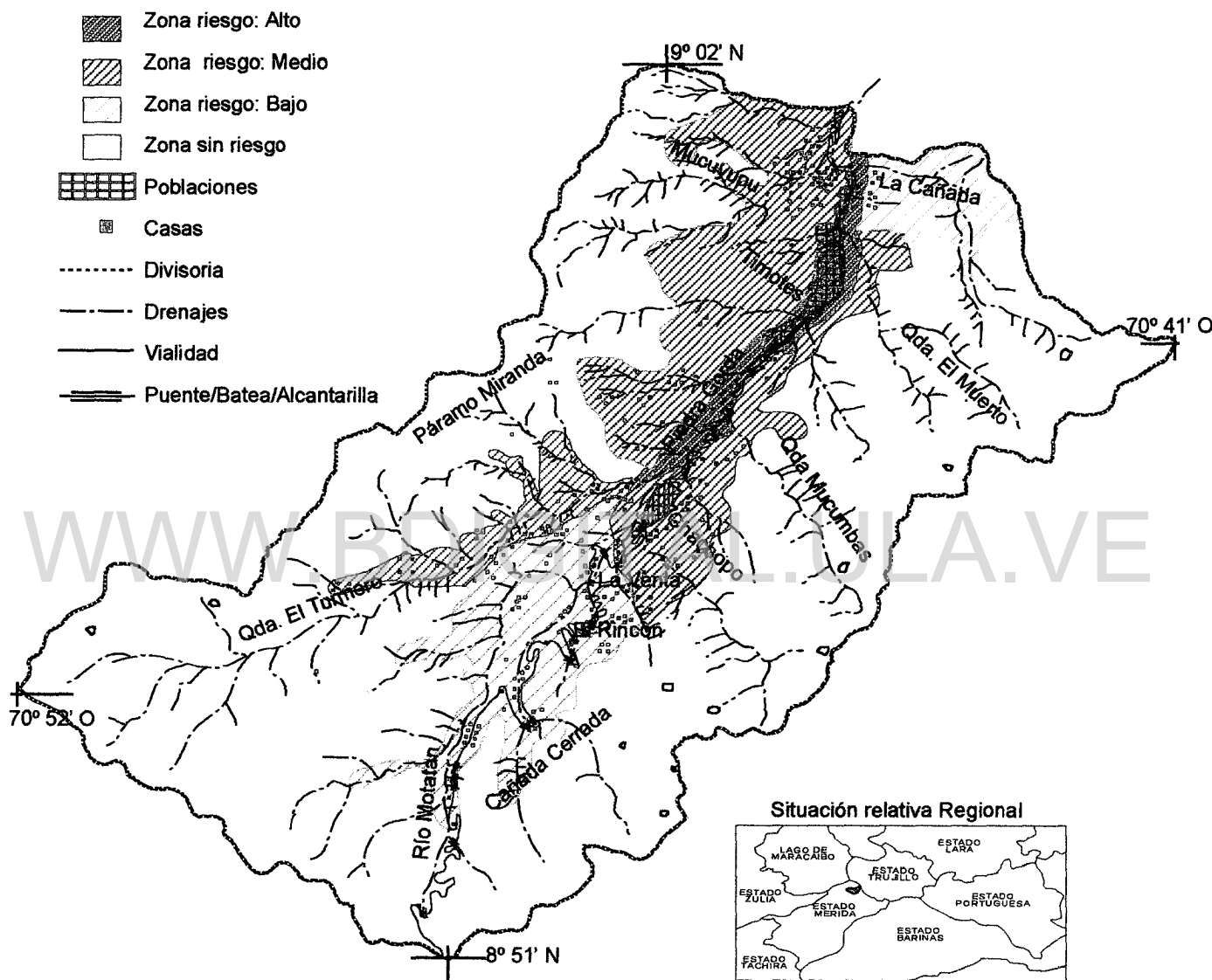
Las poblaciones de Chachopo y Timotes son los centros con mayor densidad poblacional de la cuenca alta del río Motatán y en donde se ubica el mayor número de viviendas de la zona.

La zona de riesgo medio cubre una superficie de 29.02 km², que representa el 14.39 % del área total bajo estudio (201.73 Km²). Se localiza en áreas de mayor altitud que la zona de riesgo alto y se ubica hacia las dos vertientes (derecha e izquierda) del río Motatán, así como también hacia la parte baja del cono de deyección del sector denominado “La Venta” y hacia la parte baja y media de la quebrada El Turmero. Es una zona de menor densidad poblacional, con casas dispersas hacia las laderas de las vertientes y concuerda con la zona de amenaza alta (mapa 2).

Mapa 5 ZONIFICACION DEL RIESGO POR INUNDACION

CUENCA ALTA RIO MOTATAN, ESTADO MERIDA, VENEZUELA

Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Centro Estudios Forestales de Postgrado



Escala 1/500.000
0 15 Km

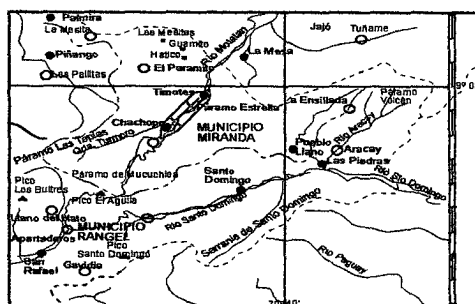
Fuente: Imagen de satélite TM LANDSAT
enero 2002, a composición a color
Chequeos de campo, GPS,
fotografías aéreas

Realizado por: Daphne V. Avendaño P.
Revisado por: Edgar Hernandez

Situación relativa Regional



Situación relativa Local



Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Zona de riesgo bajo esta comprendida en dos áreas claramente identificadas, la primera hacia el sector denominado "La Cañada" en la parte nor – oriental del área de estudio y la segunda hacia el sector "El Rincón" y "Cañada Cerrada", zona central y sur – occidental de la cuenca bajo estudio.

Ambas áreas ocupan una superficie de 19.90 km², que representa el 9.86 % del área total de estudio. Son áreas de mediana a baja densidad poblacional, ubicadas en zonas de amenaza media. El área de "La Cañada" se localiza en la parte media baja de la quebrada del mismo nombre en la vertiente derecha del río Motatán. En ella se observa un uso agrícola en la parte baja y vegetación secundaria (matorral) hacia la parte alta de la misma.

El área de "El Rincón" y "Cañada Cerrada" es también principalmente de uso agrícola pero además se observa vegetación de matorral subparamero y vegetación de páramo hacia la parte alta de Cañada Cerrada.

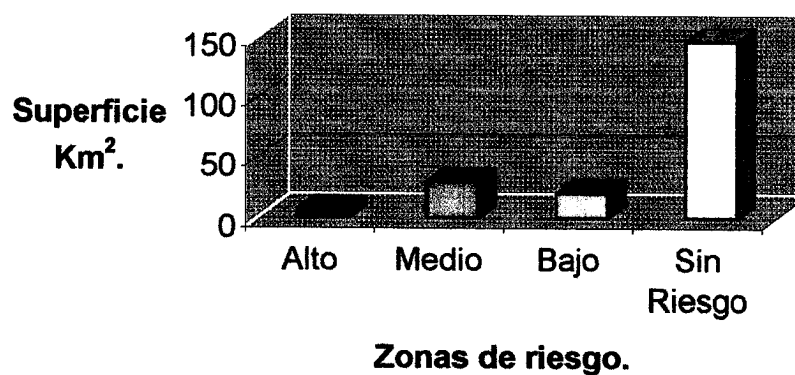
A excepción de "El Rincón" prevalecen las casas dispersas en las laderas de las vertientes y algunas en los alrededores de los cursos de agua.

Las zonas sin riesgo esta localizada hacia las partes altas del área de estudio, extendiéndose hasta la divisoria de aguas, de las dos vertientes (derecha e izquierda) del río Motatán. Abarca una superficie de 146.24 km², que representa el 72.49 % del área de estudio. Son áreas cubiertas por vegetación de páramo con parches de cultivos aislados en los cauces de agua, con una densidad poblacional muy baja y casas aisladas. Coincide con la zona de amenaza alta a media (mapa 2).

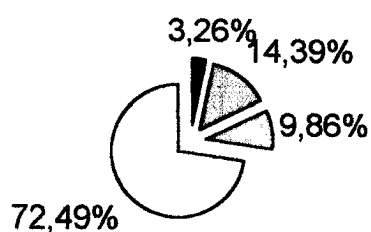
Se puede observar que el riesgo es mayor a medida que la amenaza aumenta, la densidad de población es alta y el potencial económico expuesto es mayor, es decir, que se establece una relación directa entre el grado de amenaza y bienes expuestos tanto humanos como económicos, siendo el riesgo nulo cuando no existen la población humana ni su manifestación socio – económica.

Fig 12. Estadísticas

Zonificación del riesgo por inundación, cuenca alta del río Motatán.



Zonificación del riesgo por inundación, cuenca alta del río Motatán.



■ Alto ■ Medio □ Bajo □ Sin Riesgo

6. CONCLUSIONES

Las conclusiones a las cuales se llegaron mediante la elaboración de este trabajo de investigación son las siguientes:

1. El análisis de la información recolectada sobre la cuenca alta del río Motatán, especialmente la relacionada con los factores que inciden en la generación de crecidas, permitió zonificar la cuenca en tres sectores de amenaza: media, alta y muy alta (mapa 2) según el potencial de crecida (PC).

En el sector de amenaza media se han construido algunas obras de control de crecidas y presenta un de potencial de crecidas (PC) de 15 y 16, este sector fue subdividido en dos subsectores.

En el sector de amenaza alta con un PC de 18 se localizan nacientes de quebradas y lagunas, no tiene obras de control de crecidas.

El sector de amenaza muy alta se localiza hacia la parte baja del área de estudio, en la zona de explayamiento y deposición de los sedimentos arrastrados tanto por el río Motatán como por sus tributarios.

2. En los últimos 95 años se han reportado diez eventos de inundaciones ocurridos en los años 1905, 1910, 1912, 1917, 1941, 1978, 1990, 1993, 1996 y 2001, con daños económicos cada vez más crecientes. Los datos de daños confirman la muy alta amenaza hidrológica que existe en la franja del río Motatán adyacente al centro poblado de Timotes.

3. La cuenca del río Motatán presenta tramos con diferentes características hidrogeomorfológicas. Un paisaje de páramo en las nacientes en donde los cauces tienen poca profundidad, a medida que se descende son más encajonados y rocosos y posteriormente presenta una zona de explayamiento y deposición de sedimentos, aguas abajo de la población de Chachopo. Es en ésta zona en donde se determina con mayor claridad la presencia del cauce menor, medio y mayor, los cuales están asociados con frecuencias de crecidas muy frecuentes, frecuentes y extraordinarias, respectivamente lo que ayudó a la calificación de la amenaza hidrológica.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4. La interpretación de la imagen TM – LANDSAT (2002) y su actualización de campo permitió establecer que la vulnerabilidad a las inundaciones aumenta en sentido aguas abajo desde el caserío “Cañada Cerrada” hasta la población de Timotes. La vulnerabilidad se asocia principalmente con los diferentes niveles de densidad de población, con la tipología de las viviendas, su cercanía a las corrientes hídricas y con la fortaleza estructural de los puentes. En el área circunvecina a Timotes, especialmente en los barrios Las Playitas I, Las Playitas II, Los Llanitos, Puerto Escondido, San Rafael, El Llanito, se manifiesta la mayor vulnerabilidad de las viviendas e infraestructuras a las crecidas en toda la cuenca alta del río Motatán.

5. Se identificaron cuatro zonas de riesgo a las inundaciones, en base a la información sobre amenaza hidrológica y sobre vulnerabilidad de las infraestructuras y usos de la tierra, que se indican el mapa 5. Las zonas son las siguientes:

La zona de riesgo alto ocupa una superficie de 6.57 Km², lo que representa el 3.26 % de la superficie total de la cuenca alta del río Motatán. Localizándose hacia la zona nor – oriental de la cuenca en una franja aledaña y paralela al río Motatán, comprendida entre las poblaciones de Chachopo y Timotes.

La zona de riesgo medio cubre una superficie de 29.02 km², que representa el 14.39 % del área total bajo estudio (201.73 Km²). Se localiza en áreas de mayor altitud que la zona de riesgo alto y se ubica hacia las dos vertientes (derecha e izquierda) del río Motatán, así como también hacia la parte baja del cono de deyección del sector denominado “La Venta” y hacia la parte baja y media de la quebrada El Turmero.

Zona de riesgo bajo esta comprendida en dos áreas claramente identificadas, la primera hacia el sector denominado “La Cañada” en la parte nor – oriental del área de estudio y la segunda hacia el sector “El Rincón” y “Cañada Cerrada”, zona central y sur – occidental de la cuenca bajo estudio. Ambas áreas ocupan una superficie de 19.90 km², que representa el 9.86 % del área total de estudio.

Las zonas sin riesgo esta localizada hacia las partes altas del área de estudio, extendiéndose hasta la divisoria de aguas, de las dos vertientes (derecha e izquierda) del río Motatán. Abarca una superficie de 146.24 km², que representa el 72.49 % del área de estudio.

6. Los barrios de Las Playitas I y Las Playitas II constituyen el caso más crítico de riesgo de inundación, en donde pueden ocurrir daños a la vida y a la propiedad. Desde hace varias décadas el gobierno nacional, por etapas, ha construido muros longitudinales que afortunadamente protegen a la población, pero que al mismo tiempo han creado una exagerada percepción a la protección, más aún cuando se observa que algunos tramos de estos muros presentan problemas graves de socavación.
7. Recientemente la Alcaldía del municipio Miranda ha optado por un programa de prevención que consiste básicamente en la limpieza del cauce y el amontonamiento del material en forma de muros longitudinales a ambas márgenes del río. Es una medida de menor costo pero temporal; por lo que es prudente analizar alternativas de control más permanentes.
8. La metodología empleada (PPR) junto con la metodología propuesta inicialmente por López Cadenas de Llano permitió la zonificación de la cuenca alta del río Motatán de acuerdo a los niveles de riesgo por inundación, lo que facilita el estudio de inundación en las cuencas de montañas.

8. RECOMENDACIONES.

1. El Mapa de Unidades Hidrogeomorfológicas y el Mapa de Amenaza Hidrológica obtenidos en el presente trabajo, constituyen una herramienta en el proceso de planificación de la ocupación y ordenamiento de las tierras en las cuencas altas del río Motatán, por lo que se recomienda su utilización en dichos procesos por los organismos e instituciones de su competencia.
2. Recomendar al Gobierno Nacional a través de los organismos competentes (MINDUR, Alcaldías, Gobernaciones) implementar un programa de reubicación de los barrios: Las Playitas I y II los cuales están ubicados en el sector que presenta la mayor vulnerabilidad determinada.
3. Emplear la metodología del PPR adaptada para la calificación de la amenaza hidrológica en otras cuencas de montaña susceptibles a riesgos naturales, y que no dispongan de datos sobre altura y velocidades del agua. Para ello se debe establecer una red de pluviómetros que permitan cuantificar la precipitación del área a estudiar.
4. Evaluar el estado estructural de las instalaciones e infraestructuras ubicadas en la zona de alto riesgo , así como del estado actual de la vía principal , carretera Trasandina, sobre todo en aquellos tramos con problemas de socavación lateral de taludes.
5. En la construcción de nuevas vías y calles, así como de caseríos localizados en abanicos y/o conos de deyección, recomendar su construcción en sentido paralelo a los mismos.
6. Implementar un sistema de alerta temprana basado en los pronósticos del tiempo e información sobre precipitación y nevadas en las partes altas de la cuenca.

9. BIBLIOGRAFIA

AGUILAR Y MENDOZA. 1975. Determinación de áreas potenciales para el desarrollo agropecuario, cuenca del río Motatán. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales.

ALVARADO Y MENDOZA. 1974. Áreas potenciales para el desarrollo agropecuario. Cuenca del Motatán (área 2 Valera – Trujillo). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Geografía.

BENNETT, P. 2000. Assessing the risk. Contaminated land. *Geoeurope* vol 9 nº12 diciembre 2000.

BERG et al. 1981. <http://www.oas.org/usde/publications>.

BUDYKO, M. 1972. Human's Impact on Climate. Leningrad. Gidrometeoizdat.

CANTU P. 1998. Riesgos Naturales en el sur de la Provincia de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas. Departamento de Geología. U.N.R.C. España.

CHAVES, L. 1962. Clima de las cuencas altas de los ríos Motatán, Chama y Santo Domingo. Caracas. Ministerio de Agricultura y Cria. Dirección de Recursos Naturales Renovables. División de Protección de Parques Nacionales. Sección de Conservación de Cuencas.

CHENGHU, Z. et al. 2000. Monitoreo de inundaciones usando imágenes Radarsat y datos NOAA AVHRR multitemporales. *PE@RS* vol 66 nº5 marzo 2002. 633 – 638

CENTRO REGIONAL DE INFORMACIÓN SOBRE DESASTRES (CRID). 1998. Bibliodes: Prevenir Recompensa, nº 28. www.crid.or.cr/crid/esp/conceptos_basicos.html

DENNISON, P. 1988. The Unique Qualities of a Geographic Information System: A Commentary. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 54, no 11, 1988, 1547 – 1549.

DESBORDES, M. 1997. Urban management of flood risks: problems and stakes. *Houille Blanche – Revue Internationale de l'Eau*, 52 (7), 20 – 24.

DEUTSCH. 1974. <http://www.oas.org/usde/publications>.

DHAKAI, S. et al. 2000. Landslide hazard mapping and its evaluation using SIG: an investigation for a grid? Cell based quantitative method. *PE@RS* vol 66 n°8 agosto 2000. 981 – 989.

DHAKAI, S. et al. 2002. Detección de áreas asociadas con inundaciones y erosión causadas por una precipitación fuerte, usando datos TM – Landsat multitemporales. *PE@RS* vol 68 n°3 marzo 2002 233 – 239.

DOCUMENTATION FRANCAISE (LA), 1999, Plans de prévention des risques naturels : Risque d'inondation - Guide méthodologique – (Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, ministère de l'équipement des transports et du logement), 119 pg

ESPINOZA, J. 1997. Historia mínima de Timotes.

ESPINOZA, J. 1997. Anécdotas y tradiciones de Timotes. 1^{era} edición. Ed. Universo Gráfico. Valera. Edo Trujillo. 149 p.

GONZÁLEZ, M., LIMA DE MONTES, Y. 2001. Utilización de sistemas de información geográfica vectoriales para generar mapas de susceptibilidad a los deslizamientos y métodos de validación de la cartografía. *Mapping*, Octubre 2001, n° 73, 91 – 98.

HAAS, C. 1993. Impacto social de las inundaciones en la ciudad de Lujan. Universidad Nacional de Lujan, Argentina.

HU, S., WANG, Z. y LEE J. 2001. Flood control and shrinkage in the Haihe River Mouth. *Science in China. Series B. Chemistry*, vol. 44, 240 – 248.

HUIZA, L y PEREZ, C. 1997. Balance hídrico preliminar con fines de disponibilidad y demandas de agua en la Cuenca Alta del río Motatán, estado Mérida. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Geografía. Tesis de grado.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

JAVELLE, P., OUARDA, B., LANG, M., BOBEE, B., GALEA, G. y GRESILLON JM. 2002. Development of regional flood – duration – frequency curves based on the index – flood method. *Journal of hydrology*: (Amsterdam). [J. Hydrol.:(Amst.)], 2002, vol.258, n° 1 – 4, 249 – 259.

KANE, P. 2002. Precipitation anomalies in Southern South America associated with a finer classification of EL Niño and La Niña events. *International journal of climatology*. [Int. j. climatol.], vol. 22, no 3, 357 – 373.

KING, D. 2001. Uses and limitations of socioeconomic indicators of community vulnerability to natural hazards: Data and disasters in Northern Australia. *Natural hazards*: (Dordrecht). [Nat. hazards: (Dordr.)], 2001, vol. 24, n° 2, 147 – 156.

LEOPOLD et al. 1964. <http://www.oas.org/usde/publications>.

LONG, F. 1978. The Impact of Natural Disasters on Third World Agriculture. *American Journal of Economics and Sociology*. Vol 37, n° 2. Abril.

LÓPEZ CADENAS DE LLANO. 1964. Ensayo de clasificación cualitativa de cuencas torrenciales. Mérida. Universidad de Los Andes. Escuela de Ingeniería Forestal.

MAC, CIARA, BM, GOBERNACIÓN, ALCALDÍA, PRODUCTORES MUNICIPIO MIRANDA. 1997. Caracterización del Municipio Miranda del estado Mérida. Timotes.

MARQUEZ, A., MOLINA, J. 1987. Interrelación entre Cobertura Vegetal y Procesos Erosivos en el Sector Alto de la Cuenca del río Motatán. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales.

MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS. 1969. Léxico Estratigráfico de Venezuela. 2^{da} edición. Ed. Sucre. Caracas. 756 p.

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES. Informes técnicos años 1990,1993,1996 y 2001. Dirección Estatal Ambiental. División de Cuencas Hidrográficas. Región Mérida. Venezuela.

MORA, R. 2001. Zonificación de amenazas hidrológicas en conos de deyección. Caso de la Microcuenca Quebrada La Fría. Sector Chamita. Edo Mérida. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal. Trabajo de grado. Mérida – Venezuela.

MUSCAR, E. y FRANCHINI, T. 1992. Emplazamientos urbanos en zonas de riesgos naturales: el caso del Gran Resistencia en la planicie Chaqueña.

Estudios Geográficos, Tomo LIII, no 208, julio – septiembre 1.992. 481 – 501.

NAKAGAWA, H., TAKAHASHI T., SATOFUKA Y. y KAWAIKE K. 2001. Sediment disasters caused by the heavy rainfall in the camuri grande river basin, Venezuela, 1.999: Reproduction of sediment runoff, flooding, and deposition and evaluation of effectiveness of the sabo works by means of numerical simulation. *Kyoto Daigaku Bosai Kenkyujo nenpo*. [Kyoto Daigaku Bosai Kenkyujo nenpo.], no 44, 207 – 228.

OCHOA, G. y MALAGON, D. 1980. Génesis de algunos suelos en la cuenca media y alta del río Motatán, estados Mérida y Trujillo, Venezuela. Serie Suelos y Clima N° SC - 39. CIDIAT. Mérida. Venezuela.

Oficina Central de Estadística e Informática (OCEI). 1998. Población y Proyecciones 1990 al 2035. Caracas. Venezuela.

PAGNEY, F. 1994. Villes de piémont á risques dinondations en îles tropicales: exemple des Antilles francaises. *Revue de Géographie Alpine* n° 4, pp. 45 – 57.

PARRA, M. 2002. La Cadena Markov en el proceso de cambios y tendencias en el uso de la tierra. Caso: Cuenca Alta del río Motatán, estado Mérida. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales, Postgrado en Ordenación del Territorio y Ambiente. Trabajo de grado. Mérida – Venezuela.

PARRA Y SÁNCHEZ. 1993. Relaciones entre los depósitos de origen cuaternario y el uso de la tierra en la cuenca alta y media del río Motatán (estados Mérida y Trujillo). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Geografía. Tesis de grado.

PIELKE, R. 1999. Nine fallacies of floods. *Climatic Change*, 42 (2), 413 – 438.

PRATT, T. 2000. Dealing with disaster *Geoworld* vol 13 n°7 julio 2000.

RAMIREZ, C., GARCIA, V. y CAMPOS. 1972. Geología de la Región Timotes, estado Mérida, Barinas y Trujillo. IV Congreso Geología. Venezuela. Tomo III. M. M. H. Dir. Geología. Publicación. Especial.

RODDA, H. 2001. Insuring against disaster. *Geoeurope* enero 2001 vol 10 n°1.

Satellite Imagery Used to Reduce Seasonal Flood Risks. *GEO WORLD*, 2002, vol. 15, no 1,10.

TAKAHASHI, T. 2001. Flood and sediment disasters in Venezuela, december 1.999. Kyoto Daigaku Bosai Kenkyujo nenpo. [Kyoto Daigaku Bosai Kenkyujo nenpo.], no 44, 59 – 69.

THOMAS, K., NEVILLE, N y JONATHAN G. 1997 The Coming Climate. *Scientific American*, 54 – 59.

TOWNSED, P. 2001. Mapping Seasonal Flooding in Forested Wetlands using Multi- temporal Radarsat. SAR PERS? *American society for photogrametry and remote sensing* Vol. 67 n° 7 Julio 2001, 57-864

USGS 2002. Science for a changing world. USGS fact sheet FS – 103 – 01s abril 2002 U.S Departament of the interior U.S Geological Survey.

VALDIVIA, L. et al. 1993. Riesgos naturales en el área Metropolitana de Guadalajara. Universidad Nacional de Lujan, Argentina.

VIELMA, J. 1997. Caracterización fisico – natural de los espacios más urbanizados en los Andes Venezolanos. Bases para el análisis de la problemática fisico ambiental. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Geografía. Tesis de grado.

WHITE, W. 2001. Water in rivers: flooding Proceedings of the Institution of Civil Engineers. *Water, maritime and energy*. [Proc. Inst. Civ. Eng., water, marit. energy.], 2001, vol. 148, n° 2, 107 – 118.

WIESNER et al. 1974. <http://www.oas.org/usde/publications>.

ZANGELMI, F. 2001. Le risque d'inondation et sa gestion dans la vallée du Bés *Bulletin de la société languedocienne de géographie*.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

9. ANEXOS

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

ANEXO 1.

HOJA 6042-IV-SE "PICO EL AGUILA"

Coordenadas del terreno			Coordenadas de la imagen	
Punto de control	Este (X)	Norte (Y)	x coord	y coord
1	299.000	978.000	80.890070	126.228581
2	299.000	983.000	81.801309	1113.024147
3	303.000	978.000	880.592375	122.693204
4	303.000	983.000	881.604729	1107.609808
5	301.000	979.000	480.693421	320.742405
6	302.000	982.000	680.560907	911.741820

HOJA 6042-IV-SE "PICO EL AGUILA"

Coordenadas del terreno			Coordenadas de la imagen	
Punto de control	Este (X)	Norte (Y)	x coord	y coord
1	301.000	983.000	83.137321	10.594240
2	305.000	983.000	882.525762	8.600490
3	301.000	986.000	82.610225	604.833419
4	305.000	986.000	880.506262	601.671500
5	303.000	984.000	482.502576	208.539702
6	304.000	985.000	681.838255	405.643445

HOJA 6042-IV-NE "CHACHOPO"

Coordenadas del terreno			Coordenadas de la imagen	
Punto de control	Este (X)	Norte (Y)	x coord	y coord
1	303.000	987.000	164.572833	170.527684
2	307.000	987.000	963.537240	168.592473
3	307.000	992.000	965.057598	1151.114583
4	303.000	992.000	165.218986	1153.704099
5	305.000	988.000	564.551037	364.729072
6	306.000	989.000	763.434914	558.618536

HOJA 6042-I-NO "TIMOTES"

Coordenadas del terreno			Coordenadas de la imagen	
Punto de control	Este (X)	Norte (Y)	x coord	y coord
1	308.000	992.000	47.049464	201.638284
2	308.000	995.000	45.013019	795.023795
3	311.000	995.000	645.523938	794.073990
4	311.000	992.000	648.058491	201.109875
5	309.000	993.000	245.573036	399.537653
6	309.000	995.000	245.059013	794.469553

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

HOJA 6043-II-SO "ESNUJAQUE"

Punto de control	Coordenadas del terreno		Coordenadas de la imagen	
	Este (X)	Norte (Y)	x coord	y coord
1	308.000	996.000	78.518027	140.544651
2	308.000	998.000	77.009335	530.040539
3	312.000	998.000	885.020707	526.567723
4	312.000	996.000	888.014167	137.045109
5	309.000	997.000	280.030064	334.044894
6	310.000	998.000	479.034589	528.598743

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

ANEXO 2

1) Resample : Summary of Transformation

Computed polynomial surface : Linear (based on 6 control points)

Coefficient	X	Y
b0	-59846.9237361252352000	-192400.5566672384640000
b1	0.1998993939177218	-0.0011268011527292
b2	0.0001613939177929	0.1972023643806580

Note : Figures are carried internally to 20 significant figures.
Formula shown is the back transformation (new to old).

Control points used in the transformation :

Old X	Old Y	New X	New Y	Residual
80.890070	126.228581	299000.000000	978000.000000	0.219757
81.801309	1113.024147	299000.000000	983000.000000	0.591140
880.592375	122.693204	303000.000000	978000.000000	0.774239
881.604729	1107.609808	303000.000000	983000.000000	0.494475
480.693421	320.742405	301000.000000	979000.000000	0.656964
680.560907	911.741820	302000.000000	982000.000000	0.634480

Overall RMS = 0.588197

Note : RMS Error is expressed in input image units.
With low RMS errors, be careful that an adequate sample exists
(eg. 2-3 times the mathematical min).

2) Resample : Summary of Transformation

Computed polynomial surface : Linear (based on 6 control points)

Coefficient	X	Y
b0	-59604.3640040755328000	-194317.5880694985600000
b1	0.1996691267021795	-0.0006090896952031
b2	-0.0004196439895168	0.1978759684050431

Note : Figures are carried internally to 20 significant figures.
Formula shown is the back transformation (new to old).

Control points used in the transformation :

Old X	Old Y	New X	New Y	Residual
83.137321	10.594240	301000.000000	983000.000000	0.684622
882.525762	8.600490	305000.000000	983000.000000	0.336781
82.610225	604.833419	301000.000000	986000.000000	0.340163
880.506262	601.671500	305000.000000	986000.000000	0.806423
482.502576	208.539702	303000.000000	984000.000000	0.730812
681.838255	405.643445	304000.000000	985000.000000	0.582267

Overall RMS = 0.608451

Note : RMS Error is expressed in input image units.

With low RMS errors, be careful that an adequate sample exists (eg. 2-3 times the mathematical min).

3) Resample : Summary of Transformation

Computed polynomial surface : Linear (based on 6 control points)

Coefficient	X	Y
b0	-60582.9766411185280000	-193705.4340318143360000
b1	0.1998028012633359	-0.0007249539528567
b2	0.0002098236464008	0.1966516059520700

Note : Figures are carried internally to 20 significant figures.

Formula shown is the back transformation (new to old).

Control points used in the transformation :

Old X	Old Y	New X	New Y	Residual
164.572833	170.527684	303000.000000	987000.000000	0.528927
963.537240	168.592473	307000.000000	987000.000000	1.452902
965.057598	1151.114583	307000.000000	992000.000000	0.835104
165.218986	1153.704099	303000.000000	992000.000000	0.451868
564.551037	364.729072	305000.000000	988000.000000	0.630761
763.434914	558.618536	306000.000000	989000.000000	2.661011

Overall RMS = 1.339845

Note : RMS Error is expressed in input image units.

With low RMS errors, be careful that an adequate sample exists (eg. 2-3 times the mathematical min).

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

4) Resample : Summary of Transformation

Computed polynomial surface : Linear (based on 6 control points)

Coefficient	X	Y
b0	-60944.3673840165120000	-195821.5002710819200000
b1	0.2002972908602851	-0.0002519216077896
b2	-0.0007060198879003	0.1976823920295487

Note : Figures are carried internally to 20 significant figures.
Formula shown is the back transformation (new to old).

Control points used in the transformation :

Old X	Old Y	New X	New Y	Residual
47.049464	201.638284	308000.000000	992000.000000	0.301205
45.013019	795.023795	308000.000000	995000.000000	0.333528
645.523938	794.073990	311000.000000	995000.000000	0.095994
648.058491	201.109875	311000.000000	992000.000000	0.341054
245.573036	399.537653	309000.000000	993000.000000	0.885724
245.059013	794.469553	309000.000000	995000.000000	0.174796

Overall RMS = 0.436379

Note : RMS Error is expressed in input image units.
With low RMS errors, be careful that an adequate sample exists
(eg. 2-3 times the mathematical min).

5) Resample : Summary of Transformation

Computed polynomial surface : Linear (based on 6 control points)

Coefficient	X	Y
b0	-60725.7375291585920000	-193635.9930359125120000
b1	0.2021683726389130	-0.0008506304105040
b2	-0.0014689875769136	0.1948176703673426

Note : Figures are carried internally to 20 significant figures.
Formula shown is the back transformation (new to old).

Control points used in the transformation :

Old X	Old Y	New X	New Y	Residual
78.518027	140.544651	308000.000000	996000.000000	0.509047
77.009335	530.040539	308000.000000	998000.000000	0.937721
885.020707	526.567723	312000.000000	998000.000000	0.286286
888.014167	137.045109	312000.000000	996000.000000	0.332920
280.030064	334.044894	309000.000000	997000.000000	0.463743
479.034589	528.598743	310000.000000	998000.000000	1.396752

Overall RMS = 0.763459

Note : RMS Error is expressed in input image units.

With low RMS errors, be careful that an adequate sample exists
(eg. 2-3 times the mathematical min).

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)