

## CONTENIDO

1	GENERALIDADES .....	1-1
1.1	INTRODUCCIÓN.....	1-1
1.2	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	1-1
1.2.1	Localización general.....	1-1
1.2.2	Generalidades.....	1-2
1.2.3	Área de estudio .....	1-3
1.3	OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO .....	1-4
1.3.1	Objetivo general .....	1-4
1.3.2	Objetivos específicos .....	1-4
1.3.3	Alcances del estudio .....	1-4
1.3.3.1	Estudios básicos .....	1-4
1.3.3.2	Evaluación de amenazas .....	1-5
1.3.3.3	Evaluación de vulnerabilidad.....	1-5
1.3.3.4	Evaluación del riesgo .....	1-5
1.3.3.5	Plan de medidas de mitigación de riesgos .....	1-5
1.3.3.6	Identificación e inventario de viviendas en riesgo no mitigable.....	1-5
1.3.3.7	Gestión con los municipios para incorporar los resultados en los POT ..	1-5
1.4	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES.....	1-6
1.4.1	Evaluación preliminar .....	1-6
1.4.2	Elaboración de la cartografía base .....	1-6
1.4.3	Análisis geológico y geomorfológico.....	1-6
1.4.4	Análisis hidrológico.....	1-6
1.4.5	Análisis hidráulico .....	1-7
1.4.6	Análisis geotécnico.....	1-7
1.4.7	Análisis detallado de la amenaza .....	1-7
1.4.8	Análisis detallado de la vulnerabilidad.....	1-8
1.4.9	Evaluación del riesgo .....	1-8
1.4.10	Plan de medidas de mitigación de riesgos.....	1-9
1.4.11	Identificación de viviendas en riesgo no mitigable.....	1-9
1.4.12	Gestión del riesgo con los municipios.....	1-9
1.4.13	Informe final.....	1-9

## **ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS Y RIESGOS DE ORIGEN NATURAL Y ANTRÓPICO DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE DABEIBA**

### **1 GENERALIDADES**

#### **1.1 INTRODUCCIÓN**

Corpourabá, a través del Contrato de Consultoría No 10-01-09-0307-09 en el marco del Proyecto Macro PAT . Amenazas y Desastres Naturales, acordó con el Consorcio Urabá 2009 la realización de un estudio de zonificación de amenazas y riesgos de origen natural y antrópico de las áreas urbanas de los municipios de Turbo, Chigorodó, Dabeiba y Uramita, como herramienta fundamental en la planificación del territorio.

La necesidad de llevar a cabo el estudio obedece a que en las áreas urbanas de estos municipios se han incrementado los riesgos causados por eventos de origen natural como inundaciones, erosión fluvial e inestabilidad de taludes. En los últimos años se han presentado eventos críticos de inundaciones y erosión fluvial en los cauces de las corrientes que cruzan las áreas urbanas de los municipios mencionados, los que han afectado las comunidades de los barrios construidos en las zonas de riesgo.

El desarrollo de los trabajos contempla la realización de las siguientes actividades: levantamiento topográfico, levantamiento geológico, zonificación geomorfológica, análisis de información climática, hidrológica e hidráulica, análisis de antecedentes, e identificación de procesos, con base en lo cual se llevará a cabo la evaluación de amenazas, evaluación de vulnerabilidad y evaluación del riesgo. A partir de los resultados obtenidos se presentará un plan de mitigación de riesgos y la identificación e inventario de viviendas en zonas de riesgo no mitigable, además de que se adelantará la gestión con los municipios para incorporar los resultados del proyecto en los planes de ordenamiento territorial.

#### **1.2 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

##### **1.2.1 Localización general**

El Urabá Antioqueño es la región costera ubicada al noroccidente del departamento Antioquia sobre el mar Caribe, es la salida del departamento al mar en a la zona del golfo de Urabá, es la región bananera y platanera más importante del país.

En la Figura 1-1 se presenta la localización a nivel regional de la zona de estudio.



Figura 1-1 Localización general del municipio de Dabeiba

## 1.2.2 Generalidades

El municipio de Dabeiba comprende un área de 1883 km<sup>2</sup> en una topografía quebrada y de pendientes superiores al 50% de su área. Se reparte en 4 corregimientos, 84 veredas y 30 asentamientos indígenas, y el casco urbano con 14 barrios. Su cabecera municipal tiene una altitud de 465 m sobre el nivel del mar y una temperatura promedio de 27° C. Dabeiba limita por el norte con los municipios de Ituango y Mutatá, por el Oriente con los municipios de Peque y Uramita, por el sur con el municipio de Frontino y por el occidente con el municipio de Murindó y el departamento de Chocó.

La extensión total es de 1883 km<sup>2</sup>, la cabecera municipal se encuentra a 450 m.s.n.m y la temperatura media es de 27° C. La distancia del municipio a la ciudad de Medellín es de 206 km. Las actividades económicas del municipio se concentran en la agricultura con productos como el frijol, tomate y maracuyá, y la ganadería. En la Figura 1-2 se presenta una vista general del municipio de Dabeiba.

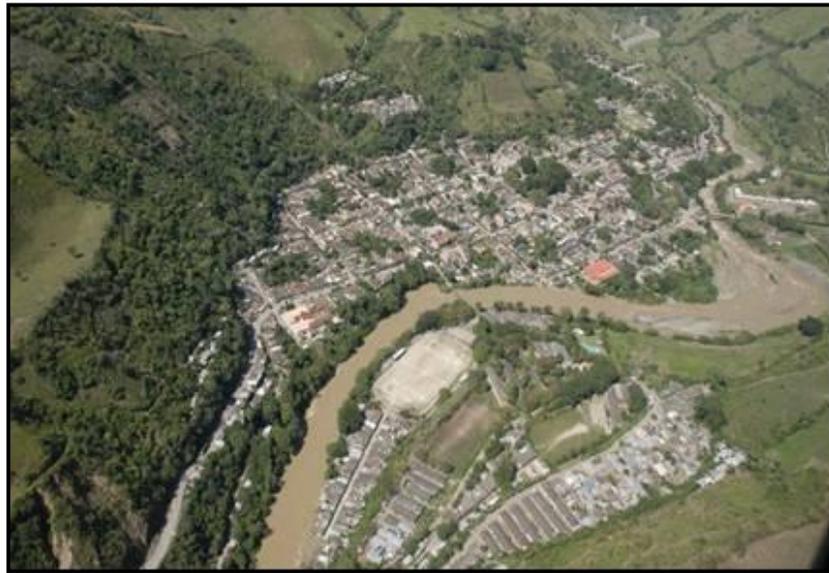


Figura 1-2. Vista general del municipio de Dabeiba

### 1.2.3 Área de estudio

La zona de estudio, se encuentra dentro del casco urbano del Municipio de Dabeiba, siendo de interés para el estudio el área de influencia del Río Sucio que lleva una dirección de Sur-Oriente a Noroccidente y la zona del Río la Desmotadora ubicado en el costado occidental del municipio, según se muestra en la Figura 1-3.

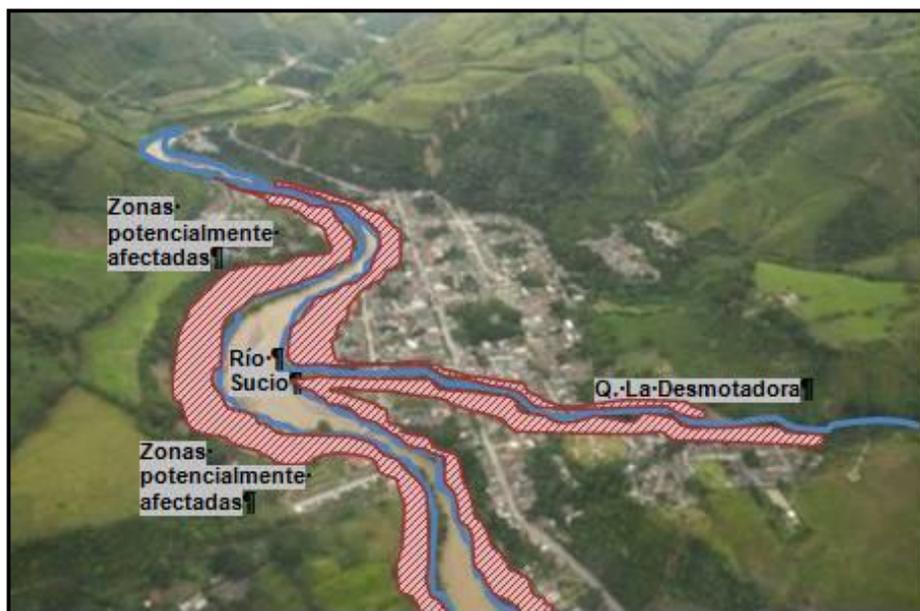


Figura 1-3 Esquema del municipio de Dabeiba y la zona de estudio

## 1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

### 1.3.1 Objetivo general

El estudio de zonificación de amenazas y riesgos de origen natural y antrópico del área urbana del municipio de Dabeiba como herramienta fundamental en la planificación del territorio

### 1.3.2 Objetivos específicos

Se plantea realizar un proyecto de Zonificación por Amenazas y Riesgos en el área urbana del municipio de Dabeiba, siendo estructurado por los siguientes elementos:

- Realizar una zonificación de amenazas, vulnerabilidad y Riesgo en las áreas urbanas de cada municipio de acuerdo a una evaluación geomorfológica, hidrológica, hidráulica y geotécnica.
- Realizar una evaluación hidrológica e hidráulica como criterio a la hora de realizar el análisis de amenaza por inundación.
- Elaborar un plan de mitigación para garantizar la estabilidad, funcionalidad y habitabilidad de las edificaciones e infraestructura en riesgo, que incluya el diseño de las obras de mitigación que deberán realizarse a corto plazo y un inventario de viviendas en riesgo no mitigable.
- Realizar gestión para incorporar los resultados del estudio a los planes de ordenamiento territorial de los municipios.

### 1.3.3 Alcances del estudio

El estudio de zonificación de amenazas y riesgos de origen natural y antrópico del área urbana del municipio de Dabeiba, asociada a las zonas de estudio de influencia del Río Sucio y a la del Río la Desmontadora, contempla los siguientes aspectos:

#### 1.3.3.1 Estudios básicos

Los estudios básicos considerados son los siguientes:

- *Geología y geomorfología*: Realización de un levantamiento geológico en una base cartográfica a escala adecuada, además de un diagnóstico que contemple la descripción litológica, origen, espesor, distribución, perfiles y características estructurales. Además se considera la elaboración de una zonificación geomorfológica del área de estudio en donde se detallen los procesos morfo dinámicos actuantes.

- *Clima, Hidrología, hidráulica e Hidrogeología:* Además del análisis de la información climática disponible, se considera una evaluación hidrológica e hidráulica, incluyendo la realización del levantamiento topográfico de los cauces y orillas del Río Sucio y la quebrada La Desmotadora. . Además de los levantamientos topográficos se contempla la realización de fenómenos de inundaciones, avenidas torrenciales e inestabilidad de laderas.

- *Exploración Geotécnica:* Se realizará en aquellas zonas donde se requiera caracterizar las condiciones geotécnicas de acuerdo a las recomendaciones del estudio geológico y geomorfológico.

#### *1.3.3.2 Evaluación de amenazas*

La evaluación de amenazas se realizará de acuerdo con la caracterización geológica, geomorfológica e hidráulica en las áreas urbanas de los municipios. La zonificación de amenazas será trabajada sobre una base cartográfica a escala adecuada.

#### *1.3.3.3 Evaluación de vulnerabilidad*

En el análisis de vulnerabilidad se determinará el grado de exposición y predisposición del proyecto ante los fenómenos amenazantes identificados, y contempla la evaluación de la vulnerabilidad física, ambiental y socio-económica.

#### *1.3.3.4 Evaluación del riesgo*

La evaluación del riesgo es el resultado de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, a fin de determinar las posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios eventos. La evaluación de riesgo será presentada como una zonificación sobre una base cartográfica a escala adecuada.

#### *1.3.3.5 Plan de medidas de mitigación de riesgos*

De acuerdo con la identificación de las viviendas y/o infraestructura en riesgo mitigable, serán presentadas las medidas de mitigación del riesgo para cada una de las categorías definidas en la respectiva evaluación.

#### *1.3.3.6 Identificación e inventario de viviendas en riesgo no mitigable*

En el plano de riesgo se identificarán las viviendas e infraestructura ubicadas en zonas de riesgo no mitigable.

#### *1.3.3.7 Gestión con los municipios para incorporar los resultados en los POT*

Se ejecutará un plan de gestión con los municipios incluyendo reuniones de socialización del proyecto, reuniones con los funcionarios municipales para desarrollar el ejercicio de incorporación del proyecto en el POT y la generación de un documento técnico que sirva de soporte y herramienta para que los municipios incorporen los resultados del proyecto en los POT.

## **1.4 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES**

Para el desarrollo del estudio se consideró la realización de una serie de actividades según se describe a continuación:

### **1.4.1 Evaluación preliminar**

Esta actividad comprende inicialmente la realización de una visita de campo a los sectores de interés para el desarrollo del estudio, por parte del grupo de profesionales y especialistas considerado. Con base en los aspectos observados en la visita de campo se elaborará un diagnóstico preliminar de la problemática encontrada, a partir del cual se orientará el desarrollo de las demás actividades.

Dentro de esta actividad también se incluye la recopilación y análisis de información secundaria, que corresponde a la consulta y adquisición de toda la información disponible que pueda resultar de utilidad para la realización del estudio.

### **1.4.2 Elaboración de la cartografía base**

Para la generación de la cartografía base se considera inicialmente la realización del levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico de los sectores de interés, a partir una georeferenciación adecuada, incluyendo la toma de secciones transversales de las corrientes de agua a estudiar en cada sitio, y detallando las vías existentes, las obras de drenaje, protección y/o contención, además de la ubicación de los paramentos de la zona urbana aledaños a las corrientes de agua estudiadas.

Como resultado de lo anterior se generarán mapas topográficos a escala acorde con los lineamientos del proyecto, los cuales servirán de base para la elaboración de los diferentes mapas temáticos requeridos en el desarrollo del estudio. La elaboración de la cartografía base también comprende la identificación de la estructura existente y la recopilación de cartografía predial y social a partir de la información disponible.

### **1.4.3 Análisis geológico y geomorfológico**

Incluye la revisión y análisis de información de referencia encontrada para cada sitio, además de los aspectos observados en la visita de campo, con el fin de identificar los rasgos litológicos y procesos morfodinámicos existentes en la zona de estudio. Como resultado de esto se generará un mapa de zonificación geomorfológica del área de estudio.

### **1.4.4 Análisis hidrológico**

El análisis hidrológico comprende inicialmente la caracterización física de la zona de estudio y la caracterización hidrológica general a partir de los aspectos observados en la visita de campo y de lo encontrado en la información secundaria consultada. Esta actividad también incluye la recopilación de información como valores de precipitación, temperatura, evaporación o brillo solar, con base en la cual se debe adelantar la respectiva evaluación de los aspectos climatológicos de la zona de estudio.

#### **1.4.5 Análisis hidráulico**

Este análisis incluye la revisión de antecedentes de inundación y socavación, el análisis del manejo actual de las aguas de escorrentía y la realización de un inventario de procesos de inundación y erosión, a partir de la información obtenida al inicio del estudio, de lo observado en la visita de campo y de los datos suministrados por los pobladores de los sectores afectados por estos fenómenos. También comprende el análisis del sistema de drenaje y el cálculo de crecientes para diferentes periodos de retorno. Como resultado de la identificación de las zonas afectadas por fenómenos de inundación, socavación y procesos erosivos se generarán los planos de localización y zonificación respectivos.

#### **1.4.6 Análisis geotécnico**

Con base en la información geológica, geomorfológica y geotécnica disponible, y a partir de lo observado en la visita de campo, se llevará a cabo un inventario de los procesos de inestabilidad de las márgenes de las corrientes de agua consideradas en el desarrollo del estudio. A partir de lo anterior se establecerá un plan de exploración geotécnica y de ensayos de laboratorio, con base en el cual se pueda llevar a cabo una adecuada caracterización geotécnica de los materiales encontrados en cada sector, con el fin de realizar posteriormente los análisis geotécnicos que se requieran, tanto para evaluación de la estabilidad de las márgenes como de capacidad de soporte para las obras de protección o mitigación que se diseñen.

#### **1.4.7 Análisis detallado de la amenaza**

Las amenazas se definen como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre, con la capacidad de generar daños o pérdidas en un lugar y momento determinado. Estas pueden ser: naturales, antrópicas o socio-naturales.

Las amenazas, aunque claramente distinguibles según su tipo, rara vez se manifiestan de forma individual y unilateral en la definición de riesgo y desastre. Más bien existen interrelaciones, sinergias y concatenaciones que nos permiten hablar de contextos sociales, territorios o regiones de multi-amenazas o de amenazas complejas.

Se habla de multi-amenazas cuando un área es susceptible de ser afectada por varios tipos distintos de amenazas, por ejemplo amenaza sísmica, volcánica, de inundación, de deslizamiento, etc. Se habla de amenazas complejas cuando al hecho de que una amenaza particular ocurra desate la ocurrencia de otros eventos físicos dañinos. Por ejemplo, el hecho de que un sismo desate proceso de licuefacción y FRM.

El análisis de la amenaza se hace de acuerdo con los criterios geomorfológico e hidrológico de acuerdo con los requerimientos técnicos de los documentos contractuales del proyecto. A partir de lo obtenido en los análisis de amenaza se generarán planos de zonificación en los que se delimitarán los sectores expuestos a diferentes grados de amenaza definidos cualitativamente, para lo cual se empleará la cartografía base definida anteriormente. El análisis de amenazas también comprende la definición de los procesos generadores de daño y el planteamiento inicial de alternativas para el manejo de los problemas encontrados.

#### **1.4.8 Análisis detallado de la vulnerabilidad**

El concepto de vulnerabilidad hace referencia tanto a la susceptibilidad de un sistema social de ser afectado por una amenaza como a la incapacidad de respuesta del mismo y la inhabilidad para sobreponerse o adaptarse luego de la afectación.

La vulnerabilidad suele ir acompañada de diversos adjetivos que delimitan qué se es vulnerable y su uso más tradicional se relaciona con enfoques vinculados a temas económicos, ambientales, amenazas naturales y antrópicas y a la salud de los individuos, aunque también más recientemente se habla de vulnerabilidad social, psicosocial, jurídica, política y cultural (CEPAL/CELADE, 2002).

En este caso nos referiremos a la vulnerabilidad frente a las amenazas naturales, antrópicas y socio naturales, específicamente frente a los Fenómenos de Inundación y de Remoción en Masa. Sin embargo, sobre este tipo de vulnerabilidad se involucran a su vez distintos tipos o niveles de vulnerabilidad: económicos, sociales, organizacionales e institucionales, educacionales y culturales, entre otros, que en un sistema de compleja interacción crean condiciones de lo que se ha definido como vulnerabilidad global de un elemento, unidad o estructura social particular (Wilches - Chaux ,1993)

Al inicio de los análisis detallados de vulnerabilidad se considera la identificación y caracterización de los elementos expuestos, que corresponden tanto a las edificaciones como a las obras de infraestructura que pueden resultar afectadas, además de la definición de los modos de daño que pueden sufrir dichos elementos. Para la identificación de los elementos expuestos se llevará a cabo la realización de un inventario de viviendas y de obras de infraestructura situadas en las zonas urbanas en los sectores aledaños a las corrientes de agua consideradas. El análisis detallado de la vulnerabilidad comprende tanto la valoración de la vulnerabilidad física como la valoración de la vulnerabilidad social, por lo que para la realización de los inventarios de viviendas se tendrán en cuenta ambos aspectos.

#### **1.4.9 Evaluación del riesgo**

El riesgo aparece cuando en un mismo territorio y en un mismo tiempo, coinciden eventos amenazantes, que pueden ser de origen natural o creados por el hombre, con unas condiciones de vulnerabilidad dadas. Así, el riesgo es una situación derivada del proceso de desarrollo histórico de las comunidades, que ha conducido a la construcción y ubicación de infraestructura pública o privada de forma inapropiada con relación a la oferta ambiental del territorio.

Teóricamente, el riesgo se estima como la magnitud esperada de un daño, que presenta un elemento o sistema, en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado. Se evalúa en términos de pérdidas y daños físicos, económicos, sociales y ambientales que podrían presentarse si ocurre el evento amenazante.

El riesgo alude a una situación latente o potencial y por lo tanto es posible intervenirlo actuando sobre sus elementos constitutivos (conocidos como la Amenaza y la Vulnerabilidad), con el fin de evitarlo o de reducir el nivel esperado de pérdidas y daños.

Estas actuaciones hacen parte de una serie de acciones, iniciativas y procedimientos que constituyen la denominada Gestión del Riesgo.

Inicialmente se presentará la definición de los criterios de decisión, para posteriormente presentar los escenarios del riesgo y realizar la evaluación del mismo. El riesgo se define con base en la amenaza y la vulnerabilidad en un mapa a escala 1:2000, que califica de manera cualitativa (alto, medio, bajo) la magnitud esperada del daño que podría presentarse en la vivienda por la materialización de las diferentes amenazas.

#### **1.4.10 Plan de medidas de mitigación de riesgos**

Inicialmente se hace la definición y evaluación de alternativas de mitigación, para lo cual se tendrá en cuenta su funcionalidad frente al desarrollo social sostenible, su factibilidad y la relación costo/beneficio, de cada una de las alternativas planteadas. Dentro de las medidas de mitigación a considerar se encuentran la restricción del uso del suelo, la reubicación de familias, la definición de zonas de aislamiento, la información pública y la implementación de obras de protección y control.

#### **1.4.11 Identificación de viviendas en riesgo no mitigable**

Con base en la información obtenida en los inventarios de viviendas y en la evaluación del riesgo se identificarán las viviendas situadas en zonas de riesgo no mitigable.

#### **1.4.12 Gestión del riesgo con los municipios**

Se ejecutará un plan de gestión con los municipios, el cual incluirá actividades como la realización de reuniones de socialización del proyecto y reuniones con los funcionarios municipales para desarrollar el ejercicio de incorporación del proyecto en el POT.

#### **1.4.13 Informe final**

Al final del desarrollo de los estudios se elaborará un documento que contenga lo indicado en las secciones anteriores.

## CONTENIDO

<b>2</b>	<b>DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL</b>	<b>1-1</b>
2.1	INTRODUCCIÓN	1-1
2.2	DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA	1-1
2.3	REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE	1-5
2.3.1	<i>Generación de Cartografía Base</i>	1-5
2.3.1.1	Levantamiento topográfico	1-5
2.3.1.2	Mapa urbanístico	1-6
2.3.1.3	Mapa social	1-6
2.3.2	<i>Caracterización física</i>	1-6
2.3.2.1	Caracterización Geológica – Geomorfológica	1-6
2.3.2.2	Caracterización climatológica e hidrológica	1-7
2.3.2.3	Caracterización hidráulica	1-7
2.3.2.4	Investigación Geotécnica	1-7
2.4	MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS	1-8
2.4.1	<i>Evaluación de la Amenaza por inundación</i>	1-8
2.4.2	<i>Evaluación de la Amenaza por Avenidas Torrenciales</i>	1-8
2.4.3	<i>Evaluación de la Amenaza por inestabilidad de las márgenes</i>	1-9
2.4.4	<i>Análisis de Vulnerabilidad</i>	1-9
2.4.5	<i>Riesgo frente a la ocurrencia de los eventos amenazantes</i>	1-10
2.5	PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO	1-11
2.5.1	<i>Restricción del uso del suelo</i>	1-11
2.5.2	<i>Reubicación de familias</i>	1-11
2.5.3	<i>Obras de protección y control</i>	1-12
2.5.4	<i>Definición de zonas de aislamiento</i>	1-12
2.5.5	<i>Información pública</i>	1-12
2.5.6	<i>Plan de gestión con el municipio para la incorporación de los resultados a los POT</i>	1-13
2.6	MARCO METODOLÒGICO	1-13
2.6.1	<i>Análisis detallado de la amenaza</i>	1-14
2.6.2	<i>Análisis detallado de la vulnerabilidad</i>	1-15
2.6.3	<i>Análisis detallado del riesgo</i>	1-16

## **2 DIAGNÓSTICO CONCEPTUAL**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

Se presenta a continuación la conceptualización del estudio y la problemática de riesgo socio natural por inundación y/o avenidas torrenciales a partir de la valoración respectiva de la amenaza y la vulnerabilidad asociada a cada evento sobre los drenajes que delimitan el área urbana del Municipio de Dabeiba como son el río Sucio y la quebrada Desmontadora.

### **2.2 DESCRIPCIÓN Y CAUSAS DEL PROBLEMA**

El Municipio de Dabeiba está situado en la vertiente del río Sucio, hacia la parte Occidental del Departamento de Antioquia. Se asentó sobre el valle del río Sucio el cual se caracteriza por ser un valle joven en %6+; valle de montaña, con altas pendientes y torrenciales. El municipio posee una topografía quebrada en buena parte de su área con la presencia de varias corrientes de comportamiento torrencial a causa de las altas pendientes, aunque en la zona urbana el relieve posee menores pendientes por la existencia de varios niveles de terrazas de origen aluvial.

El desarrollo urbano del Municipio de ha dado a lo largo del río Sucio y sus quebradas afluentes. Esta conformación sumada a la condición fisiográfica de la zona urbana del Municipio, zonas de altas pendientes y de alta complejidad geológica, configuran las condiciones de riesgo a que está expuesta la comunidad, especialmente por avenidas torrenciales, inestabilidad de las márgenes y inundaciones.

El río Sucio presenta un patrón de tipo meándrico, y se observa en algunos sectores la presencia de un control estructural por la presencia de un afloramiento rocoso, el cual restringe la presencia de fenómenos de socavación lateral, que sí se presenta en los sitios en que en las márgenes del río se encuentran depósitos aluviales no consolidados; desde el puente vehicular sobre el Río Sucio se aprecia la existencia de un muro en gaviones que ha sido construido como obra de protección y la generación de un proceso de socavación que ha afectado a algunas viviendas construidas sobre la margen izquierda. Los fenómenos de socavación lateral además se ven favorecidos por la generación de un estrechamiento del cauce antes del paso del Río Sucio por la zona urbana, con lo cual se aumentan localmente las velocidades de flujo y por tanto la capacidad de arrastre de la corriente.

La Quebrada La Desmontadora, por su parte, presenta altas pendientes y un valle en V que tiende a profundizarse ante la ocurrencia de eventos torrenciales, en vista de que en el sitio se encuentran materiales granulares no consolidados. Estos materiales se dejan arrastrar facilitando la aparición de surcos de erosión, además de que al saturarse y con las altas pendientes que poseen en algunas zonas generan la ocurrencia de procesos de remoción en masa.

Las amenazas por inundación estarían dadas por la ocurrencia de crecientes en el río Sucio, y afecta las llanuras aluviales y terrazas bajas.

El POT del Municipio de Dabeiba (1998) identifica las amenazas a que está expuesto el Municipio, las cuales en resumen son definidas de la siguiente manera:

- **Sismicidad:** Existe amenaza sísmica significativa, lo cual se evidencia en los abundantes rasgos geomorfológicos de origen tectónico asociados a fallas y las huellas de megaderrumbes.
- **Deslizamientos:** Existe amenaza a deslizamientos moderados las zonas más propensas son los taludes de las carreteras y/o las zonas de fallas y las huellas de antiguos deslizamientos. Existe también probabilidad de desgarres superficiales en drenajes intermitentes, este proceso puede acelerarse debido a la acción antrópica.
- **Crecientes Fluvio - Torrenciales del Riosucio:** El río Sucio tiene capacidad de arrastre alta, se presenta alta frecuencia de eventos fluvio - torrenciales. Las posibles áreas de afectación son las llanuras de inundación y la terraza cinco.
- **Flujos Torrenciales de las Quebradas que Desembocan en la Zona Urbana:** La mayoría de las quebradas afluentes del Riosucio en la zona urbana han formado abanicos aluviales en sus eventos torrenciales. Se presentan fenómenos de erosión en las orillas de algunas quebradas debido al grado de fracturación y plegamiento de las rocas que subyacen la cuenca y a la pérdida de cobertura boscosa.
- **Erosión de Suelos:** Se presenta reptación, erosión laminar y lineal esta última asociada a caminos de herradura, senderos, etc., las dos primeras relacionadas con el grado de trituración de la roca, las altas pendientes y la deforestación principalmente.

Las crecientes torrenciales y deslizamientos son los fenómenos naturales a los que Dabeiba es más vulnerable, debido a la ubicación de su casco urbano en un valle estrecho donde corre un río de caudal apreciable enmarcado por fuertes laderas por las que corren quebradas de gran gradiente. La localización de las zonas potencialmente inundables para la zona urbana para el casco urbano del municipio de Dabeiba se presentan de manera esquemática en la Figura 2-1.

Igualmente el POT, zonifica el territorio en función de las amenazas identificadas de la siguiente manera:

### **Zonas inundables**

- **Áreas inmediatas al Río Sucio:** Las áreas inmediatas a las riveras del Río Sucio son consideradas como los principales puntos de Amenaza por inundación relativamente alta, esto se enfatiza con la superposición de otros factores como los deslizamientos y algunos eventos de tipo geológico comunes en sitios ubicados aguas arriba.



Figura 2-1. Vista general del municipio de Dabeiba y las zonas de interés

#### Zona con amenaza por flujos torrenciales

- *Áreas inmediatas a la quebrada Cañada Seca:* Esta fuente ubicada al sur-oriente urbano permanece seca gran parte del año, en tiempo de lluvias su torrencialidad se convierte en una amenaza para la zona aledaña.
- *Áreas inmediatas a la quebrada Canta Rana:* La quebrada Canta Rana presenta las mismas características de la anterior fuente.
- *Áreas inmediatas a la quebrada la Desmotadora:* La Desmotadora después del Río Sucio es la fuente natural de mayores impactos sobre el área urbana.

#### Zona con amenaza por inestabilidad

- *Áreas inmediatas a la vía de acceso:* Estas se ubican en el extremo sur - oriental de la carrera 10 o parte superior del sector La Arenera. La amenaza allí presente se da por deslizamiento a ocasionarse por las altas pendientes conformadas en años pasados por la construcción de la vía.

Algunas de las razones que configuran la condición de riesgo actual a que está expuesta la comunidad que se localiza sobre las riberas del río Sucio y la Quebrada Desmontadora son las siguientes:

- El área donde se encuentra asentada la población urbana de Dabeiba corresponde a un valle de montaña con la presencia de una geodinámica fuerte que define el sector con una muy alta susceptibilidad a que se presenten eventos amenazantes tipo Avenidas torrenciales, inestabilidad de las márgenes e inundaciones.

- Existen áreas urbanizadas ocupando zonas del valle principal del río y áreas bajas inundables del río.
- En las áreas urbanas existe invasión y destrucción de los drenajes naturales existentes debido a los procesos de urbanización.
- Existen factores antrópicos sumados a las condiciones naturales de precipitación que maximizan los niveles de riesgos en diferentes sectores, tales como construcción de viviendas en las zonas de retiro de las corrientes, malos sistemas de manejo de las aguas servidas y de escorrentía, retiro de la cobertura vegetal protectora, entre otras.
- La construcción de viviendas e infraestructura cerca a las coronas de los taludes que conforman las márgenes del río y/o sobre las zonas baja del valle del río, que debido a factores antrópicos (manejo de aguas lluvias, alcantarillado, retiro de vegetación protectora, etc) aceleran los procesos de inestabilidad de las mismas.



a) Aspecto actual del Río Sucio y su valle de inundación



b) Nivel del Barrio La Playita respecto al Río Sucio



c) Sector afectado por socavación lateral



d) Quebrada La Desmotadora

**Figura 2-2 Aspecto actual del Río Sucio y la Quebrada La Desmotadora**

De acuerdo con la problemática de riesgo del área urbana de Dabeiba, identificada y expuesta, se busca a adelantar un estudio a nivel de detalle de los riesgos socio naturales que la afectan, fundamentado en la evaluación geomorfológica, hidrológica, hidráulica y geotécnica del área, así como las características urbanas y poblacionales del municipio.

El estudio de la problemática y del planteamiento de medidas de prevención, mitigación y/o control de los riesgos se enfoca desde la gestión integral del riesgo. Ello quiere decir que una vez zonificadas las áreas en riesgo, se elabora un análisis detallado de los niveles de riesgo existentes, discriminándolos por tipo, área de riesgo y vulnerabilidad específica, con el fin de contemplar las acciones requeridas para su adecuada gestión dentro del Ordenamiento Territorial y el Plan de Desarrollo Municipal. Así los estudios contemplan metodológicamente los siguientes aspectos que se consideran básicos y estratégicos dentro del desarrollo de los estudios.

## **2.3 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN BASE**

### **2.3.1 Generación de Cartografía Base**

La cartografía base hace referencia a la información geográfica necesaria para realizar las evaluaciones de amenaza, vulnerabilidad y riesgo; por ello, su precisión debe ser alta y corresponderá a la escala de trabajo 1:2000 definida en la formulación del estudio.

- La topografía . Altimetría y planimetría.
- El urbanismo . Edificaciones (catastro), vías y redes.
- Mapa social . Estratificación, centros de salud, colegios, iglesias, centros deportivos, salones comunales, comedores comunitarios, etc.

La cartografía base existente se consultará en Planeación municipal. Una vez verificada la calidad de la información y el tiempo en el cual fue realizada, se generará un mapa base. Lo importante es contar con las escalas adecuadas para los análisis de amenaza y vulnerabilidad.

#### **2.3.1.1 Levantamiento topográfico**

El levantamiento topográfico comprende tanto la planimetría como la altimetría del terreno (curvas de nivel) así como la georeferenciación de los elementos cartográficos que se encuentren dentro del área, tales como cursos de agua, taludes, barras, edificaciones, vías, cercas, etc.

La información topográfica de la zona se levanta a escala 1:2000, con curvas de nivel cada 1 m. y debidamente amarrado a placas del IGAC bajo el nuevo sistema de georeferenciación Magna Sirgas. Contempla el valle de río Sucio desde su entrada al casco urbano hasta la salida, en una longitud aproximada de 3.0 km y la Quebrada Desmontadora, definiendo secciones transversales del vaso del cauce y de su valle de inundación cada 50 m o menos, de tal manera que permitan adelantar sobre las mismas la modelación hidráulica del cauce.

### **2.3.1.2 Mapa urbanístico**

El mapa urbanístico es la base para la evaluación de la vulnerabilidad en la zona urbana. Con base en la información topográfica levantada, se procede a realizar la complementación de la información urbanística con la información DANE y de Catastro Municipal. Esta contempla:

- “ Delimitación del urbanismo de la zona, definiendo con claridad las manzanas.
- “ Delimitación de las vías de acceso, tanto vehicular como peatonal, estructuras de arte como puentes, box, alcantarillas, etc.

### **2.3.1.3 Mapa social**

El mapa social es un primer nivel de análisis sobre la vulnerabilidad social. Con base en la información disponible previamente recogida y con la información que manejan las organizaciones sociales y líderes comunitarios se establece:

- Definición de las áreas según estratificación
- Definición de áreas según densidad de población
- Presencia institucional con base en la identificación de edificaciones públicas como centros de salud, colegios, centros deportivos, salones comunales, comedores comunitarios, hogares comunitarios, Iglesias entre otros.
- Presencia de entidades de socorro para la atención de emergencias
- Identificación de organizaciones sociales (JAC, Asociaciones de Vivienda, Grupos Ambientales, etc.).

## **2.3.2 Caracterización física**

### **2.3.2.1 Caracterización Geológica Æ Geomorfológica**

El estudio integrará la geología regional, local y de detalle, teniendo en cuenta aspectos de génesis, litología, estratigrafía y geología estructural, unidades de superficie, perfiles de meteorización y procesos de erosión.

Así el levantamiento geológico de detalle se hará a escala 1:2000, comprende el reconocimiento de campo con el levantamiento de columnas estratigráficas. La evaluación geológica se orienta principalmente hacia la obtención de un modelo geológico y estratigráfico de la zona que permita definir las dinámicas geomorfológicas que puedan generar eventos amenazantes sobre el Municipio.

La evaluación geomorfológica incluye los aspectos regionales mediante el análisis de información cartográfica regional y de imágenes o fotografías aéreas multitemporales y los aspectos locales a partir del levantamiento detallado de las características morfométricas, morfogenéticas y morfodinámicas. En particular se realiza un levantamiento de los procesos morfodinámicos presentes en el área de estudio.

En la caracterización geomorfológica se definen las unidades de terreno y se identifican los procesos de degradación presentes en el área en estudio. Un aspecto determinante en los estudios geomorfológicos con propósitos de evaluación de amenaza lo constituye

el inventario de los procesos generadores de la amenaza como la erosión y los deslizamientos, por lo que se presentara un mapa de inventario de procesos o morfodinámico a lo largo del cauce y de las márgenes del río Sucio dentro de los 3.0 km del río que colindan con la zona urbana.

### **2.3.2.2 Caracterización climatológica e hidrológica**

El régimen hidrográfico es el resultado de la interacción de variables como clima, morfología, litología del subsuelo, propiedades de los suelos residuales desarrollados, vegetación y uso del terreno. Por lo tanto la caracterización hidrográfica de una zona puede realizarse a través de criterios geomorfológicos, incluyendo el análisis del drenaje superficial y la caracterización del patrón de flujo en función de la longitud y rugosidad de las pendientes, y capacidad de infiltración de los suelos.

El sistema de drenaje de un valle o una vertiente se constituye en un factor primordial en la generación de procesos morfodinámicos y de inundación, los cuales son los responsables del modelado de la superficie del terreno. Los canales naturales constituyen los agentes más importantes de transporte de material desde áreas altas a zonas bajas y son parte integral del ciclo hidrológico.

Entonces, se busca mediante esta caracterización un análisis de la información climática e hidrológica del sector de estudio, donde se tengan en cuenta aspectos como las características de evapotranspiración, los histogramas de precipitaciones máximas, mínimas y medias, las curvas de intensidad-duración-frecuencia de lluvias y los análisis de las condiciones de drenaje natural. Esta información deberá emplearse para analizar su influencia en las amenazas por inundación e inestabilidad de las márgenes que se pueden presentar en el área de estudio.

### **2.3.2.3 Caracterización hidráulica**

La caracterización hidráulica del cauce se efectuará partiendo de la determinación de los caudales de crecientes, de acuerdo al periodo de retorno de caudales y niveles más altos en estaciones hidrométricas. Para ello se consultara información histórica confiable de registros de precipitación, caudales y niveles. Se construirá la curva de duración de caudales y de niveles. Se utilizará un modelo hidráulico apropiado para determinar los perfiles de flujo para los diferentes caudales, así como la obtención de los diferentes parámetros hidráulicos necesarios para el diseño de obras de mitigación y los cálculos de socavación de las mismas. Como resultado se busca obtener zonas de inundación para diferentes períodos de retorno, y por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia.

### **2.3.2.4 Investigación Geotécnica**

La investigación geotécnica tendrá por objeto el levantar mediante trabajos de campo, complementados con trabajos de laboratorio, la información suficiente y adecuada que permita caracterizar cuantitativamente los diferentes materiales que conforman las márgenes y lecho del cauce del río Sucio y de la Quebrada Desmontadora.

La investigación geotécnica implicará un programa razonable de exploración directa mediante apiques, trincheras, perforaciones, etc., adecuadamente distribuidos sobre el área de manera de garantizar la obtención de la información geotécnica requerida para completar el modelo o modelos geológico-geotécnicos de las diferentes zonas del cauce del río. El trabajo de campo se complementará con un programa de ensayos de laboratorio (propiedades índice y mecánicas) que permita establecer adecuadamente las características esfuerzo-deformación, resistencia u otras propiedades de los materiales. La caracterización geotécnica de los materiales busca obtener parámetros para los análisis de estabilidad de las márgenes como para la proyección de obras de mitigación y/o control de los riesgos evaluados.

## **2.4 MODELOS Y METODOLOGÍAS DE ANÁLISIS**

De acuerdo con la naturaleza de las amenazas identificadas inundaciones, avenidas torrenciales e inestabilidad de las márgenes, se realizará la evaluación y zonificación de cada una, con una representación gráfica a una escala 1:2000, aplicable para la evaluación de su magnitud, probabilidad de ocurrencia y/o excedencia y distribución espacial. La selección de los métodos de análisis está sujeto a los modelos que mejor represente los escenarios de falla y cuyos requerimientos de información sean coherentes con la información primaria y secundaria recolectada. Es necesario considerar en los análisis de amenaza las zonas de su posible influencia.

La Zonificación de las Amenazas para cada evento identificado se presentará mediante la delimitación de zonas con diferente grado de exposición a la amenaza (alto, medio, bajo). Para el efecto se elaborarán mapas de amenaza el cual será de carácter temporal y por tanto, sujeto a las condiciones presentes en un momento dado, ya que estas son cambiantes a través del tiempo; así mismo, los niveles de amenaza pueden estar variando, máxime cuando la intervención antrópica juega un papel muy importante.

### **2.4.1 Evaluación de la Amenaza por inundación**

La evaluación de la amenaza se adelanta con base en métodos determinísticos que permiten el tránsito de caudales en la zona de estudio. Se utilizará la aplicación del software HEC-RAS, el cual permite obtener niveles de inundación para cada uno de los períodos de recurrencia.

El HEC-RAS, es un software desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers). El modelo numérico incluido en este programa permite realizar análisis del flujo permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre, una de sus principales aplicaciones es la Modelación hidráulica en régimen permanente de cauces abiertos, ríos y canales artificiales.

### **2.4.2 Evaluación de la Amenaza por Avenidas Torrenciales**

Teniendo en cuenta las características de este tipo de eventos, la evaluación se basa en métodos heurísticos soportados en criterio de experto. Para lo cual se adelanta un trabajo geomorfológico específico no solamente de la zona en estudio sino de la parte alta de la cuenca del río Sucio.

### 2.4.3 Evaluación de la Amenaza por inestabilidad de las márgenes

Se aplicará una metodología cuantitativa de análisis y cálculo de reconocida validez, con una representación gráfica a una escala 1:2000, aplicable para la evaluación de la magnitud, probabilidad de excedencia y distribución espacial de la amenaza que esté acorde con las características de las márgenes del río Sucio y quebrada Desmontadora. La distribución espacial del evento amenazante se realizara en función de la tipología de evento, la morfometría de la margen y de las condiciones del entorno donde se modela el evento.

Para el estudio de la estabilidad de los taludes representativos de cada unidad, se establece un modelo de análisis a partir de la estratigrafía de la zona, los mecanismos de falla definidos de acuerdo con los tipos de deslizamientos observados, empleando los métodos de análisis Bishop Modificado, Rankine y Janbu, mediante el programa SLIDE. Para ello se tienen en cuenta los factores ambientales como la lluvia y el sismo.

### 2.4.4 Análisis de Vulnerabilidad

Se puede hablar de vulnerabilidad de un elemento a partir del momento en que se sospecha de la ocurrencia de un evento amenazante determinado, de una cierta magnitud y caracterizado por un proceso generador de daño. Su evaluación pasa por determinar el nivel de daño potencial de un cierto número de elementos expuestos situados en una zona de extensión previsible del fenómeno.

Para valorar la vulnerabilidad en los términos expuestos se acude a la definición de funciones de daño, por tanto el nivel de daño de un elemento expuesto está en función de la naturaleza del evento amenazante y del tipo del elemento expuesto y esta describe la interacción elemento /evento en términos de daño potencial.

Se definen 2 tipos de funciones de daño, cada una de ellas agrupando las 3 familias de elementos expuestos, así:

<u>Elemento expuesto</u>	<u>Función de daño</u>
Bienes físicos	Daños estructurales
Personas	Perjuicios corporales

Los niveles de daño asociados a los eventos pueden ser traducidos o cuantificados en términos de pérdidas que pueden ser de naturaleza económica (costos directos e indirectos) de naturaleza humana o naturaleza funcional. Y dados los niveles de daño físico sobre los elementos expuestos se evalúa los perjuicios corporales y la perturbación funcional.

Al proceso de evaluación de la vulnerabilidad se introduce el concepto de vulnerabilidad de la sociedad, la cual permite establecer sobre el contexto socio . económico la capacidad de respuesta de una sociedad amenazada. Ante la ocurrencia de un evento potencialmente dañino, los hogares ubicados bajo la línea de pobreza presentan una mayor dificultad para su atención y recuperación que los de altos ingresos, ya que suelen tener menor diversidad de recursos.

La vulnerabilidad se expresa por medio de una escala cualitativa, así: vulnerabilidad alta, media y baja, incluyendo una descripción detallada de los criterios adoptados para este efecto y incluirá un plano de zonificación por vulnerabilidad en la escala de trabajo adoptada: 1:2000.

#### **2.4.5 Riesgo frente a la ocurrencia de los eventos amenazantes**

El riesgo corresponde a la estimación cualitativa o cuantitativa de las consecuencias físicas, sociales, o económicas, representadas por las posibles pérdidas de vidas humanas, daño en personas, en propiedades o interrupción de actividades económicas, debido a los eventos amenazantes que se presenten en el área en estudio, en su forma más precisa y cuantificada. Su objetivo es optimizar económicamente el plan de medidas de mitigación al permitir enmarcar la decisión sobre éstas en un análisis beneficio/costo. El riesgo se define con base en la amenaza y la vulnerabilidad en un mapa a escala 1:2000, que califica de manera cualitativa (alto, medio, bajo) la magnitud esperada del daño que podría presentarse en la vivienda por la materialización de las diferentes amenazas.

La valoración cuantitativa del riesgo se adelanta sobre los elementos físicos identificados dentro del área de influencia de evento, mientras el riesgo a los elementos corporales y funcionales se valora de manera cualitativa.

Para la estimación cuantitativa del riesgo de los elementos físicos, partiendo de la definición de riesgo como la magnitud probable esperada de un cierto nivel de daño, puede evaluarse para cada elemento expuesto como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad:

$$R = F(A \times V)$$

Donde:

A: Amenaza en términos de probabilidad de falla (Pf) y

V: Vulnerabilidad como la pérdida potencial (Tasa de daño x Costo de daño).

Si conceptualmente se define la Vulnerabilidad como

$V = \text{Exposición (E)} / (\text{S})$  resistencia del elemento, entonces

$R = A \times (E / S)$

Con estas definiciones simplificadas se deduce que el riesgo puede disminuirse:

- a) Reduciendo o evitando la exposición de los elementos al fenómeno
- b) Reduciendo o controlando la amenaza del fenómeno
- c) Incrementando la resistencia del elemento al fenómeno

La valoración cualitativa del riesgo de los elementos corporales y funcionales se adelanta de manera descriptiva de acuerdo a la magnitud de los eventos amenazantes, a los modos de daño establecidos para los elementos físicos y de acuerdo a la importancia de funcional de cada predio, de las líneas y puntos vitales. Por tanto el riesgo corporal se asocia al número de personas afectadas y de acuerdo a la magnitud del evento amenazante, evaluar el grado de afectación (heridos, muertes, etc); y el riesgo funcional en términos de población afectada, días de suspensión del servicio, etc.

## **2.5 PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO**

Con los diferentes factores y elementos que se evalúan en los escenarios de riesgo establecidos para la determinación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo en el sector objeto de estudio y especialmente con el conocimiento adquirido de cada uno de los procesos que generan las amenazas se plantean las alternativas de prevención, mitigación y control.

Entre los parámetros más importantes que deben tener en cuenta para el planteamiento de acciones y obras de mitigación, están los relacionados con la definición de funcionalidad frente al desarrollo social sostenible, la factibilidad y la relación costo/beneficio, de cada una de las alternativas planteadas.

El plan de medidas de reducción del riesgo en la zona objeto de estudio se define teniendo en cuenta lo establecido y reglamentado en el POT del Municipio de Dabeiba, cuyos lineamientos serán la base del planteamiento de alternativas de reducción del riesgo. Igualmente, los resultados de los estudios de riesgo a detalle representan un mejoramiento de la precisión de la información, el plan de reducción de riesgo debe contemplar ajuste a las estrategias de intervención de los territorios sujetos de estudio.

Como estrategia se diseña un plan de acciones que permite establecer las medidas preventivas, correctivas y de mitigación que buscan bajar al mínimo los niveles de riesgo a que está expuesta la sociedad, bien sea controlando los procesos o anulando los niveles de exposición de las viviendas y a la vez posibilita la corrección de condiciones del entorno físico y ambiental que favorecen la ocurrencia de los procesos amenazantes.

Las alternativas de solución se plantean teniendo en cuenta el marco de acción de los actores involucrados en la gestión del riesgo de Municipio. Por esta razón, se contemplan dos tipos de actividades: Actividades Estructurales, que corresponden a las medidas de prevención y mitigación de los riesgos identificados, y las Actividades No Estructurales y que tienen básicamente que ver con actividades legislativas y organizativas que deberán abordar cada una de las entidades de acuerdo a su función. El grupo de medidas de mitigación se compone de las siguientes acciones:

### **2.5.1 Restricción del uso del suelo**

Estas restricciones de uso para vivienda son diferenciadas según el riesgo existente o potencial y pueden definir con diferentes criterios a saber:

- Zonas de restricción de uso por zonas de amenaza alta a muy alta.
- Zonas de restricción de uso por invasión de ronda.

### **2.5.2 Reubicación de familias**

Comprende el traslado de las familias y adquisición de predios que se localizan en áreas de alta amenaza o alto riesgo no mitigable. Esta acción debe ser complementada con el cambio de uso del suelo por las restricciones enunciadas en el numeral anterior. Para estos efectos se hará un inventario de viviendas localizadas en zonas definidas como de riesgo alto no mitigable o las viviendas localizadas en las zonas de ronda del cauce del río Sucio y quebrada Desmontadora.

Las viviendas que deben reubicarse son aquellas que se encuentran localizadas en zona de riesgo no mitigable o donde el costo de tratamiento de la zona sea mayor que el costo de la edificación. Igualmente dentro de un tratamiento integral de la zona algunos predios o edificaciones pueden ser ingresados a los programas de reubicación para lograr la rehabilitación de la zona.

El proceso de reubicación de familias debe estar enmarcado dentro de un programa de gobierno que garantice el mejoramiento, o en su defecto el mantenimiento de las condiciones de vida de las familias a reubicar.

### **2.5.3 Obras de protección y control**

Las áreas definidas de alto riesgo por lo general están asociadas a procesos de urbanización de hecho o que se ha construido sin contar con la infraestructura de servicios, situación que contribuye a magnificar la problemática de riesgo.

El plan de obras de protección y control contempla acciones tendientes a consolidar urbanísticamente un área con los servicios mínimos requeridos y el establecimiento de unas normas, también mínimas, que permitan un ordenamiento urbanístico tendiente a erradicar los agentes físicos de riesgo. Ello permite la regularización del sector dentro de los parámetros exigidos por la oficina de Planeación municipal, la preservación del entorno y la mejor convivencia ciudadana. De estas, se diseñaran las obras requeridas a corto plazo, que busquen controlar y minimizar los efectos de los riesgos inminentes.

### **2.5.4 Definición de zonas de aislamiento**

Esta acción está encaminada a establecer dentro de los sectores urbanos las áreas que por su localización geográfica limitan con:

- " Áreas forestales.
- " Áreas de ronda de los cursos de agua . río Sucio y Quebrada Desmontadora.

### **2.5.5 Información pública**

Esta actividad busca suministrar mediante campañas educativas la información y capacitación necesaria para mejorar la actitud de la sociedad frente a su medio físico, su entorno habitacional y ambiental.

El establecimiento de campañas educativas participativas buscan que la comunidad entienda y se apropie de conceptos como:

- El nivel de riesgo a que están expuestos.
- Identificación de agentes detonantes y cómo debe ser el comportamiento frente a los mismos.
- Beneficios de las obras de mitigación del riesgo, su construcción y mantenimiento.
- Manejo ambiental y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

Dentro de la información pública, se pueden incluir programas que contemplen asesoramientos a la comunidad en aspectos de procesos constructivos de las viviendas. Las recomendaciones técnicas de construcción deben orientarse a minimizar las acciones

que generan inestabilidad durante el proceso constructivo, especialmente durante la conformación de cortes y rellenos.

### **2.5.6 Plan de gestión con el municipio para la incorporación de los resultados a los POT**

Se debe ejecutar un plan de gestión con los municipios, el cual debe incluir como mínimo las siguientes actividades:

- Reuniones de socialización del proyecto
- Reuniones con los funcionarios municipales para desarrollar el ejercicio de incorporación del proyecto en el POT.

Como resultado se debe generar un documento técnico que sirva de soporte y herramienta para que los municipios incorporen los resultados del proyecto en los POT según lo establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. En el Capítulo 8 se presentan los lineamientos para la implementación de los mapas de amenaza y riesgo en el POT municipal.

## **2.6 MARCO METODOLÓGICO**

Como estrategia para la elaboración de los mapas de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo para los diferentes eventos considerados, se debe adelantar un trabajo sistemático que permita de manera colectiva generar el conocimiento básico para que las metodologías y técnicas implementadas en las evaluaciones, permitan que la representación de las condiciones físico-sociales donde se generan los eventos amenazantes sean lo más cercanas a la realidad.

El análisis sistemático y retrospectivo de los eventos que han originado emergencias, permite la definición de criterios adecuados para la valoración de los niveles de amenaza y vulnerabilidad implícitos en el riesgo que está asumiendo una comunidad.

El trabajo sistemático se debe fundamentar en el estudio ordenado y continuo de los procesos generadores de daño que han ocurrido, que están ocurriendo o que pueden ocurrir sobre escenarios problema, buscando auscultar de manera integral todas las variables involucradas en los eventos amenazantes, incluyendo un recuento de los efectos económicos y sociales asociados a dichos eventos.

A continuación se presenta la propuesta metodológica marco para adelantar, la evaluación del riesgo de los eventos generadores de daño en el casco urbano del municipio de Dabeiba.

El marco metodológico define las siguientes fases:

- Planteamiento del problema - Diagnostico preliminar de riesgo.
- Análisis detallado del evento generador de daño - la amenaza.
- Determinación de la espacialidad del evento generador de daño.
- Determinación de los procesos generadores de daño.
- Identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos

- Determinación de los tipos de daño, perjuicio o perturbación que puedan sufrir los elementos expuestos
- Evaluación de la vulnerabilidad de los elementos expuestos.
- Evaluación del riesgo.

### 2.6.1 Análisis detallado de la amenaza

Para caracterizar los diferentes tipos de amenaza a que está expuesta la comunidad de la zona urbana del municipio de Dabeiba, se debe:

- **Identificar el tipo de evento generador de daño.** Reconocer y Diferenciar los detonantes causantes y/o amplificadores de la amenaza y así Identificar el tipo de evento generador de daño.
- **Determinar las características físicas del evento generador de daño.** Establecer las condiciones físicas bajo las cuales ocurre el evento generador de daño configura la hipótesis de partida en los análisis de Riesgo, la cual, en lo posible, debe acercarse al modelo real.
- **Características espaciales del evento.** Se debe localizar y estudiar la posible extensión espacial del evento. La magnitud de este está determinada principalmente por el tipo de proceso y por las condiciones en sitio de los factores permanentes o intrínsecos, y por la ocurrencia de los factores detonantes.
- **Análisis del evento.** Se refiere al análisis resultado del diagnóstico general realizado por las diferentes ramas de especialidades como: la geológica, hidrológica, hidráulica, social, etc., tanto de los factores intrínsecos como de los factores extrínsecos o disparadores. Los factores disparadores determinan generalmente la distribución temporal del evento dependiendo del tipo, se pueden expresar en términos de una función de probabilidad de ocurrencia.

En la práctica no es fácil determinar la distribución temporal del evento generador de daño. En la mayoría de los casos, solo es posible establecer las características del evento; el %cuando+es mucho más difícil de determinar.

**Estimación de la espacialidad del evento generador de daño:** Una vez se inicia el evento se presentan una serie de factores que influyen en sus consecuencias, y están directamente relacionadas con la espacialidad, entre estos se definen: la ligereza con que se desarrolla el evento, el área involucrada y la frecuencia con que se producen.

La ligereza con que se produce y desarrolla el evento generador de daño depende de las características físicas del área involucrada, de los factores detonantes y de la fragilidad de sus elementos que se traduce como vulnerabilidad.

Lo anterior indica que en los análisis de riesgo se debe incluir tanto el área afectada como las características del evento, el producto de estos factores es directamente proporcional al poder destructor del evento amenazante. En otras palabras la vulnerabilidad de un elemento expuesto frente a un evento se incrementa a medida que la rapidez o la magnitud del evento generador de daño aumenten.

**Determinación de los procesos generadores de daño:** Los diferentes tipos de ocurrencia de los eventos amenazantes con una distribución espacial dada, pueden llegar a ser caracterizados por tipos de procesos generadores de daño, por ejemplo: impactos, presiones laterales, desplazamientos verticales, etc. El proceso de daño, o sollicitación, describe la acción del evento sobre el elemento estructural (bien) o corporal (persona) que la recibe. El término daño, hace referencia a las consecuencias nocivas de un evento amenazante materializado.

Estas sollicitaciones son de naturaleza mecánica y actúan sobre los elementos expuestos sea de manera dinámica o estática. Varias sollicitaciones se pueden asociar a un mismo evento tanto en el espacio como en el tiempo, e inversamente, varios eventos pueden traducirse por una misma sollicitación. Estas difieren de un evento a otro por su intensidad, o bien por el ritmo y avance del mismo.

La traducción del evento en términos de sollicitación (es) asociada (s), representa en primera instancia la extensión previsible del evento generador de daño y muestran la interdependencia que debe existir entre la vulnerabilidad de un elemento expuesto asociada a las características del evento amenazante. Por tanto los estudios de vulnerabilidad, al menos en su dimensión espacial, dependen de la capacidad de predecir y caracterizar la amenaza, y de que los análisis de vulnerabilidad y amenaza están necesariamente e íntimamente ligados.

## 2.6.2 Análisis detallado de la vulnerabilidad

**Identificación, caracterización y localización de los elementos expuestos:** Es necesario considerar que varios tipos de elementos pueden estar expuestos a eventos amenazantes: individuos y bienes, elementos móviles e inmóviles, tangibles o intangibles. Tres grandes categorías pueden ser consideradas: Lo humano, físico y social, lo estructural (construcciones, vías, redes, etc.) y lo funcional (actividades económicas y sociales). La vulnerabilidad de cada uno de los elementos de estas tres categorías puede ser expresada de manera diferente.

Los elementos expuestos a las amenazas, deben de ser identificados y caracterizados en función de su utilización (viviendas, rutas, líneas de transmisión, etc.) y de su resistencia a los diferentes tipos de sollicitación:

- Elementos individuales que corresponden a las personas e infraestructura que se pueden identificar en un sitio específico.
- Elementos regionales, que corresponden a las actividades y las funciones que se desarrollan en las zonas de influencia regional. Estos elementos están íntimamente ligados a los elementos individuales.

**Determinación de los tipos de daño, perjuicio o perturbación que pueden sufrir los elementos expuestos:** Cada uno de los elementos identificados y caracterizados pueden presentar uno o varios tipos de daño en función del tipo de evento que los afecta (el impacto del evento). En otras palabras, el tipo de daño va a determinar la forma en que el elemento recibirá o sufrirá la eventualidad generadora de daño (el efecto causado). El tipo de daño puede ser expresado en términos cualitativos o cuantitativos según el tipo de elemento.

Para elementos individuales el nivel de daño esperado queda definido en función directa de los procesos generadores de daño o de las solicitaciones asumidas por el elemento expuesto. El tipo de perturbaciones potenciales que pueden afectar las actividades o funciones regionales van a depender del tipo de daño que pueda sufrir un elemento individual. La relación entre ambos daños va a depender a su vez de la correspondencia entre el elemento local y el elemento regional. Sin embargo la perturbación de una actividad solo se materializará a partir de una cierta intensidad.

Según lo anterior el tipo de perturbación potencial podrá expresarse como una función del tipo de daño y su influencia regional. Como ejemplo aclaratorio se presenta la obstrucción de una vía principal por la ocurrencia de un deslizamiento, el tipo de perturbación, en este caso estará en función del nivel de daño que sufra el elemento expuesto afectado por el deslizamiento, bien sea un puente o un tramo de vía.

***Evaluación de vulnerabilidad de los elementos expuestos:*** Se puede hablar de vulnerabilidad de un elemento a partir del momento en que se sospecha de la ocurrencia de un evento, de una cierta magnitud, y caracterizado por un proceso generador de daño.

La vulnerabilidad debe determinar el grado de inutilización potencial de un elemento en el caso de la materialización del evento generador de daño, puede ser evaluada en porcentaje y expresada como un valor entre 0 (ningún daño potencial) y 1 (daños potenciales del 100%). Será función del tipo de daño potencial asociado a cada elemento y de la localización de los mismos frente al evento generador del daño.

Cada proceso generador de daño puede relacionarse con cada elemento por medio de una función de daño determinada. Se deben también definir funciones de perjuicios para describir y evaluar las consecuencias sobre los individuos, al igual que las funciones de perturbación para lo que tiene que ver con las actividades y funciones.

Los niveles de daño asociados pueden ser traducidos o cuantificados en términos de pérdidas que pueden ser de naturaleza económica (costos directos e indirectos) de naturaleza humana o naturaleza funcional. La utilización del concepto de tasa de daño permite establecer el grado de inutilización de un elemento. Esta tasa se expresa en unidades adimensionales, en valores entre 0 y 1; se definen tres tipos de tasa de daño siguiendo la naturaleza de los daños a los cuales aplican:

- Tasa de daño estructural
- Tasa de perjuicio corporal

### **2.6.3 Análisis detallado del riesgo**

***Evaluación del riesgo para la sociedad en términos de la distribución potencial de las pérdidas y los daños:*** La evaluación de riesgo debe traducir los porcentajes de daño de cada elemento en términos de criterios de cuantificación o cualificación que sea de uso común para la comunidad o sociedad que lo sufre.

Normalmente se utiliza una cuantificación o cualificación en términos de pérdidas que la materialización del fenómeno provocaría a la sociedad:

- Pérdidas en vidas humanas
- Pérdidas económicas
- Pérdidas patrimoniales
- Perturbaciones indirectas
- Otras.

La evaluación debe cubrir dos aspectos:

- Las personas y elementos de infraestructura expuestos en el sitio
- Las actividades o funciones en la zona de influencia.

Y la interpretación del riesgo debe realizarse en una dimensión espacial y en lo posible representada de una manera cercana a la realidad.

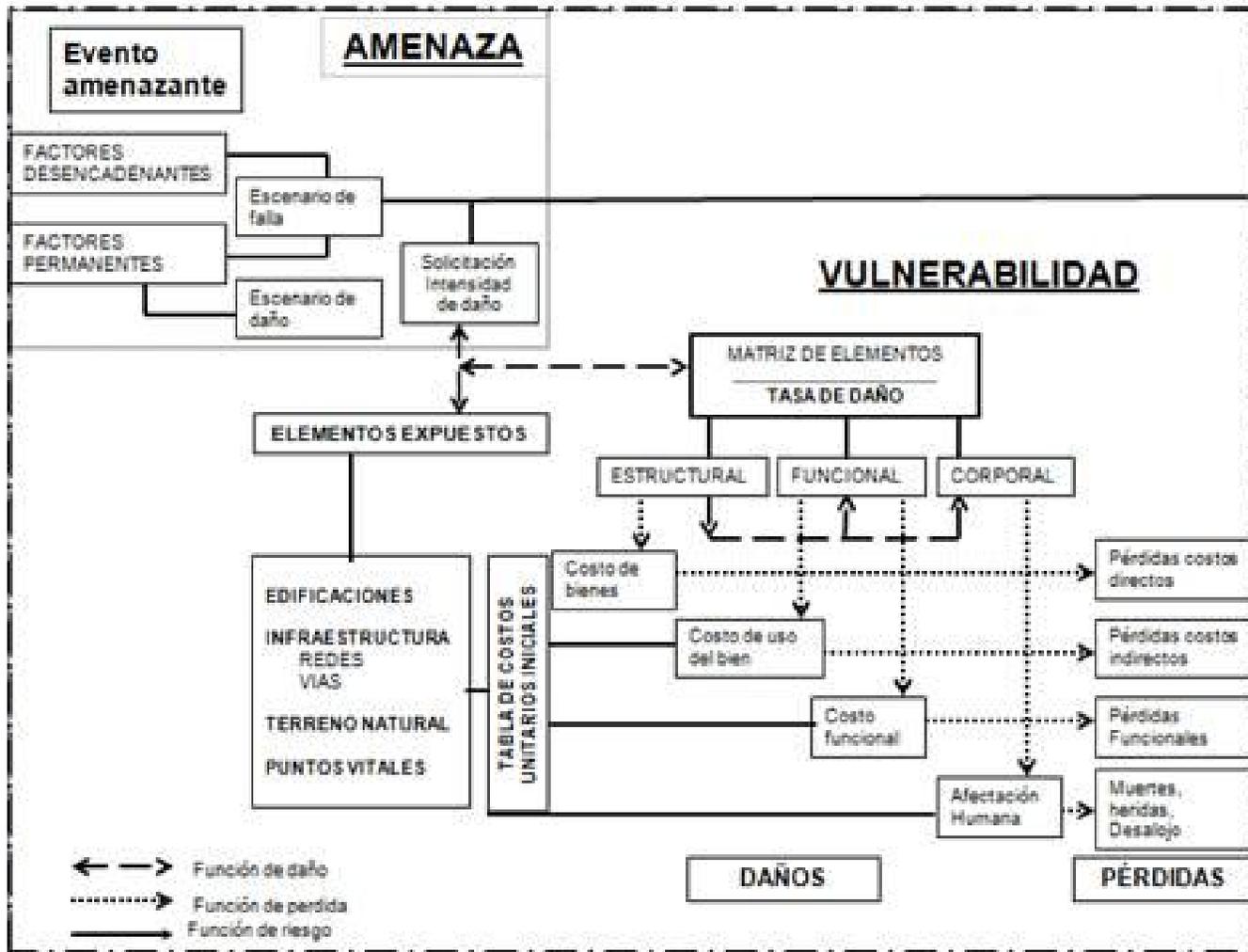


Figura 2-3 Diagrama de flujo para la evaluación del riesgo

## CONTENIDO

3	ESTUDIOS BÁSICOS.....	1-21
3.1	INTRODUCCIÓN .....	1-21
3.2	REVISIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE .....	1-21
3.2.1	Información de referencia.....	1-21
3.2.1.1	Información general .....	1-21
3.2.1.2	Municipio de Dabeiba.....	1-21
3.3	CARTOGRAFÍA BASE .....	1-22
3.3.1	Introducción .....	1-22
3.3.2	Localización cartográfica del área.....	1-22
3.3.3	Cartografía existente .....	1-22
3.3.3.1	Cartografía POT.....	1-22
3.3.3.2	Cartografía DANE .....	1-22
3.3.3.3	Cartografía IGAC.....	1-23
3.3.3.4	Información Catastral .....	1-23
3.3.4	Levantamiento topográfico.....	1-23
3.3.4.1	Georreferenciación.....	1-23
3.3.4.1.1	Objetivo .....	1-23
3.3.4.1.2	Metodología.....	1-23
3.3.5	Levantamientos topográficos y batimétricos.....	1-27
3.3.5.1	Objetivo.....	1-27
3.3.5.2	Metodología.....	1-28
3.3.5.3	Equipo utilizado.....	1-28
3.3.6	Generación Mapa Topográfico.....	1-29
3.3.7	Información predial a nivel de manzanas .....	1-29
3.4	GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	1-31
3.4.1	Geología regional.....	1-31
3.4.1.1	Estratigrafía.....	1-31
3.4.1.2	Geología estructural.....	1-32
3.4.1.3	Geomorfología regional.....	1-33
3.4.2	Geología local.....	1-34
3.4.2.1	Estratigrafía.....	1-34
3.4.2.2	Columnas estratigráficas.....	1-36
3.4.2.3	Geomorfología local .....	1-38
3.4.2.4	Procesos morfodinámicos.....	1-55
3.4.2.5	Sectores intervenidos con obras de protección .....	1-59
3.4.2.6	Otros procesos .....	1-62
3.5	HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA.....	1-63
3.5.1	Recopilación y análisis de la información existente.....	1-63
3.5.1.1	Cartografía .....	1-63
3.5.1.2	Hidrometeorología .....	1-64
3.5.1.3	Fuentes secundarias .....	1-64
3.5.2	Caracterización Climática Regional.....	1-65
3.5.2.1	Precipitación .....	1-65
3.5.2.2	Precipitación de Corta Duración: Curvas de Intensidad,-Duración y Frecuencia .....	1-65
3.5.2.3	Metodología de regionalización de los parámetros de las curvas .....	1-65
3.5.2.4	Isoyetas Medias Mensuales .....	1-66
3.5.2.5	Evapotranspiración.....	1-66
3.5.2.6	Temperatura .....	1-66
3.5.2.7	Brillo Solar.....	1-66
3.5.2.8	Clasificación climática de la zona de estudio.....	1-67

3.5.3	Análisis de caudales .....	1-68
3.5.3.1	Caudales medios mensuales multianuales.....	1-68
3.5.3.2	Caudales máximos.....	1-68
3.5.3.3	Estimación de Caudales río Sucio .....	1-70
3.5.3.4	Estimación de caudales máximos quebrada La Desmontadora .....	1-71
3.6	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA.....	1-72
3.6.1	Exploración del subsuelo .....	1-72
3.6.1.1	Apiques manuales .....	1-72
3.6.1.2	Pruebas de Campo .....	1-73
3.6.2	Ensayos de laboratorio .....	1-73
3.6.3	Caracterización geomecánica.....	1-74
3.6.3.1	Descripción de las propiedades geotécnicas encontradas .....	1-75
3.6.3.2	Perfil Geotécnico promedio .....	1-77
3.6.3.3	Parámetros de Resistencia al Corte .....	1-78
3.7	FACTOR ANTRÓPICO .....	1-79
3.7.1	Urbanismo y catastro.....	1-79
3.7.2	Vías .....	1-79
3.7.3	Manejo de aguas de escorrentía y alcantarillado.....	1-80
3.8	CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA POBLACIÓN.....	1-81
3.8.1	Variables municipales .....	1-82
3.8.1.1	Población .....	1-82
3.8.1.2	Servicios públicos .....	1-82
3.8.1.3	Hogares.....	1-83
3.8.1.4	Las viviendas .....	1-83
3.8.2	Variables área de influencia .....	1-84
3.8.2.1	Población .....	1-84
3.8.2.2	Servicios públicos. ....	1-85
3.8.2.3	Las viviendas .....	1-85

### **3 ESTUDIOS BÁSICOS**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Se describen y analizan en este capítulo los resultados de las actividades o estudios básicos realizados siguiendo la metodología establecida, para llegar finalmente a establecer la zonificación de áreas de comportamiento homogéneo o unidades de análisis particular.

#### **3.2 REVISIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE**

##### **3.2.1 Información de referencia**

Para el desarrollo del presente estudio se realizó la recopilación, revisión y análisis de la información disponible en las diferentes empresas y entidades públicas, sobre estudios previos realizados en el área de estudio.

##### *3.2.1.1 Información general*

Dentro de la información de referencia a nivel regional y que puede resultar de utilidad para el desarrollo del proyecto se encontraron los siguientes documentos:

- Geología del departamento de Antioquia. Plancha Escala 1:400000. Ingeominas, 1999.
- Mapa geológico del departamento de Antioquia Escala 1:400000. Memoria explicativa. Ingeominas, 2001.
- Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá, Antioquia. Ingeominas, 1995.
- Censo general 2005, nivel nacional. DANE, 2005.

##### *3.2.1.2 Municipio de Dabeiba*

A continuación se presenta una relación de la información previa existente para el área de estudio:

- Plan de ordenamiento territorial municipio de Dabeiba. PCU Ltda, 2000.
- Mapa zona urbana municipio de Dabeiba sectores, secciones, manzanas y vías. DANE, 1993.
- Plancha topográfica 114-I-D, 114-II-C Escala 1:25000. IGAC, 1979.
- Fotografías aéreas 23, 24 Escala 1:33820. Vuelo C-2303. IGAC, 1987
- Fotografías aéreas 289, 290, 291 Escala 1:9250. Vuelo R-735-9-76. IGAC, 1976.
- Geología de la plancha 114 Dabeiba y parte de la W de la 115 Toledo.

- Valores máximos, mínimos, medios mensuales de caudales, medios mensuales de niveles, máximos mensuales de niveles, mínimos mensuales de niveles estación Dabeiba 2 111705. IDEAM

### **3.3 CARTOGRAFÍA BASE**

#### **3.3.1 Introducción**

Se describe y analiza en este capítulo la información cartográfica recopilada de fuentes secundarias, como el IGAC, Catastro, POT de cada municipio ó imágenes satelitales, además, de la topografía del terreno obtenida directamente en campo.

#### **3.3.2 Localización cartográfica del área**

Las siguientes coordenadas planas enmarcan el cuadrángulo en el que se localiza la zona en estudio, la cual corresponde al perímetro urbano de Dabeiba con una porción de área 220.12 hectáreas.

N 1266573 m E 1089013 m punto que indica el extremo noroccidental del área y  
N 1264640 m E 1090983 m en el extremo suroriental del área de estudio.

Altimétricamente se tiene una cota inferior de 400 msnm en el punto noroccidental y una cota superior de 600 msnm hacia el sur. La cabecera municipal presenta una altura promedio de 450 msnm para la cabecera municipal.

#### **3.3.3 Cartografía existente**

Para el estudio se consulto la cartografía existente en el DANE y del POT del Municipio, cuyas planchas se describen a continuación.

##### *3.3.3.1 Cartografía POT*

Esta cartografía corresponde a la contenida en los planos 13-16 CONSOLIDACIÓN DEL TERRITORIO URBANO CON RESPECTO A LOS SERVICIOS PÚBLICOS BÁSICOS a escala 1:15000 y plano 5 de DELIMITACIÓN DEL TERRITORIO URBANO escala 1:18000 elaborados en abril de 1999.

Esta cartografía presenta la distribución espacial de la zona urbana del municipio y el nivel de detalle es la identificación de la manzana y vías.

##### *3.3.3.2 Cartografía DANE*

Esta cartografía corresponde a un mapa digital (1993), escala 1.5000, que contiene la zona urbana del municipio de Dabeiba, a nivel de manzanas y vías, referenciadas a secciones y sectores urbanos, lo que permite obtener su código DANE completo.

### 3.3.3.3 Cartografía IGAC

Esta cartografía corresponde a las planchas topográficas 114-I-D (1966) y 114-II-C (1979), que contienen curvas de nivel cada 50m, principales ríos y quebradas, además de la ubicación de Dabeiba y veredas cercanas, la escala de las planchas es 1:25000.

### 3.3.3.4 Información Catastral

La información consultada en el Sistema de Información Catastral (SIC), de la Dirección de Sistemas de Información y Catastro del Departamento de Antioquia, corresponde al LISTADO DE PREDIOS DEL MUNICIPIO EN ORDEN DE CÉDULA CATASTRAL, reporte RSC02\_0005C del 30 de Julio de 2009. Este listado contiene el nombre y número de identificación del (los) propietario(s) de cada predio, la dirección y/o matrícula inmobiliaria del predio, además de su área total y construida, con los respectivos avalúos.

## 3.3.4 Levantamiento topográfico

### 3.3.4.1 Georreferenciación

#### 3.3.4.1.1 Objetivo

Posicionamiento de 8 (ocho) puntos principales de primer orden y bases de salida, un punto y su señal de azimuth por el sistema de GPS que nos sirvan para el control y cierre de las poligonales de amarre de los levantamientos topográficos y batimétricos adelantados en la zona. Cada base de salida se ubico al principio y fin de los tramos en estudio con el fin de controlar el recorrido total de las áreas del proyecto.

#### 3.3.4.1.2 Metodología

Los trabajos geodésicos se realizaron con el Sistema de Posicionamiento Global GPS., utilizando la constelación de satélites NAVSTAR de los EUA tomando como base la Estación permanente del Instituto Geográfico Agustín Codazzi más cercana al municipio de Dabeiba que en este caso es el Vértice APTO en el municipio de Apartado (Antioquia) a 105 Km aproximadamente, para incluir los datos a la Red Magna-Sirgas, por el método Estático cumpliendo los requerimientos técnicos para ello exigidos:

- Ángulo mínimo de recepción: 15 grados sobre el horizonte
- Componente geométrico de la dilución de precisión PDOP < 4
- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 6
- No inclusión de satélites descompuestos
- Recolección de datos para tres dimensiones
- Tiempo mínimo de recolección de datos: 20 minutos por el primer kilómetro y 3 minutos por cada kilómetro adicional con GPS de doble frecuencia (por ello varía dependiendo de la distancia a la Estación Permanente del IGAC)
- Duración de épocas a captar: 15 segundos

Dadas estas condiciones y con el adecuado procesamiento de datos se obtiene información de alta calidad para cada punto.

- a) *Metodología de campo y oficina:* Se ubico una estación principal de GPS de doble frecuencia en el GPS-1 de arranque de nuestros trabajos de amarre sobre la cual el día 21 de septiembre se le hizo un rastreo continuo de 6 horas y 10 minutos y se colocaron los GPS-2, GPS-3 y GPS-4 y al siguiente día se coloco el GPS-5 y se le hizo otra sesión de 8 horas y 47 minutos continuos y simultáneamente se colocaron los GPS-6, GPS-7, GPS-8, GPS-9 y GPS-10 controlando paulatinamente la buena recepción de satélites que siempre oscilo de 9 satélites a más garantizando la precisión de nuestro punto de origen a 3.0 cm tanto en precisión horizontal como vertical con respecto a las coordenadas magna-sirgas de Colombia. Para calcular las coordenadas del vértice GPS-1 en el sistema magna-sirgas se partió de los datos que presenta el IGAC actualizados semana a semana en su página oficial [www.igac.gov.co](http://www.igac.gov.co) ya que las antenas permanentes no son certificadas sino que publican sus coordenadas geocéntricas, luego se calculan las coordenadas Gauss Krugger con el programa magna\_sirgas\_prov 2.0 de origen Oeste y la Ondulación Geoidal con el programa Geocol 2004, obteniendo los valores actualizados de:

Antena	Coordenadas Geocéntricas	Coordenadas Gauss	Alturas
<b>APTO</b>	X=1460797.8584 Y=-6147200.8098 Z= 868399.4790	07°52'40.03443+ -76°37'56.60792+	Elipsoidal: 45.199 Geométrica: 34.875 Ondulación: 11.03

Con estos valores y los rinex de cada punto hacemos el post-proceso entre APTO y nuestro GPS-1 y GPS-5 con el programa original del equipo de GPS Topcon Tools y a partir de este se efectúa el postproceso para los ocho (8) puntos restantes obteniendo las parejas de GPS de amarre.

- b) *Parámetros Geodésicos y de Transformación:*

**Tabla 3-1. Coordenadas geodésicas wgs-84 (época 1995.4)**

COORDENADAS GEODÉSICAS WGS-84 (época 1995.4)			
LATITUD ( N )	LONGITUD ( W )	ALTURA ELIPSOIDAL	ALTURA (msnm)
03°48'44.63635+	76°46'47.20890+	296.494	275.80

**Tabla 3-2. Coordenadas planas cartesianas**

COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS	
NORTE	ESTE
913332.746 m	1033070.188 m

- c) *Procesamiento de la información:* Los parámetros de referencia del elipsoide WGS-84, utilizado por el sistema GPS al elipsoide Internacional, se muestran en la Tabla 3-3

**Tabla 3-3. Elipsoide world geodetic system 1.984**

ELIPSOIDE WORLD GEODETTIC SYSTEM 1.984 Unidad=metro			
DATUM	A	1 / f	b
WGS / 84	6'378.137.00	298.257223563	6'356.752.3142

**Tabla 3-4. Coordenadas Geodésicas Wgs-84**

COORDENADAS GEODÉSICAS WGS-84 (época 2008.2)			
LATITUD ( N )	LONGITUD ( W )	ALTURA ELIPSOIDAL	ALTURA (msnm)
03°48'44.64140+	76°46'47.20656+	296.4936	275.80

**Tabla 3-5. Coordenadas planas cartesianas magna**

COORDENADAS PLANAS CARTESIANAS MAGNA	
NORTE	ESTE
913332.900 m	1033070.260 m

Los cálculos se realizan sobre el Elipsoide WGS-84 y luego son trasladados al Elipsoide Internacional, utilizando

Parámetros de traslación:  $^a$  DX: 307                      Factor de Escala:  $^a$  = 0  
 $^a$  Y: 304  
 $^a$  Z: 318

Parámetros de rotación:            = 0  
     = 0  
     = 0

Valores correspondientes a los presentados por la DMA en 1987.

Este proceso para el IGAC se denomina componente sistemática, pero además se incluye una corrección por componente aleatoria, la cual compensa la deformación del Vértice APTO debido a desplazamientos de los vértices geodésicos por movimientos tectónicos, disminución de precisión de las posiciones a medida que aumenta la distancia del punto Datum y la baja cualificación del Geoide cuando la Red clásica fue establecida. Es llamada aleatoria porque presenta diferentes comportamientos a lo largo del país y sus valores dependen completamente de la zona de interés.

La altura geométrica se calcula partiendo de la Ondulación Geoidal de cada sector en el municipio de Dabeiba que en este caso oscila entre 20.26m y 20.58 m.

Es importante aclarar que estos valores resultan de un proceso matemático aproximado a cada zona del país y obtenemos la altura ortométrica que tal como la garantiza el IGAC tiene más o menos 80 cm de diferencia con la geométrica de este punto.

- d) *Localización Bases de GPS:* A partir del GPS-1 se hicieron las respectivas sesiones a los puntos GPS-2, GPS-3 y GPS-4 garantizando su precisión milimétrica. Lo mismo se repitió con el GPS-5 para localizar los GPS-6, GPS-7, GPS-8, GPS-9 y GPS-10. Las 5 bases de salida quedaron distribuidas de la siguiente manera: 2 puntos GPS-1 y GPS-2 alrededor del parque del barrio La Arenera, el GPS-3 y GPS-4 en el puente vehicular del municipio sobre el río Sucio y al frente del SENA respectivamente, el GPS-5 y GPS-6 se ubicaron en el barrio Chino donde inicia el casco urbano del municipio uno en la Cancha Múltiple y el otro sobre la vía principal del barrio, el GPS-7 y el GPS-8 están en el final de la vía en concreto que conduce al barrio Guerra Serna origen y el GPS-9 y GPS-10 frente a una Estación de Servicio donde termina el casco urbano vía a Chigorodó (al mar) cubriendo el área de estudio sobre el municipio.

Este proceso se llevó a cabo, con una metodología que minimiza la propagación de errores y garantiza un efectivo control, paso a paso. Los valores de GPS obtenidos se presentan en la Tabla 3-6.

**Tabla 3-6 Coordenadas Gauss-Kruger Magna-Sirgas origen oeste**

PUNTO	NORTE	ESTE	ALTURA ORTOMÉTRICA (snm)
DABE-1	1265696.739	1090691.330	416.391
DABE-2	1265736.288	1090613.951	415.303
DABE-3	1266377.673	1089602.671	400.736
DABE-4	1266461.528	1089596.266	406.032
DABE-5	1264575.303	1091050.159	436.978
DABE-6	1264538.081	1091096.914	434.247
DABE-7	1266243.333	1089135.164	483.625
DABE-8	1266277.993	1089194.021	480.769
DABE-9	1266431.692	1088659.995	388.394
DABE-10	1266498.260	1088866.242	391.380

#### 3.3.4.1.3 Equipos Utilizados

- a) *GPS TOPCON HIPER+:* Dos equipos de Doble Frecuencia. Description: Tiene Integrado el receptor de GPS y la antena, radio transmisor y antena, y por separado CDU/PCMCIA y la batería, posee 40 canales en L1, 20 L1+L2 GPS/GLONASS.

Especificaciones en Static/Rapid Static: en Horizontal 3mm+1 ppm y en vertical 5 mm + 1 ppm.

GPS ANTENNA / Internal; ANTENNA TYPE 7 Microstrip (zero-centered), GROUND PLANE Antenna on a flan ground plane.



**Figura 3-1 GPS TOPCON HIper +**

- b) *Navegador Garmin GPSMAP60Csx*: Es un navegador de precisión pos-métrica que puede detectar hasta 12 satélites y que con seis (6) que capture da una buena precisión de posicionamiento para localizar puntos de control del trabajo de localización.



**Figura 3-2 Navegador Garmin GPSMAP60Cx**

### **3.3.5 Levantamientos topográficos y batimétricos**

#### **3.3.5.1 Objetivo**

Determinar la magnitud y forma real (planimétrica y altimétrica) tanto en la zona urbana que en este municipio en un sector grande presenta un alto riesgo de inundación como en el cauce y rívera del río y la quebrada de este estudio como base de los estudios de amenaza, trabajos de diseño y construcción de las obras de protección, control y mitigación a adelantar en cada uno de ellos.

### 3.3.5.2 Metodología

a) *Levantamiento Topográfico*: A partir de las bases de salida compuesta por parejas de GPS, se trazaron poligonales con cierre en otras parejas de GPS con estación total geodésica y por radiación directa se tomaron todos los puntos que describen cada una de las zonas en estudio, puntos como vías, cercas, terrazas, taludes, obras de arte, canales, gaviones, muros de contención, riveras, lecho de las fuentes de agua, taludes, puentes y demás existentes generando la base cartográfica georreferenciada de cada frente.

b) *Datos técnicos*:

Localización del Proyecto: Municipio de Dabeiba . Antioquia (Colombia)

Frentes de Trabajo y longitud:

- Sobre el río Sucio en una extensión de 4460 m
- Sobre la Quebrada La Desmontadora 839 m

c) *Secciones Transversales*: Una vez obtenida la zona de trabajo se dividió por secciones transversales que abarcaran la totalidad del terreno, secciones que se trazaron teniendo en cuenta los niveles del terreno y cortando cada una de las curvas de nivel.

### 3.3.5.3 Equipo utilizado

a) *Estación Electrónica Total Geodésica Leica TC1800 y Leica TC407*: Son estaciones de orden geodésico óptimas para cualquier tipo de trabajos de alta precisión.

*Datos técnicos*:

Alcance: Con un prisma, entre 3500 y 4000 m. en condiciones malas y/ó buenas

Con tres prismas, entre 6000 y 8000 m en condiciones malas y/ó buenas

Falla en distancia: 3 mm / 7 Km

Falla en ángulos: 1+

Precisión: 1+ de lectura directa

*La estación cuenta con*:

Dos (2) bastones con ojo de pollo de 2.5 m y dos (2) bastones de 5.0 m de altura con sus respectivos prismas, un bastón tiene una pacha de 3 prismas.

Trípode metálico, dos pilas, cargador

Estuches respectivos de los equipos y radios de comunicación con un alcance de 3.3 km.

b) *Ecosonda Garmin Gpsmap 430S*: Es una ecosonda digital con precisión a 1 decímetro que tiene incorporado un navegador de GPS de precisión pos-métrica, la capacidad de grabado de puntos depende de una tarjeta SD interna que en nuestro caso sirve para 3000 puntos.

### 3.3.6 Generación Mapa Topográfico

Los datos de campo se bajaron directamente desde la cartera electrónica al computador, evitando errores de transcripción y agilizando este proceso.

Los cálculos y el dibujo de los levantamientos se realizaron asistidos por computador en sistema CAD, del cual se generaron archivos magnéticos de dibujo, con extensión DWG.

En el proceso de oficina, se realizaron las siguientes actividades:

- a) Post proceso de la información recolectada por los GPS.
- b) Cálculo y procesamiento de datos.
- c) Dibujo del levantamiento en sistema CAD.
- d) Modelo digital del terreno
- e) Informe

*Características Topográficas:* Los ríos se hallan en terrenos planos, con una pendiente del 3 al 7 %. Existe un dique que evitaba las inundaciones pero en la actualidad esta averiado y por un lado se pasa el agua inundándose los barrios como ocurrió recientemente a principios de Octubre de 2009.

### 3.3.7 Información predial a nivel de manzanas

Gran parte del perímetro Urbano del municipio de Dabeiba se encuentra dentro la franja estudio, se tienen 56 manzanas en total, discriminadas por sectores y secciones Urbanas, según Código DANE. EL listado de manzanas se presenta en la Tabla 3-7.

**Tabla 3-7. Manzanas dentro de la franja de estudio según código DANE**

Código DANE								
Departamento	Municipio	Clase	Sector Rural	Sección Rural	Centro Poblado	Sector Urbano	Sección Urbana	Manzana
05	234	1	000	00	000	0001	01	01
05	234	1	000	00	000	0001	01	03
05	234	1	000	00	000	0001	01	04
05	234	1	000	00	000	0001	01	05
05	234	1	000	00	000	0001	01	06
05	234	1	000	00	000	0001	01	07
05	234	1	000	00	000	0001	01	08
05	234	1	000	00	000	0001	01	09
05	234	1	000	00	000	0001	01	10
05	234	1	000	00	000	0001	01	11

Código DANE								
Departamento	Municipio	Clase	Sector Rural	Sección Rural	Centro Poblado	Sector Urbano	Sección Urbana	Manzana
05	234	1	000	00	000	0001	01	13
05	234	1	000	00	000	0001	01	14
05	234	1	000	00	000	0001	02	01
05	234	1	000	00	000	0001	02	02
05	234	1	000	00	000	0001	02	03
05	234	1	000	00	000	0001	02	04
05	234	1	000	00	000	0001	02	05
05	234	1	000	00	000	0001	02	06
05	234	1	000	00	000	0001	02	07
05	234	1	000	00	000	0001	02	08
05	234	1	000	00	000	0001	02	09
05	234	1	000	00	000	0001	02	10
05	234	1	000	00	000	0001	02	14
05	234	1	000	00	000	0001	02	15
05	234	1	000	00	000	0001	02	16
05	234	1	000	00	000	0001	02	17
05	234	1	000	00	000	0001	02	18
05	234	1	000	00	000	0001	02	19
05	234	1	000	00	000	0001	02	20
05	234	1	000	00	000	0001	02	21
05	234	1	000	00	000	0001	02	22
05	234	1	000	00	000	0001	02	23
05	234	1	000	00	000	0001	02	24
05	234	1	000	00	000	0001	03	01
05	234	1	000	00	000	0001	03	02
05	234	1	000	00	000	0001	03	03
05	234	1	000	00	000	0001	03	04
05	234	1	000	00	000	0001	03	20
05	234	1	000	00	000	0001	03	21
05	234	1	000	00	000	0001	03	22
05	234	1	000	00	000	0001	04	01
05	234	1	000	00	000	0001	04	04
05	234	1	000	00	000	0001	04	05
05	234	1	000	00	000	0001	05	04
05	234	1	000	00	000	0001	05	05
05	234	1	000	00	000	0001	05	06
05	234	1	000	00	000	0001	05	07
05	234	1	000	00	000	0001	05	14
05	234	1	000	00	000	0002	01	12
05	234	1	000	00	000	0002	01	13
05	234	1	000	00	000	0002	01	14
05	234	1	000	00	000	0002	01	15
05	234	1	000	00	000	0002	01	16
05	234	1	000	00	000	0002	01	17
05	234	1	000	00	000	0002	01	18
05	234	1	000	00	000	0002	02	01

## 3.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

### 3.4.1 Geología regional

#### 3.4.1.1 Estratigrafía

Los estudios geológicos en esta zona de la Cordillera Occidental comienzan en la década de 1920, con informes de reconocimiento de Hubach (1925, 1927) en la zona Occidental de Dabeiba, orientados al apoyo del proyecto de la Carretera al Mar (Medellín - Turbo). En años posteriores, investigaciones sistemáticas del Ingeominas, han cartografiado las diferentes unidades que componen el área de Dabeiba, delimitando las unidades rocosas y agrupándolas en lo que genéricamente se conoce en el noroccidente Colombiano como Grupo Cañasgordas, que se extiende por cientos de kilómetros a lo largo de la Cordillera Occidental y está compuesto por cuatro unidades fundamentales: Basaltos del Barroso, sedimentos areno-arcillosos, sedimentos silíceo calcáreos y basaltos de Santa Cecilia, según se muestra en la Figura 3-3. Adicionalmente se presentan algunos sectores cubiertos por depósitos aluviales cuaternarios.

**Basaltos del Barroso o Formación Barroso (K2bb):** Esta unidad, de edad cretácica, es considerada como el piso oceánico sobre el cual se depositaron las unidades sedimentarias, se trata de una serie de basaltos, diabasas y en menor proporción rocas piroclásticas de ambiente submarino profundo, donde la composición predominante es plagioclasa y piroxeno en proporciones similares. Una franja alargada de este tipo de rocas se encuentra en el sector oriental, en cercanías del acueducto municipal.

**Arenitas y Limolitas de Urrao o Miembro Urrao (K2u):** Con este nombre se conoce una asociación de limolitas y areniscas depositadas en un fondo marino profundo por corrientes de turbidez, que se alternan en una sucesión monótona y forman estratos decimétricos a centimétricos. Es la roca predominante en el sector central y occidental de la cabecera municipal de Dabeiba.

**Chert y limolitas silíceas o Miembro Nutibara (K2n):** A este grupo de rocas pertenecen sedimentos silíceos de mar profundo, dispuestos en estratos delgados centimétricos a decimétricos, que contienen intercalaciones de limolitas silíceas y en partes rocas piroclásticas básicas, es notable también la presencia de estratos importantes de calizas silíceas de color verde, que por su tenacidad casi siempre forman salientes rocosos o filos agudos. Afloran especialmente al este de Dabeiba, formando una franja alargada en dirección Norte - Sur, paralela a las limolitas y areniscas ya descritas.

**Basaltos de Santa Cecilia (K2Ngscx):** El nombre oficial de las rocas que componen esta unidad es Complejo Santa Cecilia. La Equis, pero para el objetivo de este trabajo se simplifica su nombre. Consta de basaltos y rocas piroclásticas básicas depositadas en fondo marino, que en ocasiones presentan texturas finas similares a areniscas o limolitas y en otras a conglomerados. Son más recientes que los basaltos del Barroso, se encuentran al occidente de Dabeiba y son los que conforman áreas con pendientes escarpadas como la zona de La Cerrazón.

**Sedimentos Cuaternarios (Qal):** Sobre la cartografía regional, se ha delineado en la cabecera municipal de Dabeiba, un cuerpo alargado en la dirección del río Sucio, definido como un sistema de terrazas aluviales compuestas por bloques cantos y guijarros de roca que acompañan arenas y limos, no consolidados y de formación reciente.

#### 3.4.1.2 Geología estructural

En cercanías de la población de Dabeiba, se encuentran una serie de fallas importantes a nivel regional, dada su extensión por varios kilómetros, orientadas en dirección Norte . Sur, que en general separan las unidades de roca ya descritas, pero que además afectan las rocas adyacentes, provocando en ellas intensa deformación y trituración. A la fecha no se han realizado investigaciones específicas sobre estas fallas, en especial de su relación con actividad sísmica reciente.



Figura 3-3. Geología regional de la zona de estudio

En Dabeiba y algunos municipios vecinos, se han presentado enjambres de sismos de baja magnitud, sentidos por la población en épocas recientes en lo que se conoce como "tormentas o tempestades sísmicas". La más reciente de estas acumulaciones de sismos ocurrió en el mes de Agosto de 2005 (Ingeominas, 2005), donde se presentaron más de 10 sismos de magnitudes menores a  $M=2.5$ , que fueron sentidos en la cabecera municipal

y en algunas de sus veredas por sus pobladores, sin que su ocurrencia haya concluido con un sismo mayor de carácter destructivo. Ni en ésta, ni en anteriores ocasiones, se han atribuido los sismos a una falla específica, dada su difícil localización precisa por la lejanía de las estaciones sismológicas existentes en la Red Sismológica Nacional, operada por INGEOMINAS.

#### 3.4.1.3 Geomorfología regional

Los trabajos geomorfológicos en la zona han estado supeditados a las investigaciones geológicas como elemento de importancia secundaria para la descripción regional del paisaje. En 1995, mediante convenio Corpourabá - Universidad de Antioquia (INER, 1995), se realizó una aproximación regional a escala 1:100.000, donde se define un único paisaje regional para el área Dabeiba - Cañasgordas, como Paisaje de Montaña, el cual se resume y complementa a continuación.

**Paisaje de montaña (MD):** Este tipo de relieve, de montaña abrupta, escarpada e incisada (Montaña Denudacional), se encuentra desarrollado alrededor de la cabecera municipal y se prolonga en direcciones norte-sur y este-oeste por decenas de kilómetros, modelado sobre rocas ígneas y sedimentarias pertenecientes al Grupo Cañasgordas.

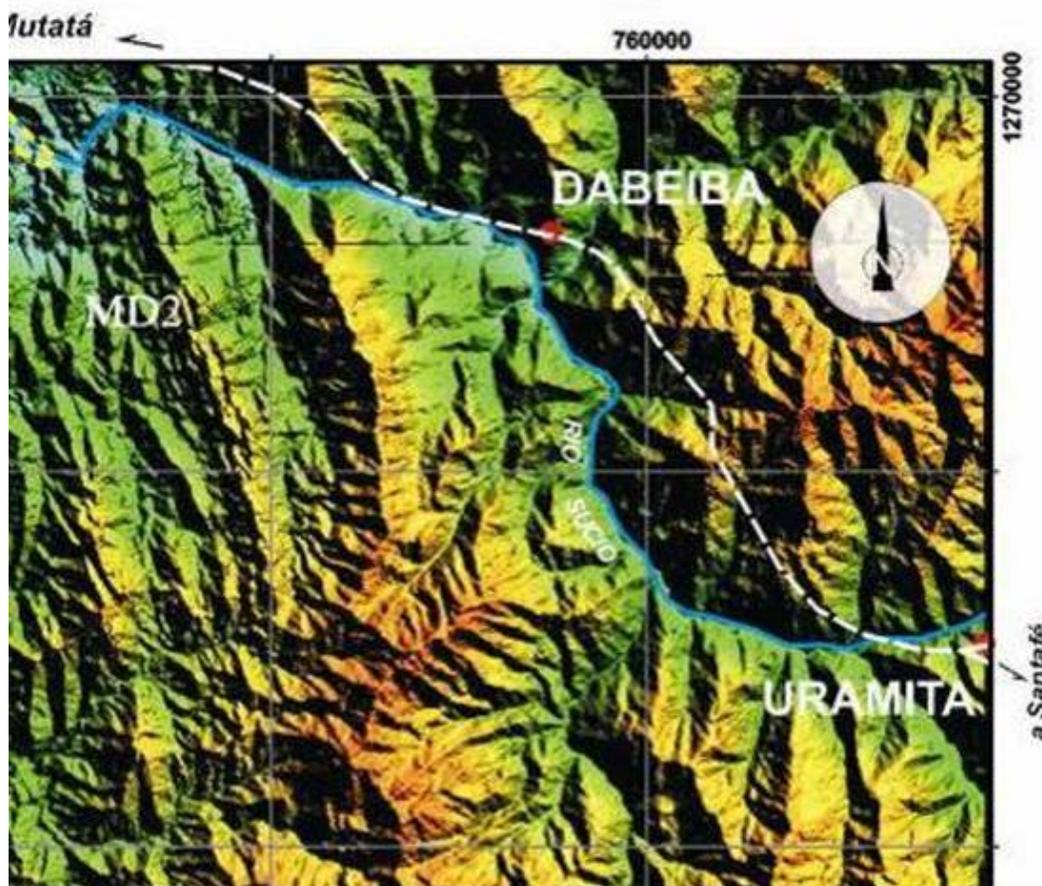


Figura 3-4. Relieve montañoso en Dabeiba Æ Uramita. Imagen radar satelital

Las montañas alcanzan alturas hasta de 700 m, como en el caso del Filo de Los Indios. Los filos principales, de perfil irregular, tienen una orientación preferencial N-S a N-NW, tienen cimas redondeadas y amplias, mientras que los filos secundarios que tienen orientaciones E-W hasta N50°E y N50°W, con toques más estrechos y subredondeados, presentan un escalonamiento que revela los diferentes pulsos de levantamiento de la Cordillera. Los valles son estrechos, en forma de V, con cauces que forman típicos ríos de montaña, con abundantes bloques de rocas y cascadas en lecho rocoso. Las vertientes son cortas, de menos de 250 m., rectas y rematan hacia el fondo con forma convexa para formar un valle estrecho y casi siempre profundo, interrumpido en algunos casos por las terrazas aluviales.

La alta capacidad erosiva desarrollada por las aguas de escorrentía no permite la generación de horizontes maduros A y B del suelo y éstos alcanzan individualmente espesores de menos de 20 cm en los filos principales. Bajo los anteriores horizontes se encuentran perfiles de meteorización con horizontes VI, V, IV y III de Dearman (1991), incompletos, que en conjunto alcanzan espesores menores a 2 m, en tanto que el horizonte II de roca meteorizada y decolorada puede alcanzar hasta 5 m en los filos principales. El estilo de drenaje es dendrítico, de densidad media, sin mayor control estructural a pesar de que los mapas geológicos muestran algunas fallas importantes alrededor del casco urbano.

### 3.4.2 Geología local

#### 3.4.2.1 Estratigrafía

La geología local de Dabeiba no cambia mucho de la temática regional, sólo que para este caso, dada la meteorización superficial de las unidades de roca, se denominan en el mapa respectivo de unidades geológicas superficiales, en tanto que se hace un mayor detalle en la delimitación de las unidades aluviales cuaternarias en razón a la importancia para el desarrollo futuro de la cabecera municipal y su relación con las amenazas naturales. La geología local se presenta en el Plano B-1, Geomorfología y Formaciones superficiales presentado en el Anexo B.

**Suelos residuales de los basaltos del Barroso:** Los basaltos afloran al oriente de la cabecera municipal, en inmediaciones del barrio El Chino hacia el Este. Son rocas masivas, de color verde grisáceo oscuro a medio, de grano muy fino, dentro de la masa se destacan algunos cristales de plagioclasa y piroxeno de tamaño milimétrico o menor; se destaca en ellas el diaclasamiento subvertical, con más de 10 diaclasas/metro. La descomposición de la roca produce un suelo arcillo-limoso, de color ocre rojizo, que localmente muestra un perfil de meteorización delgado, menor de 5 m, según se muestra en la columna estratigráfica.

**Suelos residuales de las limolitas y areniscas de Urrao:** Esta unidad, predominante en la cabecera municipal, se presenta como una roca estratificada de color gris, que forma estratos delgados, en general menores de 5 cm. de espesor, casi siempre con plegamiento fuerte, a escala de decenas de metros, en disposición subvertical y mostrando siempre un trituramiento intenso, hasta el punto que rara vez se pueden obtener fragmentos de roca de más de 10 cm de longitud. El perfil de meteorización es

delgado, menor de 4 m, pero en todas las vertientes de Dabeiba su espesor es muy reducido, menor de 15 cm. De Horizonte C-VI, debido posiblemente a las altas pendientes. Los horizontes A y B son relativamente inmaduros, pues no presentan estructuras de *Peds* y su espesor individual no alcanza los 15 cm. Un corte representativo de las anteriores características se observa en la entrada de los barrios El Paso . Buenos Aires.

**Suelos residuales de los chert, limolitas silíceas y calizas:** No se tuvo acceso a ningún afloramiento de este tipo de roca en inmediaciones de la cabecera municipal, en la vía que conduce a Urama se observó un afloramiento en vertiente de esta unidad, que muestra colores negros a grises oscuros, en estratos delgados, de 3 a 10 cm de espesor, plano . paralelos, con intenso plegamiento y con un diaclasamiento perpendicular a los planos de estratificación, para formar fragmentos rocosos que rara vez alcanzan mas de 15 cm de diámetro, siendo más comunes los de 5 a 7 cm. No forman ningún perfil de meteorización tal vez por su carácter silíceo y sólo forman un inceptisol (Suelo inmaduro desarrollado sobre roca), donde el horizonte A llega como máximo a tener 10 cm. de espesor y el B, de color oscuro por aporte coluvial (resultado de erosión laminar en las partes más altas), ambos horizontes contienen al menos 30% de fragmentos de guijarros o gravas.



**Figura 3-5. Afloramiento de areniscas y limolitas a la entrada al barrio El Paso Abanicos y terrazas Cuaternarias**

El área urbana y sub-urbana de Dabeiba contiene un complejo de terrazas y conos de deyección o abanicos aluviales y torrenciales que revelan una historia de erosión que posiblemente abarca centenares de miles de años, algunos de ellos con más de 70 m por encima del nivel actual del río. Su detalle se aborda en el capítulo de geomorfología. Se componen de depósitos de gravas, arenas y limos con estratificación burda, dispuestos en estratos de centímetros a metros, no litificados, con diferentes grados de meteorización, que presentan relieves suaves, con buenas aptitudes para su urbanización futura.

### 3.4.2.2 Columnas estratigráficas

**Tabla 3-8 Columna estratigráfica Abanico de La Loma Ë Guillermo Madrid**

Profundidad (cm)	Descripción
0 a 20	Horizonte A, alto contenido de materia orgánica, negro, limoso, permeable, con abundantes raíces vivas, maduro.
20 a 35	Horizonte B, maduro, con peds de 3 a 4mm Ø, color pardo . naranja, arcillo-limoso, plástico, con grietas de desecación milimétricas transicional a C.
35 a 75	Horizonte C-VI. Limo-arcilloso, color pardo claro a ocre rojizo, casi homogéneo, con 20 . 25% de guijarros de roca, con cubierta de óxidos, angulares y meteorizados, fragmentos menores y matriz integrados.
75 a 225	Depósito de flujo de escombros con más de 65% bloques decimétricos y clastos de basaltos, angulares, oxidados superficialmente y con meteorización parcial. Matriz limo-arcillosa compacta. Erosivo sobre el nivel inferior.
225 a 490	Depósito de flujo de escombros con más de 65% bloques decimétricos y clastos de basaltos y limolitas, angulares, oxidados superficialmente y con meteorización parcial. Matriz limo-arcillosa compacta. Separado del inferior por una acumulación de óxidos de hierro.
490 a 610	Depósito de flujo de escombros semimeteorizado, más del 95% de bloques, clastos y guijarros son de basaltos, con oxidación superficial y matriz compacta y homogénea.
610 a 670	Depósito de flujo de lodos y escombros con clastos de limolitas oxidados, matriz>80%, limo-arcillosa, compacta
670 a 780	Horizonte C-VI de basaltos. Limo-arenoso color pardo, sin textura aparente, solamente algunas diaclasas relictas.



**Figura 3-6. Detalle del depósito del Abanico de La Loma**

**Tabla 3-9. Columna estratigráfica Abanico del barrio Guerra Serna**

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Descripción</b>
0 a 15	Horizonte A, alto contenido de materia orgánica, negro, limoso, permeable, con abundantes raíces vivas, maduro.
15 a 25	Horizonte B, maduro, con peds de 4 a 5 mm Ø, color pardo oscuro a negro, arcillo-limoso, plástico, con grietas de desecación milimétricas, transicional a C.
25 a 35	Horizonte C-VI. Limo-arcilloso, color pardo claro a ocre, casi homogéneo, con 20 . 25% de guijarros de roca, con cubierta de óxidos, angulares y meteorizados, fragmentos menores y matriz integrados.
35 a 50	Horizonte C-V. Areno . limoso, color ocre, todos los clastos meteorizados, con halos de óxidos de hierro.
50 a 275	Depósito de flujo de escombros con más de 70% de bloques decimétricos y clastos de basaltos, angulares, con bordes oxidados y meteorización parcial. Matriz limo-arcillosa compacta. Erosivo sobre el nivel inferior.
275 a 560	Depósito de flujo de escombros con más de 65% bloques decimétricos redondeados con núcleos frescos y clastos de basaltos, angulares y, oxidados superficialmente y con meteorización parcial. Matriz limo-arcillosa compacta.

**Tabla 3-10 Columna estratigráfica Abanico del Cementerio**

<b>Profundidad (cm)</b>	<b>Descripción</b>
0 a 10	Horizonte A, abundante en materia orgánica, negro, limoso, permeable, con abundantes raíces vivas, maduro.
10 a 15	Horizonte B, maduro, con peds de 4 a 5 mm Ø, color pardo oscuro a negro, arcillo-limoso, plástico, con grietas de desecación milimétricas, transicional a C.
15 a 35	Horizonte C-VI. Limo-arcilloso, color pardo claro a ocre, casi homogéneo, con 20 . 25% de guijarros de roca, con cubierta de óxidos, angulares y meteorizados, fragmentos menores y matriz integrados.
35 a 265	Depósito de flujo de escombros con más de 70% de bloques decimétricos y clastos casi frescos de basaltos, subredondeados hasta angulares, con bordes oxidados y meteorización parcial. Matriz limo-arcillosa compacta pardo - grisácea.
265 a 315	Depósito de flujo de escombros con más de 65% bloques decimétricos redondeados con núcleos frescos y clastos de basaltos, angulares y, oxidados superficialmente y con meteorización parcial. Matriz limo-arcillosa compacta. Erosivo sobre el nivel inferior.
315 a 465	Depósito de flujo de lodos con gravas angulares, caótico, más de 80% de clastos, principalmente de limolitas casi frescas, matriz grisácea limo-arcillosa.
465 a 545	Depósito de bloques y gravas subredondeadas con contactos tangenciales, frescos los bloques y oxidadas superficialmente las gravas, proporción basaltos:limolitas 3:2. Corresponde a un antiguo fondo de canal.
525 a 830	Depósito de flujo de lodos con gravas angulares, caótico, más de 80% de clastos, 80% limolitas casi frescas, matriz grisácea limo-arcillosa.
830 a 910	Depósito caótico de flujo de lodos, gravas angulares <10cm Ø, frescas, matriz limo-arcillosa sin compactación, más de 80% clastos tangenciales, algunos flotan en la matriz.



**Figura 3-7. Detalle del depósito del Abanico del Cementerio**

#### *3.4.2.3 Geomorfología local*

Las características geomorfológicas descritas a continuación corresponden al área urbana y sus alrededores inmediatos, donde se presentan los siguientes paisajes: Un paisaje de Montaña Denudacional ya descrito que cubre todo este sector del flanco occidental de la Cordillera Occidental, desarrollado sobre las rocas del Grupo Cañasgordas, especialmente sedimentitas areno-arcillosas y silíceo calcáreas. Particularmente en las inmediaciones de Dabeiba se encuentra un pequeño valle intramontano que forma un estrecho Piedemonte local, constituido por abanicos aluviales y varios niveles de terrazas, algunas de ellas parcialmente incisadas\*. Por último un paisaje de fondo de valles estrechos, de menos de 200 m de ancho, con fondo plano asociados principalmente a los ríos Sucio y Urama, que se separó arbitrariamente por su carácter potencialmente inundable, lo cual se muestra en la Figura 3-8.

Los ríos transportan materiales de diversos tamaños, en especial durante sus períodos de crecientes y los depositan en sus márgenes sobre la llanura de inundación, formando así superficies planas a ligeramente inclinadas en la dirección de la corriente; mientras mayor sea la creciente del río, mayor cantidad de materiales se depositan, elevando la altura de sus márgenes. Si el cauce continúa su proceso de profundización natural, la superficie plana existente va quedando en niveles cada vez más altos, formando así niveles planos que atestiguan antiguos niveles del cauce a los que se les llama terrazas. A medida que transcurre el tiempo, se desarrollan los suelos y posteriormente los materiales se descomponen para formar perfiles de meteorización. Simultáneamente, las aguas de escorrentía van formando cauces que se profundizan con el tiempo (incisan el plano preexistente), lo que también permite establecer un tiempo relativo de existencia de la superficie plana.



**Figura 3-8. Geomorfología de la zona de estudio con base en la foteointerpretación de fotografías aéreas**

La carencia de un mapa con suficiente detalle tanto en planta como en sus curvas de nivel, no permite una descripción más precisa de cada uno de los elementos que constituyen esta temática, en especial su altura sobre el cauce. La elaboración de un mapa base de buena calidad altimétrica y planimétrica a escala mínima 1:5.000 del área urbana y sub-urbana es una herramienta prioritaria para unificar y mantener toda la información básica de la población y en consecuencia su elaboración se debe acometer en el corto plazo.

\* El término incisión tal como se usa en este informe significa el grado de profundización alcanzada en una geoforma por el cauce respectivo, lo que indica indirectamente su edad relativa con respecto a otros de la zona.

#### *3.4.2.3.1 Paisaje aluvial de piedemonte (P)*

Este paisaje local está representado por las geoformas que se presentan sobre la zona de transición entre los paisajes de la montaña y la planicie aluvial del río Sucio. Este paisaje parece que se hubiera generado por la mayor resistencia a la erosión de los Basaltos de Santa Cecilia, localizados aguas debajo de Dabeiba y que conforman La Cerrazón, nombre local dado a la garganta estrecha que allí se forma y debió operar como un nivel

de base temporal que fue desgastado paulatinamente por el río Sucio a lo largo de tal vez cientos de miles de años en concordancia con los niveles de terrazas y abanicos. Se piensa que éste es el origen más probable, en vista de que sobre la cuenca del río Sucio o sus afluentes no se encuentra ningún otro piedemonte local con tantos niveles de terrazas. Otra interpretación de la génesis de este ambiente local tendría que ver con tectónica reciente, como si se hubiesen producido levantamientos sucesivos en el sector, pero esto último no explica la ausencia de tantos niveles de terrazas en partes más altas de la cuenca.

Sobre éste paisaje, se diferenciaron los siguientes tipos de relieve: Abanicos fluviotorrenciales (Pa), localizados en la zona de transición entre la montaña y la planicie aluvial del piedemonte. Un segundo tipo de relieve plano a ligeramente inclinado, representado por terrazas, que se numeran secuencialmente a partir del nivel del río de acuerdo con su altura ( $T_{3n}$  a  $T_n$ ), desarrolladas sobre depósitos aluviales y aluviotorrenciales, producto de las descargas del río Sucio y las quebradas provenientes de la zona montañosa hacia el río, producidas por depositación de tipo torrencial y aluvial. Un caso particular lo constituye el depósito de vertiente del barrio J. H: White, que fue formado por un movimiento en masa.

No existen investigaciones específicas sobre edades de perfiles típicos de suelos en la Cordillera Occidental y en consecuencia, la edad de los depósitos se asume en este trabajo por analogía con otros que se han llevado a cabo en la Cordillera Central, en especial en el Valle de Aburrá, donde genéricamente se ha encontrado que los perfiles de suelo de los horizontes A y B se desarrollan aproximadamente a 1 cm por cada mil años, en tanto que el perfil de meteorización lo hace a 1 cm por cada 10.000 años.

**Abanicos Fluviotorrenciales (Pa):** Los abanicos aluviales o conos de deyección se forman en las zonas con disminución brusca de las pendientes de un cauce, permitiendo la depositación de material sobre la zona más plana, formando una disposición radial a partir del ápice o punto donde se presenta el quiebre de pendiente. Los abanicos forman planicies con inclinaciones que dependen del material transportado por el cauce, a mayor pendiente, mayor es la cantidad de sólidos contenidos en el fluido que arrastra el material. Para efectos de su descripción, los abanicos se subdividen en este trabajo por el posible cauce que los formó y en orden descendiente de altura sobre el cauce actual, lo que implica mayor edad de formación.

*Abanicos de la quebrada Desmontadora (Pad):* Aunque los depósitos más antiguos originados por la quebrada Desmontadora no conservan su forma original debido a la fuerte incisión de la que han sido objeto, se reconocen básicamente por la composición y textura del material que conforma el respectivo depósito y por su pendiente natural, mayor de 5° en dirección al río Sucio. El origen de la mayoría de ellos se debió a avenidas torrenciales provocadas por bloqueos del cauce con posterior ruptura del dique, lo que se deduce de su composición, pues en todos los casos más del 90% de los bloques y clastos pertenecen a un solo tipo de roca, bien sea limolitas o basaltos.

- *Abanico de la loma - Guillermo Madrid (Pad<sub>3</sub>).* Este abanico se encuentra localizado al Suroeste del casco urbano, sobre la margen derecha de la quebrada se asienta el barrio Guillermo Madrid, mientras que en la margen izquierda se encuentra todavía sin ningún proceso urbanístico, la altura sobre el nivel del río

Sucio es de por lo menos 80 m. Su tamaño debió ser por lo menos diez veces mayor, pero los procesos de degradación natural del paisaje a través de miles de años lo erosionaron y sólo quedan como remanentes, en la margen izquierda una planicie con un escalón intermedio y una inclinación del orden de  $6^\circ$ , con una longitud aproximada de 900 m y tal vez 70 m., de ancho en promedio; mientras que en la margen derecha se construyó el barrio ya citado. El escalón intermedio divide dos planos inclinados que representan dos fases múltiples de depositación diferentes pero sus depósitos respectivos no muestran diferencias significativas que justifiquen separarlos. Cada fase de depositación muestra por lo menos 5 ó 6 episodios torrenciales de depositación y el conjunto parece ser de un espesor considerable, del orden de 20 m o más, tal como se puede observar en su escarpe hacia la carretera Dabeiba . Mutatá, donde se aprecian numerosos rodados derivados de él, que conforman un depósito de Talus (caída de bloques de roca), de al menos 60 m de extensión.



**Figura 3-9.** Depósito del abanico de La Loma . Barrio Guillermo Madrid

El material que lo compone consiste de un 30% de bloques de roca sub-angulares a redondeados y con meteorización superficial, de tamaños decimétricos a métricos, dispersos en una matriz de gravas, arenas y limos casi totalmente meteorizados a una matriz areno-arcillosa de color pardo amarillo a pardo rojizo. El perfil de meteorización y suelos se describe más adelante, su madurez permite asignarle una edad de centenares de miles de años, en vista de que el Horizonte C-VI, tiene por lo menos 40 cm de espesor.

La pendiente del depósito y la disposición (estructura), caótica de los bloques y clastos indican un ambiente de formación por avenidas torrenciales viscosas, posiblemente de origen sísmico o por inestabilidad de vertientes, que son las causas más probables de los abanicos de mayor pendiente.

- *Abanico del barrio Guerra Serna (Pad<sub>2</sub>)*. Este abanico, al igual que el anterior, se compone de dos niveles incisados en grado similar, que entre sí no tienen mucha diferencia en el tiempo de haberse formado, dado el parecido en su estado de meteorización. Los bloques decimétricos a métricos se encuentran meteorizados superficialmente, en tanto que los tamaños menores que guijarros ya se encuentran integrados a la matriz como limos arcillosos de color ocre rojizo a pardo, lo cual se muestra en la Figura 3-10. Aunque su perfil de meteorización es más delgado que el de La Loma, también debe tener centenares de miles de años. Cabe anotar, que durante el trabajo de campo se observaron bloques decimétricos caídos desde los taludes cortados sobre el depósito, lo que genera una amenaza para las viviendas localizadas inmediatamente abajo de ellos, amenaza que es válida para todos los depósitos.



**Figura 3-10.** Depósito del Abanico del Barrio Guerra Serna, se observa estructura caótica y descomposición de los guijarros. Longitud del martillo, 28 cm.

*Abanico del cementerio (Pad<sub>1</sub>)*. Se localiza al W de la cabecera y sobre su margen izquierda está construido el Cementerio municipal, mientras que en la derecha, sobre una porción de menor tamaño, existe una pequeña agrupación de viviendas. El depósito es bastante complejo y la columna estratigráfica revela por lo menos cuatro pulsos diferentes de avenidas torrenciales, todas ellas con alta viscosidad, dada su estructura caótica, lo que indica su origen por bloqueo del cauce y ruptura del dique respectivo. No hay horizontes de perfil de meteorización bien desarrollados y solamente se aprecia en su depósito, meteorización superficial de los bloques, clastos y guijarros, mientras que los fragmentos tamaño grava o menores, ya se van integrando a la matriz. Por la razón anterior y de acuerdo al desarrollo de los horizontes A y B de suelo, se le asigna una edad de decenas de miles de años.



**Figura 3-11. Depósito que conforma la parte inferior del abanico del Cementerio**

*Abanico actual (Pado).* El abanico actual de la quebrada La Desmontadora se extiende desde el puente que conduce al Barrio Guerra Serna hasta el río Sucio, formando una pendiente relativamente suave, del orden de  $6^\circ$  y sobre él se encuentran construidas obras de infraestructura urbana como la plaza de mercado, además de numerosas construcciones de carácter mixto, comercio con vivienda y viviendas simples. Sobre sus márgenes se pueden observar por lo menos dos depósitos de barras torrenciales, el más reciente de ellos, el de 1993, con numerosos bloques decimétricos y métricos de basaltos y diabasas que resaltan sobre las márgenes. El depósito más antiguo parece haberse formado antes de la ocupación de este sector de la población, tal vez más de 100 años y sus bloques se encuentran parcialmente enterrados según se muestra en la Figura 3-12.

Mediante la reconstrucción de la avenida torrencial de 1993, utilizando las evidencias que se encontraron en el cauce, como huellas en árboles y altura de las barras torrenciales como se muestra en la Figura 3-13, se pudo determinar que el área mojada máxima al entrar al casco urbano durante el evento de 2003 fue de aproximadamente  $65 \text{ m}^2$ .

***Abanico de la Quebrada Cantarrana (Paco):*** A pesar de que no se encontraron afloramientos representativos de los depósitos de esta quebrada debido a que el proceso de urbanización lo ha invadido hasta su ápice, ésta quebrada forma un pequeño abanico que resalta ligeramente la topografía del conjunto urbano hasta aproximadamente 80 m de su ápice en dirección al río Sucio, formado al mismo tiempo de la terraza de Dabeiba (Pts2), aparentemente por flujos con baja cantidad de agua, tal vez resultado del lavado continuo de movimientos en masa que obstaculizaron el cauce. El tamaño de su cuenca

(1.35 km<sup>2</sup>), y en consecuencia su bajo caudal, indican que el tránsito de una avenida torrencial de magnitud importante es baja, pero ante un bloqueo de cauce por un movimiento en masa se pueden generar flujos que representen un peligro importante para las viviendas más próximas al ápice que han invadido su cauce mayor. En la Figura 3-14 se muestra un ejemplo de invasión del cauce de la Quebrada Cantarrana.

A mediano y largo plazo, se debe diseñar un proyecto de retiros del cauce que restituya al menos la capacidad hidráulica para un período de 100 años de recurrencia, la densificación de vivienda que estén incluidas en los retiros hidrológicos se debe evitar mediante medidas de planeación urbana a corto plazo.



**Figura 3-12. Bloques superficiales de barra torrencial depositados en 1993 sobre otra barra más antigua con bloques enterrados. Ápice del abanico actual de la quebrada Desmontadora.**

**Abanico de la Quebrada Seca (Paso):** El caso de esta quebrada es similar al de su vecina, la quebrada Cantarrana, tanto en origen como en edad del depósito, aunque su área de cuenca es ligeramente mayor (1.52 km<sup>2</sup>), el flujo de agua es bastante reducido tal vez por infiltración del agua por debajo del abanico. El proceso de urbanización del cauce mayor es idéntico, por lo que las recomendaciones son las mismas.

**Abanico del Caño del Caracol (Paa):** La morfología de su ingreso a la zona urbana muestra una pendiente relativamente alta, mayor de 10°, lo que sugiere uno o varios flujos de tierra y escombros antiguos que se podrán repetir si el deterioro de la cuenca no se controla con arborización. La cuenca de este cauce seco tiene un área muy reducida, menor de 15 hectáreas, lo que no debería representar mayor peligro por avenidas torrenciales sobre el casco urbano. Pese a lo anterior, se encuentran dos movimientos en masa activos en el escarpe de la terraza T<sub>15</sub> que durante episodios de lluvia fuerte arrastran alta cantidad de sólidos al cauce y han provocado algunos problemas de inundación en parte de los predios del Hospital local.



Figura 3-13. Tronco de árbol sin corteza, arrancada por el flujo de escombros y lodo de 1993.



Figura 3-14. Invasión del cauce de la quebrada Cantarrana

**Abanicos de las Quebradas San Antonio y La Clara (Pasc):** Estas dos quebradas, localizadas al Norte del sector central de la población, convergían antiguamente unos 400 m aguas arriba de su desembocadura actual al río Sucio y entre ambas, aunque con predominio de la San Antonio, formaron un sistema de conos aluviales que muestra en la actualidad al menos 3 niveles diferentes, los cuales se describen a continuación:

*Abanico del barrio San Antonio (Pasc1):* Este abanico, depositado en ambas márgenes de las quebradas La Selva y La Clara, está siendo objeto de la urbanización más reciente de Dabeiba. Su depósito respectivo muestra un flujo de escombros y lodo, de granulometría relativamente fina (guijarros), con ocasionales bloques (menos del 10%), donde casi todo el material (70%) se compone de arcillolitas grises angulares, soportadas por una matriz de limos (20%), también de color gris. La composición y estructura interna caótica con una burda estratificación, indican un origen a partir de un movimiento en masa que fue arrastrado en pulsos continuos por caudales altos de agua.

El horizonte A es inmaduro y solamente alcanza 10 a 15 cm de espesor, contiene un alto porcentaje de gravas frescas, mayor del 35%; no existe Horizonte B, lo que en conjunto indica que el depósito es relativamente reciente, tal vez menor de los 10.000 años. Superficialmente presenta ligeras ondulaciones de menos de 50 cm, de profundidad, a manera de cauces de incisión originadas un poco después de su depositación, debido a la acción de aguas de escorrentía combinada con su alta permeabilidad causada por la baja proporción de arenas y limos.



**Figura 3-15. Depósito de flujo de escombros del barrio San Antonio**

El cauce actual de las quebradas sobre este abanico es amplio, con una profundidad (incisión), de 4.5 m suficiente para transitar creciente de más de 50 veces su caudal normal, que sólo sería excedido en el caso de un represamiento por bloqueo del cauce, como consecuencia de un movimiento en masa en la parte alta de la cuenca y su posterior arrastre.

*Abanico Alto de la Quebrada San Antonio - La Clara (Pasc2):* Este abanico, el mayor de la zona urbana, es quizás la mejor área de expansión urbana futura del Municipio. Se localiza unos 30 m, por encima del anterior, es a su vez uno de los más antiguos, su incisión es del orden de 30 a 35 m, donde los cauces de las quebradas lo cortan por su parte occidental. Al igual que el del barrio San Antonio, forma una pendiente entre 6 y 8° en dirección al río y su génesis es similar, aunque

los horizontes de suelo muestran mayor madurez, con un A de 20 cm y un B de 12 a 15 cm. El depósito contiene una mezcla de bloques frescos de basaltos en baja proporción, menos del 10% y guijarros de limolitas grises con matriz arenosa meteorizada.

*Abanico de La Selva (Pasc3):* Se le asignó este nombre por su localización dentro de la finca La Selva, este depósito se encuentra únicamente en la margen derecha de la quebrada La Clara y se encuentra altamente incisado, con bordes ya redondeados por erosión laminar. De la parte plana solamente restan unas pocas áreas con superficie menor a una hectárea, el depósito correspondiente se compone de bloques redondeados de basaltos parcialmente meteorizados, flotantes en una matriz meteorizada de guijarros de limolitas. Los horizontes A y B son similares a los del abanico del barrio Guerra Serna, por lo tanto su edad se asume similar.



**Figura 3-16. Abanico alto de la Quebrada La Clara (Pasc2), visto desde la parte central de la cabecera Municipal**

***Depósito de vertiente del barrio J.H. White (Pdvw):*** El barrio citado se encuentra sobre un depósito compuesto de cantos centimétricos y en menor proporción decimétricos de limolitas grises, soportados por una matriz limo-arcillosa también de color gris, con meteorización avanzada. Su origen como depósito de vertiente se deduce de su estructura y pendiente superficial opuesta a la dirección del río.

***Terrazas:*** Los sistemas de terrazas existentes en la zona están asociados casi exclusivamente a los ríos Sucio y Urama o a la quebrada El Pital. La sucesión más completa de ellas se encuentra inmediatamente aguas abajo de la confluencia de los ríos Sucio y Urama, sobre ambas márgenes del Sucio, donde es posible observar más de 17 niveles diferentes de terrazas, la más altas de ellas son más antiguas que los niveles más altos de conos de la quebrada Desmontadora. Debido a su abundancia y carácter repetitivo, las más antiguas se describen grupalmente.

**Terrazas del Río Sucio (Pts):** Las terrazas del río Sucio, de acuerdo con los depósitos observados, tienen orígenes mixtos aluviales y torrenciales, tal como lo denotan las estructuras de sus depósitos, algunos de ellos caóticos, pero predominan los más ordenados, compuestos por clastos centimétricos a decimétricos que rara vez alcanzan más de 50 cm de diámetro. Lo anterior se explica por el alto caudal del río Sucio, luego de su confluencia con el Urama, que diluye parcialmente los fluidos viscosos que ingresan a su cauce, tal como en el caso del depósito formado en 1970 que muestra apenas una estructura de clastos redondeados y angulares, flotantes en matriz de finos que alcanza a constituir menos del 40% de la masa total, según se muestra en la Figura 3-17. Por la abundancia de niveles de terraza, se puede inferir que desde hace centenares de miles de años han existido condiciones especiales de inestabilidad en sus márgenes que han aportado material suficiente en forma de pulsos, es decir, condiciones similares a las del actual Revenidero, se han mantenido a lo largo de mucho tiempo, lo que se explica tal vez por las condiciones de trituramiento de los macizos rocosos, debidas a las numerosas fallas que atraviesan por esa zona.



**Figura 3-17. Depósito formado en 1970 por la ruptura del dique del Revenidero en la margen del casco urbano de Dabeiba.**

*Terrazas Pts<sub>17</sub> a Pts<sub>15</sub>:* Este grupo de terrazas se encuentra a mayor altura que el abanico torrencial de La Loma. Guillermo Madrid, de 80 a 100 m. de altura sobre el río, se observan hacia la parte alta del filo donde se localiza el Batallón del Ejército, conocido también como Alto Bonito, donde forman superficies topográficamente planas, sin urbanizar en la actualidad. Los bordes de los escarpes se presentan redondeados, con excepción de aquellos sitios donde se aprecian cicatrices de movimientos en masa antiguos a subrecientes. Los depósitos respectivos se encuentran casi totalmente meteorizados, tanto los bloques que son en su mayoría de tamaños menores a 20 cm. de diámetro, como la matriz que se ha convertido en una masa limo-arcillosa de color pardo rojizo, lo que indica su edad mayor que los depósitos ya mencionados.

*Terrazas Pts<sub>10</sub> a Pts<sub>14</sub>:* Esta agrupación de terrazas se encuentra en la loma del Batallón y las inferiores también se pueden observar en la margen opuesta, sobre la vía a Urama, tienen una altura intermedia entre los abanicos de los barrios Guillermo Madrid y Guerra Serna, es decir, entre 45 y 70 m sobre el nivel del río. Los perfiles de meteorización y de los horizontes A y B de suelo son similares a los de los depósitos mencionados.

*Terrazas Pts<sub>5</sub> a Pts<sub>9</sub>:* Las terrazas que corresponden a este grupo se encuentran localizadas al oriente y norte de la parte central del municipio, su nivel se ubica entre el del barrio Guerra Serna y el del abanico del Cementerio. En ellos se encuentran varios desarrollos urbanos como los barrios El Chino (Pts<sub>9</sub>), Pablo VI (Pts<sub>9</sub>), La Arenera (Pts<sub>7</sub>), El Paso . Buenos Aires (Pts<sub>6</sub>) y Santander (Pts<sub>5</sub>). Una franja adicional se encuentra sobre el talud de la vía a Mutatá.

Los depósitos se componen de estratos discontinuos de gravas gruesas y cantos hasta de 30 cm de diámetro, en su mayor parte subredondeadas, con guijos de areniscas, basaltos y rocas silíceas, rodeados de una matriz areno- limosa oxidada. La estructura muestra más un carácter torrencial que aluvial, tal como se aprecia en la Figura 3-18.



**Figura 3-18. Depósito torrencial de la Quebrada El Pital en el Ancianato Municipal.**

El perfil de suelos muestra un Horizonte A inmaduro, con más de 20 cm. de espesor y abundantes guijarros de roca fresca, lo que indica un origen con aporte coluvial por erosión laminar en el lindero superior, puesto que no existe Horizonte B bien definido. Un caso particular se aprecia en la terraza del barrio El Chino, Ancianato, donde se alternan las terrazas del río Sucio con depósitos torrenciales de la quebrada el Pital, estos últimos caracterizados por la abundancia relativa de bloques decimétricos de diabasas, lo cual se muestra en la Figura 3-19.



**Figura 3-19. Perfil de suelo en la Terraza Pts5**

*Terrazas Pts 2,3,4:* Son los niveles sobre los cuales está construida la mayor parte de la población, la más alta de ellas es la que alberga los barrios La Cancha y La Arenera, mientras que la Pts2 está ocupada por la parte central de la población. Los perfiles de suelos muestran un Horizonte A inmaduro, a la vez que el B es prácticamente inexistente Figura 3-20. Su edad aparentemente es menor a 10.000 años (Holoceno). Los contactos tangenciales entre los clastos sugieren un ambiente de depositación aluvial antes que torrencial, muy pocos de ellos son angulares, lo que refuerza la hipótesis de su origen.



**Figura 3-20. Terrazas del Río Sucio**

**Terrazas del río Urama:** El río Urama presenta un caudal ligeramente menor que el Sucio y también posee su propio sistema de terrazas, pero ellas no se presentan en la abundancia del segundo, lo que indica que su historia torrencial es menor, pues parece que dentro de su cuenca no existe una situación similar a la del Revenidero. Las terrazas del Urama no alcanzan a formar sino tres niveles importantes que se describen con menor detalle que las del río Sucio debido a su menor importancia para la amenaza por avenidas torrenciales de la cabecera municipal de Dabeiba. Esta última aseveración se evidencia también en la confluencia de ambos ríos, donde el Urama no forma terrazas de importancia.

Aún las terrazas más bajas muestran suelos de mayor madurez que sus equivalentes en altura de las del río Sucio. Solamente aguas abajo de la quebrada Chimiadó, sobre la margen derecha se observa un barra torrencial relativamente reciente (decenas de años), con probable origen en éste afluente, según se muestra en la Figura 3-21. No existen más barras torrenciales en las terrazas bajas cercanas a su desembocadura al río Sucio, lo que parece indicar que no hay afluentes inmediatos en los primeros kilómetros aguas arriba de la quebrada Chimiadó que hayan formado flujos recientes.



**Figura 3-21. Terraza Ptu2 del río Urama, en el primer plano se observan bloques de roca de barra torrencial de la quebrada Chimiadó**

*Terraza superior (Ptu3).* Este nivel se presenta en ambas márgenes, aproximadamente a 12 m. sobre el cauce actual del río y parece corresponder al nivel Pts8 del río Sucio. Presenta un horizonte A de casi 30 cm de espesor y un B de 15 cm., también muestra un perfil de meteorización incipiente en el horizonte C, que no sobrepasa los 10 cm. Los clastos se encuentran frescos, mientras que la matriz se encuentra parcialmente oxidada y meteorizada, la estratificación es burda, lenticular y discontinua, lo que parece indicar aportes de afluentes cercanos, tales como las quebradas Chimiadó y Playones.

*Terraza Intermedia (Pt<sub>u2</sub>):* La altura de esta terraza sobre el nivel del río es de aproximadamente 8 m, y se muestra en la Figura 3-21, su estructura caótica muestra por lo menos tres pulsos sucesivos de tipo torrencial más o menos contemporáneos. Los horizontes de suelos A y B son más delgados que la anterior y parecen corresponder a la Pts5.

*Terraza inferior (Pt<sub>u1</sub>):* Tiene una altura de unos 5 m y horizonte A de suelo pobremente desarrollado, similar a la Pts<sub>2</sub>, con algunos limos que cubren el A, lo que indica que es inundable, tal vez por la estrechez del fondo del río en este sitio. Por debajo de ella existen dos niveles de T<sub>0</sub> que se inundan con mayor frecuencia, pero no muestran barras torrenciales, lo que se puede interpretar como un indicativo reciente (decenas de años), de no torrencialidad.

**Terrazas de la Quebrada El Pital (Ptp):** Esta quebrada define aproximadamente el extremo oriental de la zona urbana y suburbana de Dabeiba. A lo largo de su cuenca muestra una serie de por lo menos tres niveles de terrazas, con depósitos caóticos de bloques decimétricos flotantes en matriz de gravas en proceso de meteorización que revelan el carácter torrencial que ha tenido, pero la más baja de ellas se encuentra a altura mayor de 3 m, sobre el nivel actual de la quebrada, lo que implica que son bastante antiguos, de decenas de miles de años.

Un caso especial lo constituye la llanura de inundación actual que presenta una barra torrencial reciente, tal vez de hace menos de 10 años, de acuerdo con la vegetación presente en el lecho mayor y la apariencia superficial de los bloques de roca arrastrados, desafortunadamente durante el trabajo de campo no se encontró ninguna persona que pudiera dar información concreta sobre el evento. Una imagen de esta terraza se presenta en la Figura 3-22. Por su carácter torrencial, sus dimensiones reducidas y lo escarpado de sus vertientes hacia el cauce, susceptibles a movimientos en masa, se considera que no deben ser utilizadas para fines urbanos futuros.



**Figura 3-22. Depósitos del fondo del valle de la quebrada El Pital, se aprecian los bloques depositados recientemente por una avenida torrencial menor**



**Figura 3-23. Terrazas del fondo del valle del río Sucio.**

#### *3.4.2.3.1 Paisaje aluvial de fondo de valle (PtT)*

Este tercer tipo de relieve, separado de manera arbitraria para efectos de este trabajo, está conformado por los depósitos aluviales asociados al cauce mayor del río Sucio, localizados en la zona de transición entre el piedemonte y el cauce o llanura de inundación del río, que forman los niveles más bajos de terrazas (To y T<sub>1</sub>). La incisión es mínima, lo que refleja la dinámica reciente en los alrededores de la cabecera municipal, el desnivel entre ellas es de aproximadamente 2 m y la más baja se encuentra solamente unos 50 cm encima del nivel de aguas medias del Sucio. Ninguno de los dos niveles presenta horizontes A ni B de suelo, lo que revela su formación reciente y su susceptibilidad a inundaciones, con períodos de recurrencia menores de 50 años, sin contar con los represamientos del Río Sucio. Aguas abajo de la población, sobre la margen derecha se puede encontrar un nivel adicional intermedio, igualmente inundable.

La existencia del peligro latente de represamiento del río Sucio en el Revenidero obliga a considerar este nivel como no apto para la construcción de vivienda, desafortunadamente sobre él se han construido los barrios Obrero, Víctor Cárdenas y La Ponzona, sobre los cuales habrá que hacer un plan de reubicación a corto, mediano y largo plazo. La aptitud de uso debe ser solamente para infraestructura liviana como zonas recreativas.

**Escarpes de depósitos (Pe):** Todos los depósitos anteriormente descritos han sido parcialmente erosionados en sus bordes, tanto por el cauce mismo después de su depositación como por erosión superficial o movimientos en masa posteriores y forman superficies inclinadas desde verticales hasta ángulos relativamente bajos, del orden de 20°. Considerando su pendiente y génesis, no tienen aptitud para el uso urbano, por el contrario, se deben guardar retiros en su borde inferior, evitando los cortes o banqueos para evitar fenómenos de caídas de rocas como los que han ocurrido en el barrio Guerra Serna y en su borde inferior para evitar el crecimiento de las viviendas hacia él.

Otros ejemplos de desprendimientos de bloques de rocas se pueden observar en la salida hacia Uramita y en la salida hacia Mutatá como se muestra en la Figura 3-24. Un resumen de las características de los depósitos aluviales se muestra en la Tabla 3-11.



**Figura 3-24. Caídas de roca desde el escarpe de depósito, salida hacia Uramita**

**Tabla 3-11 Carácter y órdenes de edades aproximadas de los depósitos en inmediaciones de Dabeiba**

<b>Nombre</b>	<b>Carácter</b>	<b>Rango de Edad (años)</b>
La Loma - Guillermo Madrid Pad3	Torrencial	Centenares de miles
Barrio Guerra Serna Pad2	Torrencial	Centenares de miles
Cementerio Pad1	Torrencial	Decenas de miles
Abanico Actual Pad0	Torrencial	Decenas
Quebrada Cantarrana Pac0	Torrencial	Cientos
Quebrada Seca Pas0	Torrencial	Cientos
Caño del Caracol Paa0	Torrencial	Decenas
San Antonio Pasc1	Torrencial	Decenas de miles
Alto La Clara San Antonio Pasc2	Torrencial	Decenas de miles
La Selva Pasc3	Torrencial	Centenares de miles
Barrio J.H. White Pdw	Mov. En Masa	Decenas de miles
Río Sucio Pts17 a Pts15	Torrencial	Centenares de miles
Río Sucio Pts10 a Pts14	Torrencial	Centenares de miles
Río Sucio Pts5 a Pts9	Torrencial	Decenas de miles
Río Sucio Pts2,3,4	Torrencial	miles
Río Sucio Pts0,1	Torrencial	decenas
Río Urama superior	Torrencial	Decenas de miles
Río Urama intermedia	Torrencial	Miles
Río Urama inferior	Torrencial	decenas
El Pital	Torrencial	Decenas de Miles
Fondo del valle río Sucio	Torrencial	decenas

#### 3.4.2.4 Procesos morfodinámicos

Durante las visitas de campo efectuadas a la zona de estudio se llevó a cabo la identificación de fenómenos de remoción relacionados con procesos de socavación lateral por incidencia de la corriente del Río Sucio y de la Quebrada La Desmotadora. En esta sección se presenta el recuento del inventario de procesos realizado de acuerdo con las fichas de inventario diligenciadas y que se adjuntan en el Anexo D, mientras que la localización de estos procesos se presenta en el plano F-3 incluido en el Anexo F.

##### 3.4.2.4.1 Quebrada Desmotadora entre Cra 10 y Cra 11

En ambos costados de la Quebrada Desmotadora entre la Carrera 10 y 11, entre las abscisas K0+440 y K 0+540 se aprecia la existencia de fenómenos de socavación lateral que afectan a los depósitos de abanico y terraza allí presentes. De acuerdo con el mapa de geomorfología y procesos presentado en el Anexo B, en este sector se encuentran a la derecha de la quebrada depósitos de terrazas fluvio torrenciales del Río Sucio (Pts2) y a la izquierda depósitos de abanicos torrenciales actuales de la Quebrada Desmotadora (Pad0) con espesores de entre 2 y 3 m aproximadamente.

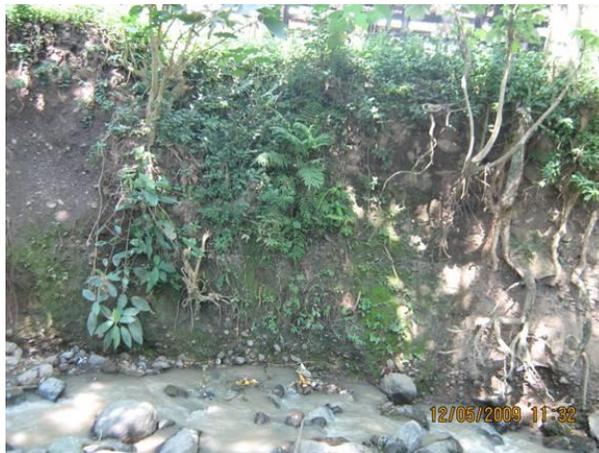
Respecto a la composición de los depósitos afectados, se puede indicar que éstos están conformados por bloques, cantos y gravas gruesas de forma subredondeada y sub angular en una matriz areno- limosa oxidada. En la Figura 3-25 se presenta el aspecto del fenómeno de socavación lateral referido, del cual debe indicarse que si bien se ha producido por el continuo paso de las aguas por la pata del depósito, hasta el momento no ha generado fenómenos de inestabilidad locales; solamente se ha dado la ocurrencia de procesos puntuales de caídas de tierra y detritos debido a la pendiente casi vertical de la terraza y a la composición del depósito, los cuales no han afectado a los cerramientos de edificaciones que se encuentran en las márgenes de la quebrada.



**Figura 3-25. Depósito afectado por socavación lateral Quebrada Desmotadora entre Carreras 10 y 11 municipio de Dabeiba**

#### 3.4.2.4.2 Margen izquierda Quebrada Desmotadora entre Cra 9 y Cra 10

En el costado izquierdo de la Quebrada Desmotadora entre las Carreras 9 y 10 sector del matadero municipal, entre las abscisas K0+500 y K0+520, se presenta un fenómeno de socavación lateral que afecta el depósito de abanico torrencial actual de esta quebrada (Pad0); el depósito en este sector presenta un espesor cercano a los 4 m. En la Figura 3-26 se presenta una imagen del depósito afectado.



**Figura 3-26. Depósito afectado por socavación lateral Quebrada Desmotadora entre Carreras 9 y 10 municipio de Dabeiba**

El depósito de abanico torrencial de la Quebrada Desmotadora presenta una pendiente suave y está compuesta por cantos y gravas gruesas de forma subredondeada y sub angular en una matriz limo-arenosa. Este fenómeno de socavación lateral se ha producido por el continuo paso de las aguas de la quebrada por la pata del depósito y no ha generado fenómenos de inestabilidad locales aparte de caídas de tierra y detritos. La ocurrencia de los procesos puntuales de inestabilidad y erosión que se dan en este sitio se han originado por la pendiente vertical de la terraza la composición del depósito. No se observó afectación a estructuras cercanas debido a estos procesos.

#### 3.4.2.4.3 Margen derecha Río Sucio sector Hacienda San Antonio y margen izquierda sector puente vehicular

En la margen derecha del Río Sucio en el sector de la Hacienda San Antonio situada aguas arriba del puente vehicular existente y en la margen izquierda del río en el sector del puente vehicular se aprecia la existencia de fenómenos de socavación lateral que afectan a los depósitos terrazas fluvio torrenciales allí presentes. De acuerdo con el mapa de geomorfología y procesos presentado en el Anexo B, en este sector se encuentran a la derecha del Río depósitos de terrazas fluvio torrenciales del Río Sucio (Pts 1,2,3) con espesores de hasta unos 12 m y a la izquierda depósitos de abanicos torrenciales actuales de la Quebrada Desmotadora (Pad0) con espesores de entre 5 y 9 m aproximadamente.

**Margen derecha sector Hacienda San Antonio:** El Río Sucio a su paso por el sector del Barrio La Playita presenta una ampliación de la sección de flujo y a partir del sitio en que se localiza el puente vehicular se observa un estrechamiento de la misma, además de un cambio en la dirección del flujo. En el paso por el sitio de la Hacienda San Antonio, que corresponde al sector en que la sección de flujo se amplía, la corriente se recarga hacia la margen derecha y ataca la pata de la terraza fluvio torrencial existente; debido a que esta terraza en el sitio posee una pendiente casi vertical, una composición discontinua de estratos de gravas, cantos y bloques en una matriz areno-limosa, y una altura cercana a los 12m, se ha dado la ocurrencia de agrietamientos en la corona y desprendimientos que han mostrado un carácter retrogresivo. Estos desprendimientos y agrietamientos ya han llegado a afectar algunas de las construcciones que hacen parte de la hacienda.

El recostamiento de las líneas de flujo hacia la margen derecha obedece por una parte a la intervención antrópica del cauce del río por una antigua explotación de materiales del río en la margen derecha y formación de llenos en la margen izquierda en el sitio en el que se construyó el coliseo, mientras que por otra parte se da la influencia del aporte de depósitos en la desembocadura de la Quebrada La Desmotadora.

En el sector han sido construidas algunas obras de mitigación consistentes en muros en gaviones recalzados en dos a tres niveles de altura ubicados de manera paralela a la pata de la terraza, y espolones en gaviones sin recalzar de longitud y altura variables perpendiculares a la dirección de flujo en la pata de la terraza. Con estas obras se ha podido mitigar el ataque de la corriente en la pata del depósito pero se debe tener en cuenta que por la altura, pendiente y composición de la terraza, y durante eventos de crecientes es factible que se sigan presentando los agrietamientos y desprendimientos referidos y que pueden causar mayores afectaciones a la hacienda.



a) Depósito afectado y obras de protección existentes



b) Depósito y edificaciones afectadas

**Figura 3-27. Depósito afectado por socavación lateral margen derecha del Río Sucio sector Hacienda San Antonio municipio de Dabeiba**

En mayo de 2008 se llevó a cabo una visita de campo por parte de funcionarios de Corpourabá y la Alcaldía Municipal al sitio de la Hacienda San Antonio. En el correspondiente reporte se indica la necesidad de tomar medidas inmediatas en el sector para mitigar y controlar los efectos de la erosión que pone en riesgo inminente la casa y las personas que la habitan. En la Figura 3-27 se presenta el aspecto del fenómeno de socavación lateral de la margen derecha que afecta los predios de la Hacienda San Antonio.

**Margen izquierda sector Hacienda San Antonio:** Según se mencionaba anteriormente, el Río Sucio a su paso por el sector del Barrio La Playita presenta una ampliación de la sección de flujo y a partir del sitio en que se localiza el puente vehicular se observa un estrechamiento de la misma, además de un cambio en la dirección del flujo, que se recuesta hacia la margen izquierda. En el paso por el sitio en que se encuentra el puente vehicular, en el que la sección de flujo se reduce y por tanto la velocidad de la corriente aumenta, las líneas de flujo se recargan hacia la margen izquierda y atacan la pata de la terraza torrencial de la Quebrada La Desmontadora (Pad0) existente facilitando la ocurrencia de desprendimientos que han afectado varias viviendas ubicadas tanto aguas arriba como aguas abajo del puente vehicular.

Las viviendas afectadas han sufrido destrucción de muros y pisos en la parte posterior, y se observan placas en voladizo además de algunos muros y elementos de soporte de las estructuras sin apoyo alguno. En este sitio la terraza en el sitio posee una pendiente casi vertical y una altura variable entre los 5 y los 9 m, además de una composición granular en la que existen gravas, cantos y bloques en una matriz areno-limosa.

En la Figura 3-28 se muestra el aspecto de la margen izquierda con el depósito y viviendas afectadas en el sector del puente vehicular.



a) Depósito y viviendas afectadas aguas arriba del puente



b) Depósito y viviendas afectadas aguas abajo del puente

**Figura 3-28. Depósito y viviendas afectadas por socavación lateral margen izquierda del Río Sucio puente vehicular municipio de Dabeiba**

En la pata de la terraza en este sitio se encuentran acumulaciones de cantos y bloques de roca que sirven como protección para mitigar el ataque de la corriente, aunque dada la pendiente y composición del depósito durante eventos de crecientes es posible que se presente socavación lateral. Otros aspectos negativos que pueden facilitar la degradación del depósito y las consiguientes afectaciones a las edificaciones corresponden a un posible aporte de aguas desde las viviendas afectadas, algunas de las cuales siguen habitadas aunque sea parcialmente y a la falta de cobertura de la cara libre del depósito.

#### *3.4.2.5 Sectores intervenidos con obras de protección*

A lo largo de las márgenes del Río Sucio y de la Quebrada La Desmontador a en varios sectores existen obras de contención o de protección, a lo cual se hará referencia en esta sección.

##### *3.4.2.5.1 Margen izquierda de la Quebrada La Desmontadora entre Carreras 10 y 11*

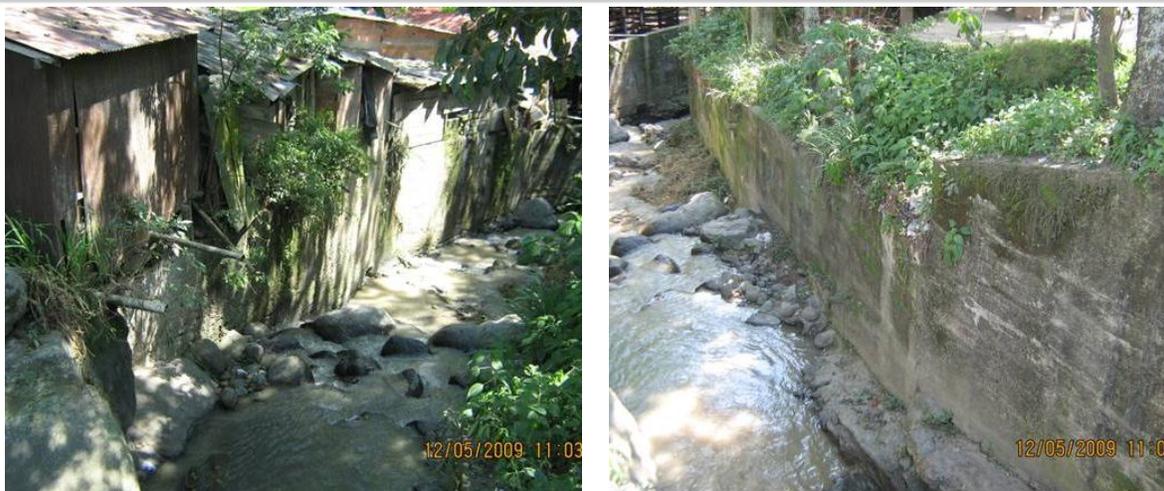
En este sector se encuentran varios muros en concreto de baja altura que se han dispuesto para evitar la socavación de la pata de los depósitos y proteger las partes posteriores de varios predios, de acuerdo con lo que se muestra en la Figura 3-29.

##### *3.4.2.5.1 Margen derecha e izquierda de la Quebrada La Desmontadora entre Carreras 9 y 10*

Aguas abajo del pontón en el cruce de la Quebrada La Desmontadora con la Carrera 10 se encuentran en ambos márgenes muros en concreto de baja altura que se han dispuesto para evitar la socavación de la pata de los depósitos, según se muestra en la Figura 3-30.



**Figura 3-29. Muros de concreto margen izquierda de la Quebrada La Desmontadora entre Carreras 10 y 11**



**Figura 3-30. Muros de concreto margen izquierda de la Quebrada La Desmontadora entre Carreras 9 y 10**

#### 3.4.2.5.2 *Margen derecha Río Sucio sector Barrio Víctor Cárdenas*

Fue construido un muro en concreto para protección de una de las manzanas del Barrio Víctor Cárdenas, en el costado derecho del Río Sucio. Esta obra se muestra en la Figura 3-31 y se puede apreciar que en general se encuentra en buen estado aunque presenta alguna socavación en la base y requiere protección de su cimiento.

#### 3.4.2.5.3 *Margen derecha Río Sucio aguas abajo del puente colgante peatonal*

En este sector se encuentran muros en concreto ciclópeo y en gaviones recalzados, los cuales han sido construidos para proteger las viviendas que quedan sobre la Carrera 11. En la Figura 3-32 se muestra el aspecto de estas obras, que presentan socavación en la base y por tanto requieren de que se establezca una protección adecuada.



**Figura 3-31. Muro de concreto margen derecha Río Sucio Barrio Víctor Cárdenas**



**Figura 3-32. Muros en concreto y gaviones recalzados margen derecha Río Sucio aguas abajo del puente colgante**

#### 3.4.2.5.1 Margen izquierda Río Sucio entre Calles 9 y 10

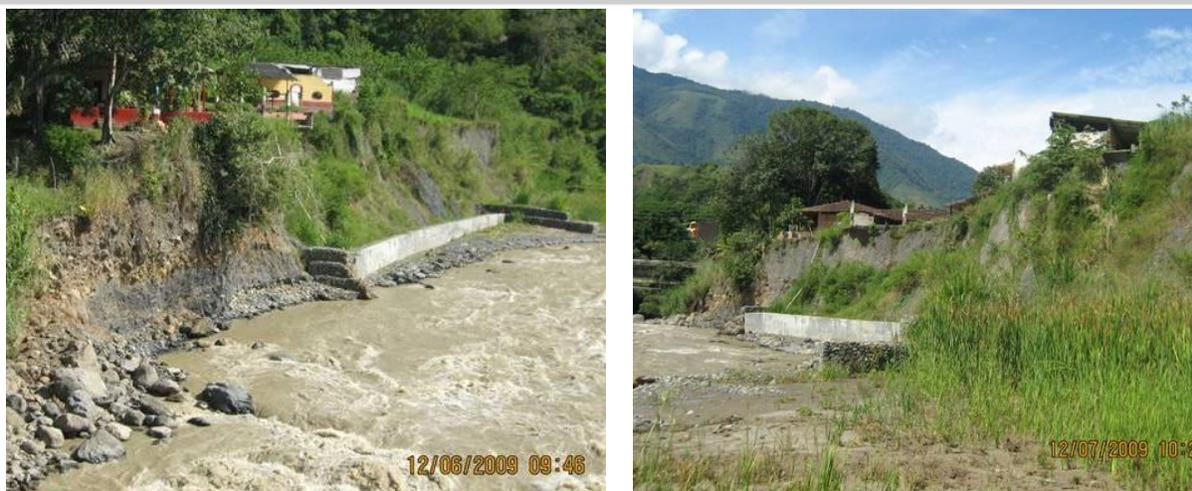
De acuerdo con lo mostrado en la Figura 3-33, se construyeron muros en gaviones para proteger las viviendas que se encuentran sobre esta margen del río entre las Calles 9 y 10, obras que se encuentran en buen estado.

#### 3.4.2.5.1 Margen derecha Río Sucio sector Hacienda San Antonio

En este sector, mostrado en la Figura 3-34 han sido construidas algunas obras de mitigación consistentes en muros en gaviones recalzados en dos a tres niveles de altura ubicados de manera paralela a la pata de la terraza, y espolones en gaviones sin recalzar de longitud y altura variables perpendiculares a la dirección de flujo en la pata de la terraza.



**Figura 3-33. Muro en gaviones margen izquierda Río Sucio entre Calles 9 y 10**

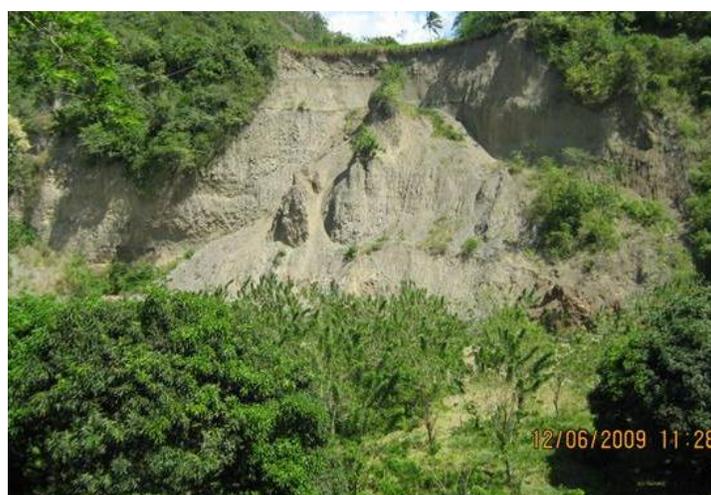


**Figura 3-34. Muro y espolones en gaviones margen izquierda Río Sucio sector Hacienda San Antonio**

#### 3.4.2.6 Otros procesos

En esta sección se describen otros procesos no relacionados directamente con el objeto del presente estudio observados durante las visitas de campo.

**Margen derecha Río Sucio sector Barrio Pablo VI:** En este sector, que corresponde aproximadamente al sector K0+280 de acuerdo con el abscisado de los análisis hidráulicos, se encuentra un proceso que afecta un depósito de gran altura de composición granular, según se muestra en la Figura 3-35.



**Figura 3-35. Sector afectado margen derecha Río Sucio sector Barrio Pablo VI**

Se aprecia el ataque de la corriente del Río Sucio en la pata de la ladera, y que este aspecto sumado a la composición de los materiales presentes y a la alta pendiente de la

ladera se pueden considerar causantes del fenómeno; adicionalmente se aprecia que la falta de cobertura vegetal de la ladera y la composición del suelo hacen que se encuentre expuesta a procesos erosivos. Este proceso no afecta viviendas ni infraestructura urbana del municipio ya que se encuentra en la margen opuesta a la ocupada por el Barrio Pablo VI. Sin embargo se menciona este proceso ya que la ocurrencia de un fenómeno de remoción en masa en este sitio puede llegar a obstruir el cauce del Río Sucio y por lo cual es conveniente que se haga seguimiento a su evolución.

**Parte alta del Cañón del Caracol:** En la visita de campo se pudo apreciar que el cauce del Cañón del Caracol se encuentra casi seco y de acuerdo con lo indicado anteriormente se encuentran dos movimientos en masa activos en el escarpe de la terraza T<sub>15</sub> que durante episodios de lluvia fuerte arrastran alta cantidad de sólidos al cauce y han provocado algunos problemas de inundación en parte de los predios del Hospital local. Se pueden mencionar como causas de estos fenómenos la alta pendiente de las laderas, la composición y la falta de cobertura de los materiales presentes. En la sección 3.4.2.3.1 se hace referencia a los abanicos del Cañón del Caracol, a la Quebrada Cantarrana y de la Quebrada seca que corresponden a corrientes torrenciales que afectan a la zona urbana.



Figura 3-36. Parte alta Cañón del Caracol

## 3.5 HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

### 3.5.1 Recopilación y análisis de la información existente

#### 3.5.1.1 Cartografía

En el Instituto Geográfico Agustín Codazzi se obtuvieron planchas a escala 1:100000 y 1:25000, que cubren las áreas de las cuencas vertientes que drenan hacia el río Sucio. Sobre la cartografía se delimitaron las cuencas vertientes de las corrientes principales que son afluentes al río Sucio y a la población de Dabeiba. La información cartográfica se complementó con visitas de campo (diagnóstico) y con levantamientos topográficos del río Sucio a su paso por la población de Dabeiba, detallando los sitios más bajos (susceptibilidad alta a inundación).

### 3.5.1.2 Hidrometeorología

En el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales . IDEAM, se investigó la información hidrometeorológica existente en la zona y se encontró que no existe información meteorológica en la zona de influencia del proyecto, con respecto a la información hidrológica se ubico una estación limnigráfica en la población de Dabeiba, denominada Dabeiba2. Las principales características de esta estación se muestran en el cuadro No 1, y los registros Mensuales, y anuales se condensan en el Anexo C-1.

**Tabla 3-12. Características principales de las estaciones hidrometeorológicas seleccionadas**

Nombre	Tipo de estación	Latitud	Longitud	Elevación	Municipio
Dabeiba 2	LG	7° 00'	76° 16'	650 msnm	Dabeiba

Fuente: IDEAM 2008

La red de estaciones hidroclimatológicas en la zona de estudio tiene un cubrimiento escaso, razón por la cual existe sólo una estación hidrológica en la zona de influencia del estudio, debido a lo anterior, la información secundaria de la zona será de gran importancia para la descripción del régimen espacial y temporal de la precipitación y el cálculo de los parámetros de diseño de las estructuras hidráulicas.

### 3.5.1.3 Fuentes secundarias

La información hidrológica se complemento con un estudio regional del departamento de Antioquia elaborado por la Universidad Nacional de Colombia . sede Medellín, publicado por la Secretaria de Obras Públicas del departamento de Antioquia y por atlas geográfico Antioquia Características Geográficas elaborado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Esta cartilla presenta una serie de procedimientos y metodologías hidrológicos orientados a definir los caudales de diseño en estructuras viales en Antioquia. A pesar de tener una orientación hacia los aspectos hidrológicos del diseño de vías, los procedimientos presentados se podrían usar en cualquier aplicación en Antioquia que requiera definir los caudales máximos asociados a cierto periodo de retorno. Igualmente sus fundamentos teóricos son generales y estos procedimientos, teniéndose la información requerida y debidamente calibrados, se podrían usar en muchas otras regiones de Colombia.

Debido a que en términos generales la información hidrológica en Colombia y Antioquia es muchas veces escasa o inexistente, y casi nunca está disponible donde se requiere (donde hay que hacer el diseño), los métodos o procedimientos presentados en la cartilla son métodos orientados al cálculo hidrológico en condiciones de escasez o falta de información.

La cartilla fue publicada en el año 1997, sin embargo los coeficientes encontrados en los modelos de estimación de caudales máximos mantienen una regularidad estadística en el tiempo, razón por la cual pueden ser usados con la información hidrológica actualizada en la zona de estudio.

### 3.5.2 Caracterización Climática Regional

#### 3.5.2.1 Precipitación

Con el fin de establecer el régimen pluviométrico espacial y temporal de la precipitación sobre la zona de influencia del municipio de Dabeiba, se usaron los estudios regionales del departamento de Antioquia.

De acuerdo con los estudios regionales el municipio de Dabeiba se encuentra en la zona de transición de precipitación entre los intervalos 2000 . 2500 mm y 2500 . 3000 mm, los periodos de máxima lluvia ocurren en los meses de mayo y octubre y los periodos de baja precipitación ocurren en los periodos diciembre . marzo y junio . julio.

#### 3.5.2.2 Precipitación de Corta Duración: Curvas de Intensidad, -Duración y Frecuencia

Las curvas Intensidad . Frecuencia . Duración (IFD) son una de las herramientas más importantes para el diseño de estructuras hidráulicas, especialmente en zonas donde no existen registros históricos de caudales que hacen necesario el uso de modelos de lluvia . escorrentía en donde el principal parámetro de entrada es la intensidad.

Las curvas Intensidad . Frecuencia . Duración (IFD) se obtuvieron por la metodología de regionalización de los parámetros de las curvas de la cartilla de hidrología del departamento.

#### 3.5.2.3 Metodología de regionalización de los parámetros de las curvas

Las curvas Intensidad . Frecuencia . Duración se ajustaron a una ecuación de la forma:

$$i = \frac{kT_r^m}{(c + d)^n}$$

Donde:

k, m, c, n : Parámetros

i : Intensidad en mm/h

Tr : Período de retorno en años

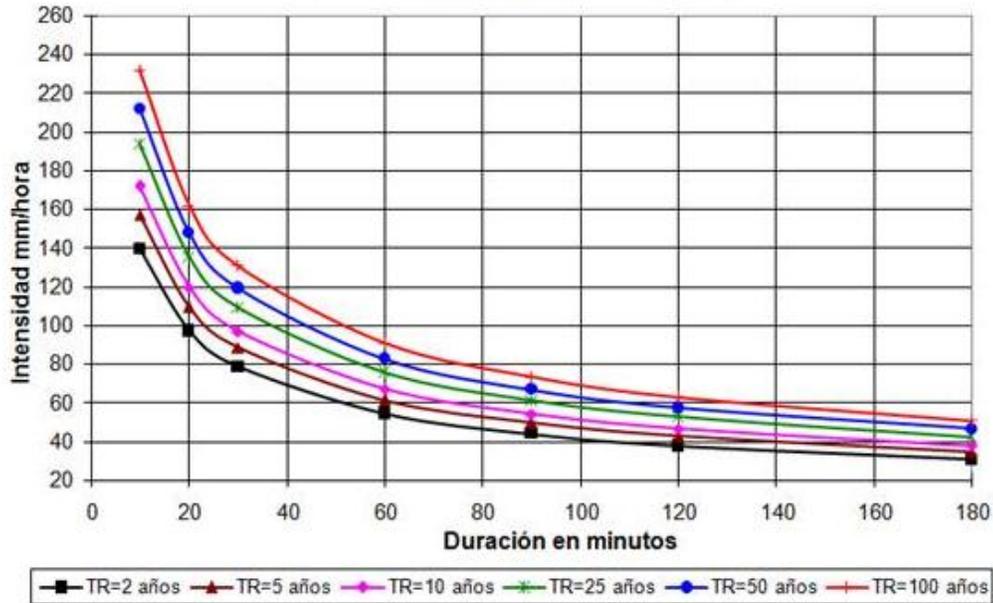
D : Duración en minutos

La información meteorológica en la zona de estudio es muy pobre, sin embargo el sitio se encuentra cerca a las zonas 14 y 17, se seleccionó la zona 17 por tener intensidades mayores, que garantiza diseños más confiables dado la gran incertidumbre que existe en el sitio de estudio, la ecuación regional es la siguiente:

$$i = \frac{437T_r^{0.13}}{(0.25 + d)^{0.53}}$$

Con esta ecuación regional se construyeron las curvas IFD que muestran en la Figura 3-37.

**CURVA I-D-F REGIONALIZADA ZONA 17**



**Figura 3-37. Curvas IDF, metodología de regionalización**

#### 3.5.2.4 Isoyetas Medias Mensuales

El régimen espacial de la precipitación en el municipio de Dabeiba es de aproximadamente 3800 mm a 4000 mm, estos valores se obtuvieron de la Cartilla de Hidrología de la Gobernación de Antioquia, según la cartilla de hidrología, el municipio de Dabeiba, se encuentra en una de las zonas de alta precipitación del departamento de Antioquia, según se muestra en la Figura 3-38.

#### 3.5.2.5 Evapotranspiración

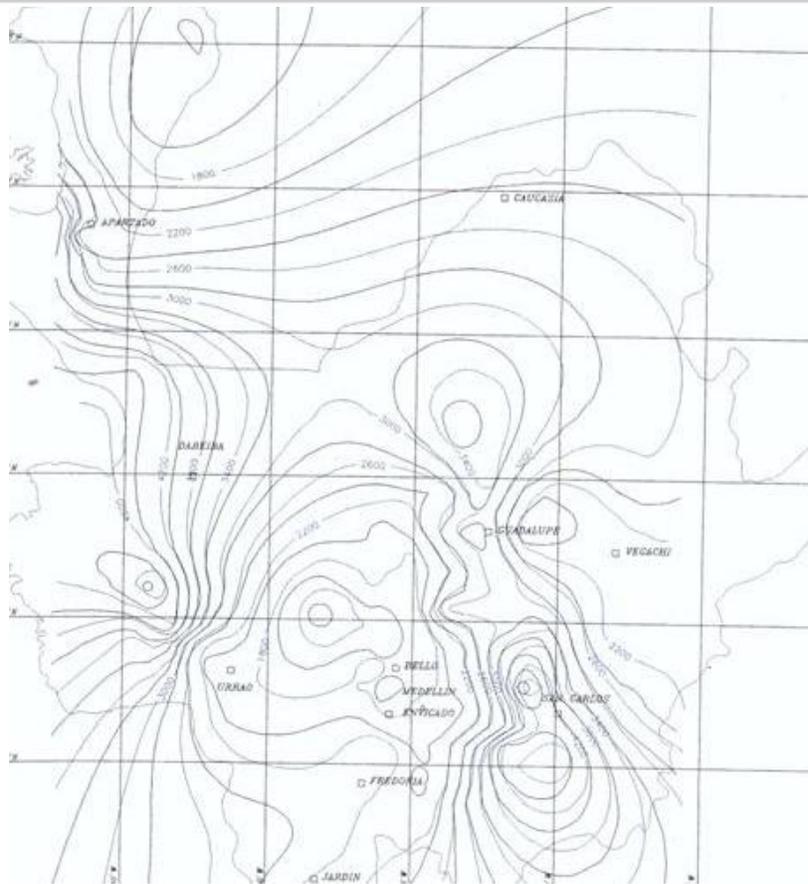
De acuerdo con el método de Thornthwaite, la población de Dabeiba regionalmente tiene valores de evapotranspiración potencial entre 1200 mm a 1000m.

#### 3.5.2.6 Temperatura

Regionalmente la población de Dabeiba se encuentra ubicada en la zona donde la temperatura oscila entre 25°C y 22°C, en esta zona se presenta un incremento de temperatura en los meses de marzo a abril, así mismo hay una disminución de temperatura media mensual en los meses de septiembre a noviembre.

#### 3.5.2.7 Brillo Solar

La variable brillo solar media multianual regionalmente presenta un intervalo de 1300 horas a 1700 horas, en el municipio de Dabeiba.



Fuente Hidrología de Antioquia, Secretaria de obras públicas

**Figura 3-38. Isoyetas de precipitación promedio total multianual**

#### 3.5.2.8 Clasificación climática de la zona de estudio

La zonificación climática establece conjuntos homogéneos de condiciones climáticas para poder definir las regiones según el clima y contempla aspectos básicos como temperatura, precipitación y evapotranspiración, considerándolos en forma integral.

La clasificación resulta de integrar la propuesta metodológica de Caldas, que contempla la variación altitudinal de la temperatura, y la relación resultante de dividir evapotranspiración potencial (ETP), entre la precipitación (P), que le confiere el carácter húmedo de la propuesta de clasificación.

De acuerdo con la regionalización realizada por el IGAC el sitio de estudio corresponde a la zona Cálido Húmedo que tiene las siguientes características:

- El índice (ETP/P), varía entre 0.97 . 0.52.
- Presenta un intervalo altitudinal que va desde los 1 msnm a 1000 msnm.
- La precipitación promedio multianual fluctúa entre los 1600 mm y 3600 mm.
- La temperatura media multianual oscila entre los 22.8 °C a los 28.5°C.

- La evapotranspiración potencial (ETP) registra valores entre 1100 mm a 2150 mm.
- Se presenta excesos de humedad total anual que varía entre 160 mm y 1800 mm.
- El déficit de humedad total anual varía entre 0 y 500 mm.

### 3.5.3 Análisis de caudales

El análisis de caudales se realizó con la estación limnigráfica Dabeiba 2 ubicada en la población de Dabeiba, la series histórica de caudales tiene una longitud de 41 años (1965 . 2005), operada por el Ideam.

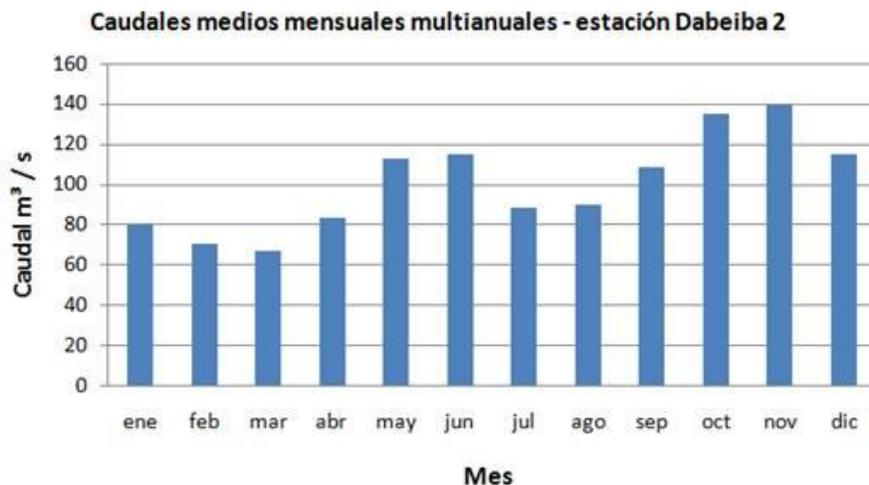
#### 3.5.3.1 Caudales medios mensuales multianuales

Para observar el régimen temporal de los caudales que pasan en la población de Dabeiba se construyó un diagrama de barras con los valores medios mensuales multianuales, la gráfica se presenta en la Figura 3-39.

En la Figura 3-39 se puede observar que el régimen temporal de caudales es bimodal con dos periodos de valores de caudales altos entre mayo . junio y septiembre . diciembre, valores bajos de caudales en los periodos enero . abril y mayo . junio, coincidiendo con el comportamiento regional de las precipitaciones; el caudal medio multianual es aproximadamente 100 m<sup>3</sup>/s.

#### 3.5.3.2 Caudales máximos

La finalidad principal de los estudios hidrológicos de caudales máximos es la determinación del caudal de diseño requerido para ulteriores trabajos de planificación (determinación de zonas inundables) o de dimensionado de infraestructuras (presas, encausamientos, terraplenes, etc), para el determinar los caudales de diseño se usó la metodología de muestreo sobre series de máximos anuales que son los más sencillos y los más comúnmente utilizados.



**Figura 3-39. Caudales mensuales multianuales Ë Estación Dabeiba 2**

Se basan generalmente en el ajuste de un modelo probabilístico al caudal máximo anual, en el caso de emplear series anuales de máximos caudales ( $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ ), se asume que estas series constituyen muestras aleatorias de una población cuya variable  $Q$  sigue una distribución  $\text{Prob}(Q \leq q) = F(q)$ . El valor de la variable con una probabilidad de ser superada  $1/T$  se dice que tiene periodo de retorno  $T$  y denominado  $Q_T$  este valor resulta  $1 - F(Q_T) = 1/T$ .

En hidrología se utilizan un gran número de leyes teóricas de distribución de probabilidades como son, entre otras las distribuciones normal o de Laplace . Gauss; Lognormal o de Galton; Fuller; Gamma; Pearson tipo I y tipo II; Gumbel; Goodrich y Weibull. Las más habitualmente utilizadas corresponden a las distribuciones de Gumbel, Log Pearson III, Lognormal y Fuller o exponencial.

Todas estas funciones de distribución probabilísticas presentan dos o tres parámetros que pueden ser estimados por diferentes métodos (mínimos cuadrados, momentos, máxima verosimilitud, máxima entropía etc). Las hipótesis en el análisis de frecuencias son: independencia, estacionaridad y homogeneidad para verificar estas hipótesis se usan las pruebas no paramétricas de Wald . Wolfowitz (W-W) y Mann . Whitney (M . W), adicionalmente se hace una prueba de valores extremos (outliers).

Al aplicar estas pruebas a la serie histórica de caudales de la estación Dabeiba 2, se encontró que los datos no cumplen con la hipótesis de independencia, cumple con la hipótesis de homogeneidad y estacionaridad, y no tiene valores extremos (outliers).

Como la serie histórica de caudales de la estación Dabeiba 2, no cumple con la hipótesis de independencia, lo que significa que la serie no constituye una muestra para ser ajustada a una distribución de probabilidad, entonces se debe usar otro método estadístico o hidrológico para la estimación de los caudales máximos anuales con periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 y 100 años.

Para estimar los caudales máximos anuales se seleccionó un método de análisis regional denominado índice de creciente que extrapola información estadística de eventos de escorrentía para análisis de frecuencia de crecientes, a partir de cuencas instrumentadas, a cuencas no instrumentadas cercanas que posean características hidrológicas similares.

Este método supone que la curva de crecimiento de la avenida  $\frac{Q(T)}{Q_m}$  (donde  $Q(T)$  es el caudal de período de retorno  $T$  y  $Q_m$  es la media de los caudales anuales máximos) es una característica regional, y sin embargo, el valor de  $Q_m$  se determina a partir de los datos específicos de lugar. La curva de crecimiento se determina por análisis frecuencial regional de las series de índices de avenida (caudal anual máximo dividido por la media de los caudales anuales máximos) y por la determinación de  $Q_m$  a partir de observaciones locales o de formulas que tienen en cuenta las características geométricas de la sección transversal de flujo del río o quebrada.

En la cartilla hidrológica del departamento de Antioquia se encuentran las curvas regionales de las 15 zonas en las que se dividió el departamento, cada zona tiene dos curvas, una curva corresponde a la probabilidad de no excedencia  $F_X(x)$  vs  $Q/Q_{2.33}$  mientras que la otra curva corresponde a la probabilidad de no excedencia  $F_X(x)$  vs  $Q/A$ ,

su uso depende de la disponibilidad de los datos necesarios y del grado de precisión del estudio (asociado al coeficiente de correlación).

### 3.5.3.3 Estimación de Caudales río Sucio

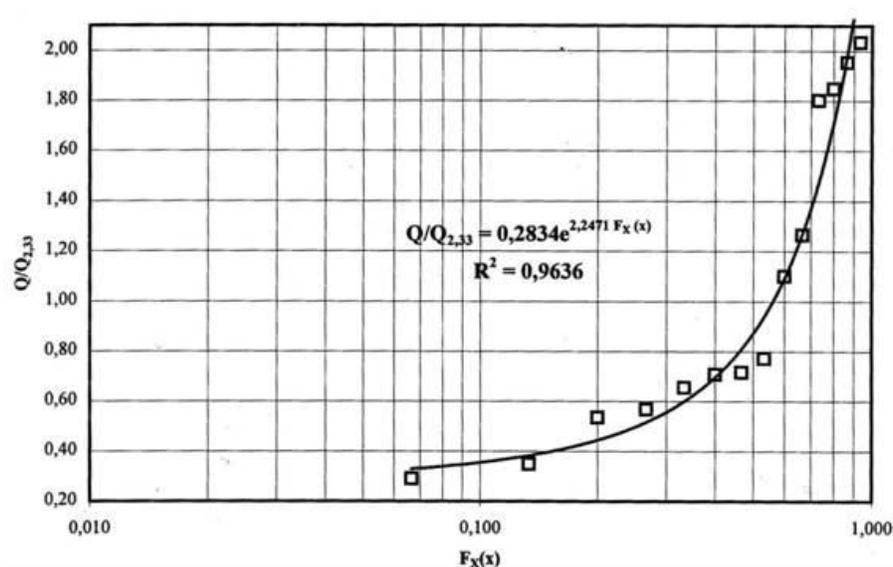
El caudal medio máximo multianual se estimó a partir de los valores de caudal máximo de la serie histórica de la estación Dabeiba 2 y se obtuvo un valor aproximado de 300 m<sup>3</sup>/s. Para estimar los valores extremos de crecientes se identificó el río Sucio como perteneciente a la zona del Urabá Antioqueño y se escogió la curva regional de frecuencia que relaciona la probabilidad de no excedencia  $F_X(x)$  vs  $Q/Q_{2.33}$  por que se dispone del caudal máximo medio y además porque esta curva posee el mayor coeficiente de correlación, según se muestra en la Figura 3-40.

Como puede observarse en la figura 1.3, la ecuación regional para la zona del Urabá Antioqueño es la siguiente:

$$\frac{Q}{Q_{2.33}} = 0.2834e^{2.2471 F_X(x)}$$

Donde  $F_X(x)$  es función del periodo de retorno,  $Q$  es el caudal a estimar de acuerdo al periodo de retorno y  $Q_{2.33}$  es el caudal máximo promedio calculado a partir de la serie histórica de valores de caudal máximo.

A partir de la ecuación de la Figura 3-40 se estimaron los caudales máximos para los diferentes periodos de retorno, en la Tabla 3-13 se resumen los resultados obtenidos para el Río Sucio.



Fuente Hidrología de Antioquia, Secretaria de obras públicas

**Figura 3-40. Curva regional de frecuencia para la zona del Urabá antioqueño**

**Tabla 3-14. Estimación de los caudales máximos del Río Sucio por el método del índice de avenida**

Periodo de retorno T	Probabilidad de no excedencia $F_X(x)$	$Q/Q_{2.33}$	Q
2.33	0.571	1.02	306
5	0.800	1.71	513
10	0.900	2.14	642
25	0.960	2.45	735
50	0.980	2.56	768
100	0.990	2.62	786

Fuente: Los consultores

#### 3.5.3.4 Estimación de caudales máximos quebrada La Desmontadora

El caudal medio máximo multianual se estimó a partir de la ecuación regional para departamento de Antioquia (cartilla hidrológica del departamento de Antioquia) que es una función potencial del área de la cuenca, cuya expresión es la siguiente:

$$Q_{2.33} = 2.4225A^{0.7183}$$

El área de la cuenca es aproximadamente 6.2 km<sup>2</sup>, que al reemplazar en la anterior ecuación se obtiene un caudal máximo promedio aproximado de 9 m<sup>3</sup>/s. Para estimar los valores extremos de crecientes se identificó que la quebrada La Desmontadora pertenece a la zona del Urabá Antioqueño y se escogió la curva regional de frecuencia que relaciona la probabilidad de no excedencia  $F_X(x)$  vs  $Q/Q_{2.33}$  por que se dispone del caudal máximo medio y además porque esta curva posee el mayor coeficiente de correlación, ver Figura 3-40.

A partir de la ecuación de la Figura 3-40 se estimaron los caudales máximos para los diferentes periodos de retorno, en la tabla 1.3 se resumen los resultados obtenidos para la quebrada La Desmontadora.

**Tabla 3-15. Estimación de los caudales máximos de la Quebrada La Desmontadora por el método del índice de avenida**

Periodo de retorno T	Probabilidad de no excedencia $F_X(x)$	$Q/Q_{2.33}$	Q
2.33	0.571	1.02	9.18
5	0.800	1.71	15.39
10	0.900	2.14	19.26
25	0.960	2.45	22.05
50	0.980	2.56	23.04
100	0.990	2.62	23.58

Fuente: Los consultores

Los anteriores caudales serán usados para obtener los niveles máximos de agua y las velocidades de flujo en las riberas del río Sucio y la quebrada La Desmontadora usando el software HECRAS que es información fundamental para la categorización de la amenaza por inundación.

### 3.6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las características y propiedades mecánicas del suelo en el sitio del proyecto, se realizaron actividades de exploración del subsuelo que consistieron principalmente en la ejecución de apiques con equipo manual y recuperación de muestras alteradas e inalteradas, así como ensayos de campo y laboratorio. En esta sección se presenta el tipo de exploración del subsuelo realizada, el tipo de ensayos de campo y laboratorio, y el análisis de la información obtenida. Se presenta una descripción del comportamiento de las propiedades principales de los diferentes suelos encontrados en cada punto de exploración, y con base en esto, se define el perfil geotécnico representativo del sitio de estudio, así como las condiciones y parámetros geomecánicos que serán utilizados en análisis posteriores.

#### 3.6.1 Exploración del subsuelo

Teniendo en cuenta las características geológicas del sitio, se proyectó la ejecución de apiques manuales, distribuidos convenientemente en el área de estudio. Lo anterior con el objeto de obtener la información geotécnica necesaria para conocer la distribución lateral y en profundidad de los diferentes tipos de materiales que componen los depósitos existentes, y recuperar muestras inalteradas y alteradas para realizar los ensayos de laboratorio. Adicionalmente, se realizaron pruebas de laboratorio para clasificación y obtener parámetros de resistencia que permitan conocer el comportamiento de los materiales existentes.

##### 3.6.1.1 Apiques manuales

En total se realizaron doce (12) apiques manuales con muestreo con profundidades entre 1.10 y 2.20 m en sectores próximos al Río Sucio y la Quebrada La Desmotadora, localizados tal como se muestra en la Tabla 3-16 y en la Figura 3-41.

**Tabla 3-16. Localización y profundidad de los apiques realizados**

Sondeo	Prof (m)	Río	Ubicación	Coordenadas (m)	
				Este	Norte
ApD-1	1.20	Q. Desmotadora	Cra 11 con Cll 13, MD Quebrada	1089362	1266238
ApD-2	1.50	Q Desmotadora	Sector Matadero, MD Quebrada	1089604	1266248
ApD-3	1.10	Q Desmotadora	Sitio descarga Río Sucio, MI Quebrada	1089650	1266315
ApD-4	1.20	Río Sucio	MI Río Sucio salida a Mutatá	1089156	1266526
ApD-5	1.50	Río Sucio	MI Río Sucio entre Cll 12 y 13	1089505	1266431
ApD-6	1.20	Río Sucio	MD Río Sucio sector Barrio La Selva	1089469	1266376
ApD-7	1.30	Río Sucio	MD Río Sucio sector Hda San Antonio	1089793	1266493
ApD-8	1.50	Río Sucio	MD Río Sucio sector Hda San Antonio	1089750	1266447
ApD-9	1.40	Río Sucio	MD Río Sucio sector puente colgante	1089927	1265952
ApD-10	1.40	Río Sucio	MI Río Sucio Cll 9 con Cra 9	1089848	1266046
ApD-11	1.40	Río Sucio	MD Río Sucio sector B Víctor Cárdenas	1090339	1265830
ApD-12	2.20	Río Sucio	MI Río Sucio sector B La Arenera	1090648	1265775



Figura 3-41. Planta general de localización de los apiques en el área de estudio

Considerando la composición parcialmente granular de los materiales encontrados en la zona de estudio, la cual no permite la recuperación de muestras inalteradas, en cada punto se tomaron muestras alteradas en bolsa, las cuales fueron utilizadas para hacer descripción visual y ensayos de clasificación. En el Anexo D se presentan el resumen de las propiedades geotécnicas y la estratigrafía encontradas.

#### 3.6.1.2 Pruebas de Campo

En este caso, tomando en cuenta que los materiales presentes poseen gravas y cantos que no permiten una adecuada realización de pruebas de penetración estándar SPT, no fueron realizadas estas pruebas de campo para determinar de forma aproximada la variación de resistencia del suelo. Debido a esto la caracterización de los materiales encontrados en los apiques se hizo con base en los resultados de las pruebas efectuadas a las muestras alteradas obtenidas.

#### 3.6.2 Ensayos de laboratorio

Para determinar las propiedades de los materiales encontrados, se realizaron ensayos de caracterización física como humedad natural, límites de consistencia líquido y plástico, lavado sobre tamiz No 200 y granulometría, y ensayos de resistencia al desgaste para la fracción gruesa de los suelos. En la Tabla 3-17 se relaciona la cantidad de ensayos ejecutados.

**Tabla 3-17. Tipo y cantidad de ensayos de laboratorio realizados**

TIPO DE ENSAYO	APIQUES MANUALES						TOTAL
	ApD-1	ApD-2	ApD-3	ApD-4	ApD-5	ApD-6	
Humedad Natural	1	1	1	1	1	1	
Limites de Consistencia	1	1	1	1	1	1	
Lavado Tamiz No. 200	-	-	-	-	-	-	
Granulometría	1	1	1	1	1	1	
Resistencia al desgaste	-	1	-	-	-	-	
TIPO DE ENSAYO	ApD-7	ApD-8	ApD-9	ApD-10	ApD-11	ApD-12	TOTAL
Humedad Natural	2	1	2	1	1	1	14
Limites de Consistencia	2	1	2	1	1	1	14
Lavado Tamiz No. 200	2	-	-	-	-	-	2
Granulometría	-	1	2	1	1	1	12
Resistencia al desgaste	-	-	1	-	-	-	2

En el ANEXO D se presenta la tabla resumen y los ensayos de laboratorio ejecutados.

### 3.6.3 Caracterización geomecánica

En el sitio de estudio en la zona aledaña al cauce de la Quebrada La Desmontadora se encontraron gravas de color café y gris con arcillas, limos y arenas, materiales que poseen contenido de humedad bajo a medio, y fracción fina no plástica o de baja plasticidad; en estos materiales se encontraron bloques de roca de forma subredondeada y subangular de hasta 2 m de diámetro.

En los apiques realizados en la zona aledaña a la Quebrada La Desmontadora no se encontró el nivel freático. En la Figura 3-42 y en la Figura 3-43 se muestran los aspectos de los materiales encontrados en la Quebrada La Desmontadora y el Río Sucio respectivamente.



**Figura 3-42. Aspecto de los depósitos encontrados en la Quebrada La Desmontadora**



**Figura 3-43. Aspecto de los depósitos encontrados en la zona aledaña al Río Sucio**

Por otra parte, en la zona aledaña al cauce del Río Sucio, se encontraron gravas de color café y gris con limos y arenas, y en la zona próxima a la Hacienda San Antonio se encontraron arenas limosas de color gris; en los materiales mencionados se encontraron contenidos de humedad bajos a medios y fracción fina no plástica o de baja plasticidad. En estos materiales se encontraron cantos y bloques de roca de forma subredondeada y subangular. El nivel freático solamente fue encontrado en los apiques ApD-7 a 1.10 m de profundidad y en el apique ApD-12 a 2.20 m de profundidad.

### **3.6.3.1 Descripción de las propiedades geotécnicas encontradas**

A continuación se presenta una descripción detallada de las propiedades geotécnicas encontradas en la exploración del subsuelo, para los materiales existentes en el área de estudio.

**- Humedad natural y límites de consistencia:** En el sector aledaño a la Quebrada La Desmontadora se encontraron gravas de color café y gris con arcillas, limos y arenas, materiales que poseen contenido de humedad bajo a medio, y fracción fina no plástica o de baja plasticidad. En estos materiales el contenido de humedad se encuentra entre el 7 y 12% con un promedio de 10%. El límite líquido de la fracción fina varía entre el 0 y 28% con un promedio de 18%, y el límite plástico varía entre el 0 y el 21% con un promedio de 12%, por lo que se aprecia que la fracción fina de estos materiales se encuentra en estado semisólido.

Por otra parte, los suelos encontrados en sectores adyacentes al Río Sucio corresponden a gravas de color café y gris con limos y arenas, además de arenas limosas de color gris; en estos materiales se encontraron contenidos de humedad entre el 3 y el 28% con un valor medio del 12%, y la fracción fina en la mayor parte de los casos no presenta plasticidad aunque en los apiques ApD-5 y ApD-8 se encontraron valores del límite líquido entre el 28 y el 30% y límite plástico entre el 19 y el 20%.

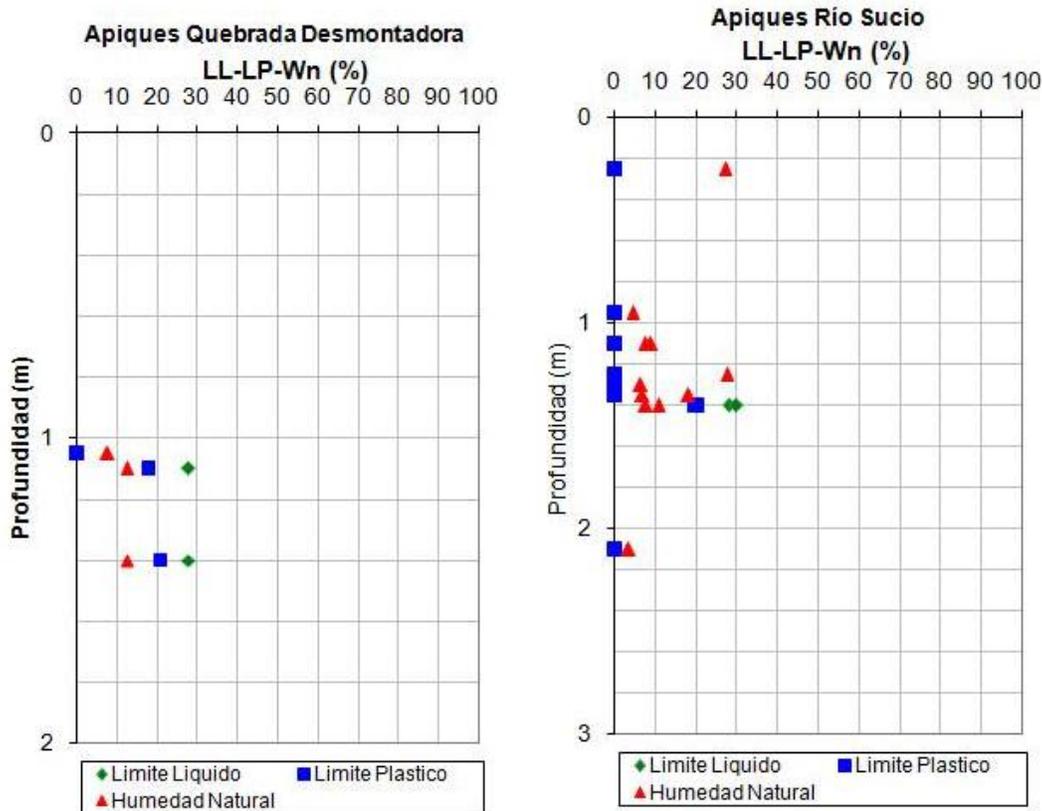


Figura 3-44 Variación de la humedad natural y los límites de consistencia en función de la profundidad.

De acuerdo con la carta de plasticidad de Casagrande, los ensayos efectuados muestran que la fracción fina se clasifica principalmente como arcillas de baja plasticidad (CL) y limo (ML). En la Figura 3-44 se aprecian graficas de variación del contenido de humedad, limite líquido y limite plástico en función de la profundidad, para los apiques realizados. Con respecto al contenido de humedad, se puede apreciar que se encuentra entre el 5 y el 28 %. De acuerdo con lo mostrado en la figura el contenido de humedad en el suelo se encuentra por debajo del límite plástico y en buena parte de los casos la fracción fina de los suelos no presenta plasticidad.

- **Características Granulométricas:** Básicamente se hace énfasis en el contenido de gravas, arenas y finos. En los suelos encontrados en la zona aledaña a la Quebrada La Desmontadora el contenido de gravas va del 50 al 75 %, el contenido de arenas se encuentra entre el 19 y el 24% y el contenido de finos se encuentra entre el 6 y el 26%. Por otra parte los suelos gravosos encontrados en el sector del Río Sucio poseen un contenido de gravas del 42 al 72%, contenido de arenas del 18 al 42% y contenido de finos del 9 al 19%, los suelos arenosos contenidos de gravas del 0 al 42%, contenidos de arenas del 44 al 84% y contenidos de finos del 8 al 29%.

### 3.6.3.2 Perfil Geotécnico promedio

De acuerdo a los resultados obtenidos en la exploración del subsuelo, los ensayos de laboratorio y las observaciones de campo, se identifica un solo tipo de material para la zona adyacente a la Quebrada La Desmontadora y dos materiales para la zona aledaña al Río Sucio.

#### **Quebrada La Desmontadora**

**Material 1. Gravas con limo y arena de color café y gris:** Corresponde a gravas con limo y arena de color café y gris con manchas de óxidos, presenta bajo contenido de humedad y fracción fina no plástica o de baja plasticidad. En la superficie se encontraron bloques de roca de hasta 2 m de diámetro; en cuanto a la condición del agua sub-superficial en el sitio de estudio, no se encontró nivel freático. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 11%
- Limite Líquido (LL): 0 al 28%
- Limite Plástico (LP): 0 al 21%
- Composición granulométrica: Gravas: 64%, Arenas: 22% y Finos: 14%

#### **Río Sucio**

**Material 1. Gravas con limo y arena de color café:** Corresponde a gravas de color café con limo y arena, presenta bajo contenido de humedad y fracción fina no plástica o de baja plasticidad. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 8%
- Limite Líquido (LL): 0 al 29%
- Limite Plástico (LP): 0 al 20%
- Composición granulométrica: Gravas: 63%, Arenas: 20% y Finos: 10%

**Material 2. Arena arcillosa de color café y gris con gravas:** Corresponde a una capa de arena arcillosa de color café oscuro y gris con gravas, presenta contenido de humedad bajo a medio y fracción fina no plástica o de baja plasticidad. Las propiedades físicas y mecánicas de este material son:

- Humedad natural ( $w_n$ ): 19%
- Limite Líquido (LL): 0 al 28%
- Limite Plástico (LP): 0 al 20%
- Composición granulométrica: Gravas: 0 al 27%, Arenas: 44 al 84% y Finos: 16 al 29%

En cuanto a la condición del agua sub-superficial en el sitio de estudio, no se encontró nivel freático en la mayor parte de los apiques y solamente fue hallado en el ApD-7 a 1.10 m y en el ApD-12 a 2.20 m.

### 3.6.3.3 Parámetros de Resistencia al Corte

Para determinar los parámetros de resistencia de las gravas arcillosas y suelos arcillosos con gravas, los cuales pueden ser empleados en análisis posteriores, se emplea en este estudio la Metodología para la evaluación de la resistencia y deformabilidad de suelos de granos gruesos con matriz arcillosa y suelos arcillosos con gravas propuesta por el Instituto de investigación Científica del Oriente del Ministerio de Construcción de la URSS (1989), metodología presentada por Fiodorov, Aminova y Schvedov.

Las características físicas básicas a partir de las que se determinan los parámetros mecánicos son la granulometría, la humedad natural de la matriz, los límites líquido y plástico de la matriz y la resistencia al desgaste de los fragmentos gruesos. Los valores de los parámetros de resistencia entregados mediante esta metodología para los suelos de interés siguiendo el esquema de corte no consolidado, se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \phi'_n &= k_1 k_\phi 37 (0.234)^{M_\tau} & \phi'_n &= k_1 k_\phi \phi_{n2} \\ C'_n &= k_2 k_p 87 M_\tau^{0.51} & C'_n &= k_2 k_p C_{n1} \\ E &= k_E k_p k_L (1/(0.088 M_\tau + 0.15 M_\tau I_p + 0.017)) \end{aligned}$$

Donde  $M_\tau$  es una constante física definida en función de la granulometría del depósito y la plasticidad de la fracción fina,  $k_1$  y  $k_2$  son coeficientes de redondez de los fragmentos, los cuales toman un valor de 1 para fragmentos angulares y su valor se halla gráficamente para fragmentos redondeados,  $k_\phi$  y  $k_E$  son coeficientes que determina la resistencia de los fragmentos rocosos dados en tablas de acuerdo con su resistencia al desgaste,  $k_p$  es un coeficiente de densidad dado en tablas y  $\phi_{n2}$ ,  $C_{n2}$  son el ángulo de fricción y la cohesión normativos, los cuales se obtienen en gráficas suministradas por el método en función de la humedad natural del suelo, los límites líquido y plástico de la fracción fina y los porcentajes de partículas gruesas y finas del suelo. Al emplear las ecuaciones planteadas en esta metodología se obtuvieron los siguientes valores:

**Tabla 3-18.** Evaluación de la resistencia y deformabilidad de suelos de granos gruesos con matriz arcillosa de acuerdo con Fiodorov, Aminova, Schvedov (1989)

Apique-Muestra	wn (%)	Gravas (%)	Arenas (m)	Finos (%)	LL (%)	LP (%)	$M_\tau$	$k_1$	$k_\phi$	$\phi'_n$ (°)	$k_2$	$k_p$	C $\phi$ (kPa)	$k_E$	$k_L$	E (kPa)
ApD1M1	12.4	67,1	22,3	10,6	27,6	17,7	0,005	0,87	0,70	22,4	0,9	0,8	4,3	0,82	1	37700
ApD2M1	12.3	50,4	23,5	26,1	27,7	20,8	-0,006	0,87	0,70	22,7	0,9	0,8	0,0	0,82	1	39600
ApD3M1	7.4	74,9	18,7	6,4	0,0	0,0	0,000	0,87	0,70	22,5	0,9	0,8	0,0	0,82	1	38600
ApD4M1	8.7	72,2	18,6	9,2	0,0	0,0	0,000	0,87	0,77	24,8	0,9	0,8	0,0	0,88	1	41400
ApD5M1	10.6	27,2	44,2	28,5	27,8	19,8	-0,004	0,87	0,77	24,9	0,9	0,8	0,0	0,88	1	42200
ApD6M1	7.3	57,4	33,1	9,5	0,0	0,0	0,000	0,87	0,77	24,8	0,9	0,8	0,0	0,88	1	41400
ApD7M1	27.0	0,0	28,8	71,2	0,0	0,0	0,000	0,87	0,77	24,8	0,9	0,8	0,0	0,88	1	41400
ApD7M2	27.5	0,0	84,0	15,9	0,0	0,0	0,000	0,87	0,77	24,8	0,9	0,8	0,0	0,88	1	41400
ApD8M1	7.6	45,0	35,4	19,2	29,8	20,3	-0,008	0,87	0,77	25,1	0,9	0,8	0,0	0,88	1	42900
ApD9M1	4.3	68,0	20,4	11,6	0,0	0,0	0,000	0,87	0,77	24,8	0,9	0,8	0,0	0,88	1	41400
ApD9M2	6.8	42,0	49,2	8,4	0,0	0,0	0,000	0,87	0,77	24,8	0,9	0,8	0,0	0,88	1	41400
ApD10M1	6.3	74,0	17,7	7,4	0,0	0,0	0,000	0,87	0,77	24,8	0,9	0,8	0,0	0,88	1	41400
ApD11M2	17.9	68,0	21,9	9,5	0,0	0,0	0,000	0,87	0,77	24,8	0,9	0,8	0,0	0,88	1	41400
ApD12M1	32	54,0	41,9	3,3	0,0	0,0	0,000	0,87	0,77	24,8	0,9	0,8	0,0	0,88	1	41400

Los valores medios de los parámetros de resistencia y deformabilidad encontrados son los siguientes:

- Gravas con limo y arena de color café y gris quebrada Desmontadora:  
 $\phi'_n = 22.5^\circ$ ,  $C_q = 0.0$  kPa,  $E = 39000$  kPa
- Gravas con limo y arena de color café Río Sucio:  
 $\phi'_n = 24.8^\circ$ ,  $C_q = 0.0$  kPa,  $E = 42000$  kPa

### 3.7 FACTOR ANTRÓPICO

#### 3.7.1 Urbanismo y catastro

El municipio en su parte urbana se ha dividido en 10 sectores: Central, Juan H White, La Arenera, La Selva, Alfonso López, Pablo VI, Bernardo Guerra, Buenos Aires, Víctor Cárdenas y La Playita.

Los procesos de asentamiento urbanos presentan sus niveles más críticos en cuatro sectores urbanos, los cuales se caracterizan por el crecimiento de asentamientos sin la dotación de servicios y sin la suficiente atención por parte de las administraciones, se ha presentado así un acelerado crecimiento urbano con características marginales, aislado de las posibilidades económicas y técnicas que realmente poseen las autoridades planificadoras. Estas características se ven reflejadas en las problemáticas de alcantarillado y salubridad principalmente.

#### 3.7.2 Vías

La conformación periférica de los sectores urbanos exigió la consolidación de una articulación vehicular con el centro de servicios, se conformó así un sistema de accesos que representan hoy un componente importante en la vida urbana con un estado deteriorado por la ausencia de pavimentos o de otro tipo de coberturas sobre las superficies de rodadura. Para el centro tradicional las condiciones son mejores por las amplias secciones en las áreas de circulación vehicular (14 y 16 m), esto hace alusión a la gran visión de ciudad y al amplio concepto urbanístico con el que fue concebido el desarrollo urbano municipal.

El aspecto vial es un factor importante con el cual se define el trazado y el desarrollo urbano de los poblados, en Dabeiba este aspecto no se encuentra estrictamente reglamentado lo que ha permitido la obstaculización a la continuidad vehicular y el empobrecimiento espacial en los sectores periféricos.

En general, las condiciones físicas de las vías urbanas son precarias, lo cual se muestra en la Figura 3-45 a excepción del sector Juan H. White el cual cuenta con un sistema de calles pavimentadas, de los 13,6 km de vías urbanas, 11,3 km que representan el 83% se encuentran sin pavimento, esto es factor que incide directamente en la calidad espacial del área urbana. Del total de las vías el 49% está conformado por accesos principales, son estos los que articulan los sectores y sobre los cuales se debe priorizar toda atención. El sector Bernardo Guerra presenta unas condiciones medias de deterioro, caso opuesto al dado para Buenos Aires donde las condiciones son las más precarias.



**Figura 3-45. Estado de las vías de deterioro en el sector Bernardo Guerra.**

El sistema vial urbano presenta como ventajas una articulación de todos los sectores internos, una articulación al sistema Nacional de Vías y a otros Megaproyectos, una amplitud en las secciones viales del centro tradicional; sin embargo, el deterioro de las vías es notorio y la ausencia de una normativa para el control del desarrollo urbano y para el respeto sobre la continuidad de los paramentos de las vías.

### **3.7.3 Manejo de aguas de escorrentía y alcantarillado**

El servicio de alcantarillado es dentro de los servicios públicos domiciliarios el que presenta menores niveles de cobertura, la problemática genera grandes conflictos que trascienden al aspecto de salud de la población, al deterioro del espacio público y a la contaminación ambiental; dentro de un panorama general se presenta a nivel urbano una cobertura técnica del 64%, en un 9% se dan sistemas alternos que si bien apoyan la cobertura, no son los más aptos como alternativa para el área urbana.

La red de evacuación del sector central del municipio cuenta en un 80% con redes nuevas, se presentan algunos conflictos por la presencia de sectores ubicados por debajo de la cota del servicio como lo dado en las áreas sobre la vía Uribe Uribe, se da también la carencia de cajas de empalme domiciliarias y se presentan desarticulaciones entre los sumideros de las vías y el sistema general de redes, las áreas no cubiertas arrojan sus descargas sobre las fuentes urbanas generando los conflictos enunciados inicialmente. Además se destaca la falta de redes en los tramos de la Selva, San Francisco, la vía a Urama y la vía entre Pablo VI Alfonso López.

El sistema de alcantarillado del área urbana se encuentra dividido por sectores, estos son; central, Bernardo Guerra, sector de los barrios Alfonso López - Pablo VI y el sector oriental que incluye los barrios Buenos Aires y Víctor Cárdenas. No existe planta de tratamiento de aguas residuales, estas son arrojadas directamente a las quebradas

urbanas y al Riosucio generando deterioro sobre el patrimonio natural y subutilización de los potenciales paisajísticos urbanos, las viviendas desarticuladas de la red, vierten por gravedad en zanjas y cauces cercanos ubicados sobre los corazones de manzana y otras áreas verdes. En la Figura 3-46 se presenta un ejemplo de vertimiento de aguas residuales en los cauces naturales cercanos a las viviendas.



**Figura 3-46. Vertimiento de aguas residuales a los cauces cercanos a las viviendas.**

Se posee un sistema combinado que además de los residuos líquidos, recoge las aguas lluvias, representando esto un conflicto potencial por el impedimento ante futuras acciones para el tratamiento de las aguas y por los posibles reboses sobre las vías con la eventuales lluvias torrenciales.

### **3.8 CARACTERIZACIÓN SOCIAL DE LA POBLACIÓN**

Las variables socioeconómicas del municipio y de la población que vive en el área de influencia directa de la amenaza por inundación en el municipio, constituye un factor importante en la evaluación de la vulnerabilidad<sup>1</sup> de la sociedad, la cual permite establecer, sobre el contexto socio . económico, la capacidad de respuesta de una sociedad amenazada<sup>2</sup>. Ante la ocurrencia de una inundación potencialmente dañina, los hogares ubicados bajo la línea de pobreza presentan una mayor dificultad para su atención y recuperación que los de altos ingresos, ya que no cuentan con los recursos

1 Probabilidad de ser dañado o herido. Se relaciona tanto con la exposición a un riesgo como a la capacidad que tiene una comunidad, hogar o persona para enfrentarlo. CEPAL, Naciones Unidas. 2002. Documento Electrónico. Vulnerabilidad socio demográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas.

2 La vulnerabilidad es compleja, multicausal y está compuesta por varias dimensiones analíticas, pues confluyen aspectos de los individuos u hogares y características económicas, políticas, culturales y ambientales de la sociedad. BUSO G. 2002. La vulnerabilidad sociodemográfica en Nicaragua: Un desafío para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza. Naciones Unidas. CEPAL. CELADE.

necesarios para hacer frente a la calamidad sufrida y, por tanto, su capacidad de respuesta puede llegar a ser nula.

Por esta razón, a continuación se describen las principales variables socio-económicas del municipio y de las manzanas ubicadas en el área de estudio, que han sido tomadas del Censo realizado por el DANE en el año 2005 y de las proyecciones de población hechas por la misma entidad.

### **3.8.1 Variables municipales**

#### *3.8.1.1 Población*

El Municipio de Dabeiba ha tenido un proceso lento de urbanización, ya que para 1973 la población urbana representaba el 29.5%, en 1993 era de 33.2%<sup>3</sup>, para el 2005 la población total municipal era de 24.084, de la cual el 35.7% (8.604) se concentraba en la cabecera municipal, en tanto que el 64.3% (15.480) de los habitantes vivían en la zona rural. Según las proyecciones efectuadas por el DANE en el 2009 la población total del municipio es de 23.860 personas, de ellas, el 36.2% (8.614) ocupan el casco urbano y el 63.8% (15.162) viven en el área rural.

Al examinar la estructura poblacional es posible decir que el 37.6% de la población tiene edades entre 0 y 14 años, el 53.8% de los habitantes municipales está entre los 15 y 59 años de edad y el 8.6% de la población es mayor de 60 años. Además, existe una distribución porcentual muy similar entre hombres y mujeres, con una representación del 51.2% y 48.8% de cada género respectivamente. Ello indica que la población del municipio corresponde a un comportamiento expansivo, con predominio de los grupos de edad jóvenes.

#### *3.8.1.2 Servicios públicos*

La cobertura de servicios públicos, especialmente de agua potable y saneamiento básico<sup>4</sup>, inciden directamente en la salud de la población y por tanto en su vulnerabilidad. A menor cobertura de estos servicios o una baja calidad del agua suministrada, aumentan los indicadores de morbilidad y enfermedades diarreicas agudas, incrementando la vulnerabilidad social y disminuyendo la calidad de vida de las personas. Según el censo del 2005, las coberturas de acueducto, alcantarillado y energía eléctrica en el municipio eran de 57%, 47% y 66% respectivamente.

Según el Subsistema de información para vigilancia de calidad de agua potable . SIVICAP del Instituto Nacional de Salud, la calidad del agua suministrada en el municipio durante los últimos tres años ha mejorado paulatinamente ya que durante el 2007 y el 2008 presentó valores de riesgo alto y para el 2009 el valor del IRCA<sup>5</sup> ha pasado a ser de

<sup>3</sup> Plan de Ordenamiento Territorial. Capítulo IV. Dimensión social y económica. Pág. 153

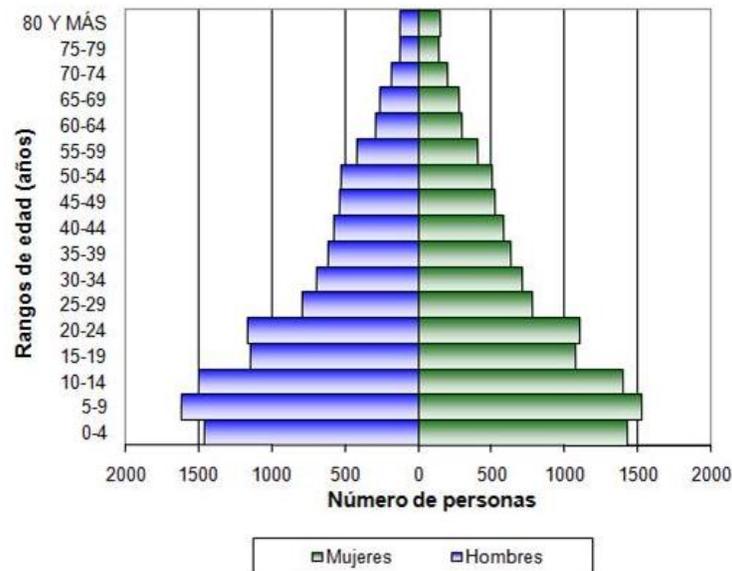
<sup>4</sup> Según el numeral 14.1 de la Ley 142 de 1994, el saneamiento básico hace referencia a las actividades propias del conjunto de los servicios domiciliarios de alcantarillado y aseo.

<sup>5</sup> IRCA . Índice de Riesgo de Calidad de Agua. Resolución 2115 de 2007. Cuadro N° 7 Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse.

13.3%, es decir que se clasifica como **Bajo** y ello quiere decir que se considera agua no apta para consumo humano, pero es susceptible de mejoramiento<sup>6</sup>.

### 3.8.1.3 Hogares

Con relación a la información de sobre hacinamiento, según el censo de 2005, en el municipio el 38% (1.630) de los hogares presentaban condiciones de hacinamiento, indicando con ello un déficit habitacional cualitativo y cuantitativo elevado.



**Figura 3-47. Distribución poblacional por grupo de edad. Municipio de Dabeiba 2009. Fuente: Información DANE. Elaboración propia**

Por otra parte, según la base de datos del SISBEN<sup>7</sup>, a 3 de marzo de 2009, 7.644 personas que viven en el área urbana del municipio se encontraban inscritas en los niveles 1,2 y 3, es decir que podrá acceder a los subsidios que otorga el Estado a través de los diferentes programas de salud, educación, subsidios, vivienda, etc. de acuerdo con la reglamentación de cada uno de ellos. Ello indica que el 88.7% de la población urbana del municipio se considera con un elevado nivel de vulnerabilidad. Las razones, manifestadas por las personas, para el cambio de lugar de residencia se relacionan principalmente con razones familiares (40.9%) y la dificultad de conseguir trabajo (16.6%).

### 3.8.1.4 Las viviendas

En un 93% de los casos, las viviendas son empleadas únicamente como sitio de residencia, en tanto que en un 7% es empleada como unidad económica. Los materiales predominantes en las paredes de las viviendas corresponde a bloque, ladrillo, piedra o madera pulida en un 56.2%, seguido de madera pulida, tabla o tablón en un 33.3%, un

<sup>6</sup> Resolución 2115 de 2007. Artículo 15. <http://www.ins.gov.co/?idcategoria=6110>

<sup>7</sup> El Sisbén es el Sistema de Identificación de Potenciales beneficiarios de Programas Sociales. <http://www.sisben.gov.co/>

9.1% en tapia pisada, adobe o bareque y un 1.4% en otros materiales. En tanto que los materiales predominantes en los pisos son el cemento o gravilla en un 73%.

### 3.8.2 Variables área de influencia

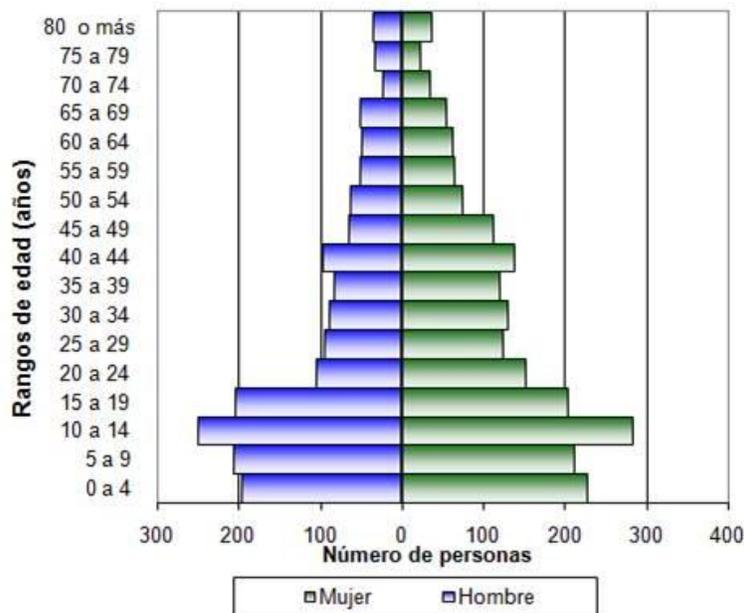
Con base en el diagnóstico de la problemática de amenazas, vulnerabilidad y riesgo por inundación del Río Sucio, y de los resultados arrojados por el estudio base se identificaron 54 manzanas ubicadas en el área de influencia de la amenaza.

#### 3.8.2.1 Población

Tomando la información reportada por el Censo de 2005, elaborado por el DANE, para las 54 manzanas es posible decir que el comportamiento en edades se estrecha en los rangos de edades entre 20 y 59 años con relación al comportamiento municipal, mientras que el porcentaje masculino y femenino se invierte en esta área.

El total de la población censada en estas manzanas fue de 3.740 personas, de ellas, 1.372 (36.7%) personas que tiene edades entre 0 y 14 años, 1.968 (52.6%) personas están entre los 15 y 59 años de edad y 400 personas (10.7 %) es mayor de 60 años. Además, existe una representación mayoritaria de la población femenina 54.4% (2.035 mujeres) y un 45.6% (1.705 hombres) de población masculina.

Una gráfica con la información referida se presenta en la Figura 3-48.



**Figura 3-48. Distribución poblacional por grupo de edad. Manzanas Área de Estudio. Municipio de Dabeiba 2005. Fuente: Información DANE. Elaboración propia.**

La figura indica que la población del área sujeto de estudio corresponde a un comportamiento expansivo, con predominio de los grupos de edad jóvenes, con un

aumento claro de mujeres jóvenes entre los 10 a 14 años y de 20 a 39 años, con relación a los hombres de la misma edad.

Con relación a la escolaridad de los habitantes de éstas manzanas, se puede decir que el 18.7% de la población no cuenta con ningún nivel de escolaridad, el 11.5% han llegado a cumplir todo el ciclo de básica primaria, en tanto que el 10.5% de la población ha completado el ciclo hasta grado 11.

Por otra parte, el número de personas reportadas con alguna limitación física, que habitan en el área de estudio eran 443 personas, que corresponde al 12.0% del total de la población.

#### *3.8.2.2 Servicios públicos.*

La cobertura de servicios públicos, según el censo del 2005, en el área sujeto de estudio, eran de 97.6% para acueducto, 94.3% en alcantarillado y 92.6% en energía eléctrica, indicando una mayor cobertura que en el promedio municipal.

#### *3.8.2.3 Las viviendas*

En el área de estudio las viviendas son empleadas como sitio de residencia exclusiva en un 82.4% de los casos, como uso para el desarrollo de alguna actividad económica un 17.4%.

El tipo de vivienda predominante es la casa con un 91.6% de representatividad, seguido del apartamento 6.0%, en tanto que los inquilinatos o tipo cuarto se presentan en un 2.4%.

## CONTENIDO

4	EVALUACIÓN DE LA AMENAZA .....	1. 1
4.1	INTRODUCCIÓN .....	1. 1
4.2	AMENAZA POR TORRENCIALIDAD .....	1. 1
4.2.1	Desastres históricos .....	1. 2
4.2.2	Derrumbe del Revenidero en Octubre de 1970 .....	1. 3
4.2.3	Avenida torrencial de la quebrada Desmontadora el 17 de Diciembre de 1993 1. 3	
4.2.4	Situación actual de El Revenidero .....	1. 3
4.2.5	Zonificación de la amenaza por Torrencialidad .....	1. 4
4.2.6	Mitigación de la amenaza .....	1. 5
4.3	AMENAZA POR INUNDACIÓN .....	1. 5
4.3.1	Zonificación geomorfológica .....	1. 6
4.3.2	Evaluación hidráulica .....	1. 7
4.3.2.1	Generalidades .....	1. 7
4.3.2.2	Descripción general del modelo Hec-Ras .....	1. 7
4.3.2.3	Calibración del modelo .....	1. 7
4.3.2.4	Resultados de la caracterización .....	1. 8
4.3.2.5	Gálibos .....	1. 10
4.3.3	Categorización de la Amenaza .....	1. 10
4.3.4	Precisión de la modelación de la amenaza .....	1. 13
4.3.5	Resultados .....	1. 13
4.4	AMENAZA POR INESTABILIDAD DE MÁRGENES .....	1. 14
4.4.1	Condiciones Actuales .....	1. 14
4.4.2	Evaluación de la Amenaza .....	1. 15

## 1 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Con la información base presentada en los capítulos anteriores, especialmente la geológica y geomorfológica, de hidrológica e hidráulica y de geotecnia, se procede a establecer las zonas de amenaza por inundación, avenidas torrenciales e inestabilidad de márgenes en el sector del Río Sucio y la Quebrada Desmontadora, a la altura del casco urbano del municipio de Dabeiba.

A continuación se explica de manera resumida y clara, para cada uno de los 3 eventos la forma como se evaluó la amenaza. Igualmente se describen los criterios para la zonificación espacial de la misma de manera específica para cada evento, en función de las características del evento que amenaza y la vulnerabilidad de las viviendas y la población amenazada.

### 1.2 AMENAZA POR TORRENCIALIDAD

No existe un límite físico preciso entre inundaciones y avenidas torrenciales, ya que en la mayoría de los casos una avenida torrencial se convierte en inundación una vez que el cauce por el cual transita alcanza un área relativamente plana.

En términos sencillos se puede definir una avenida torrencial como el aumento del caudal en un cauce a volúmenes excepcionales, por encima de las crecientes normales. El fluido que transita por él, además de agua contiene una mezcla de escombros consistentes en suelo, roca y material vegetal que a su paso arrasan todo lo que encuentran, hasta llegar a zonas planas donde comienzan a depositar el material. Este fenómeno está restringido a cauces relativamente pequeños de ríos de montaña; no se produce en ríos con cuencas de centenares de km<sup>2</sup>, debido a que los agentes naturales que las provocan afectan sólo áreas pequeñas (USGS, 1981).

Existen términos que suelen ser utilizados para designar una avenida torrencial como lo son avalancha, creciente, borrasca e incluso inundación. El primero de ellos es utilizado erróneamente en Colombia, puesto que esta definición es exclusivamente para describir desplazamientos de nieve a favor de la pendiente o para describir un fenómeno volcánico de inestabilidad y ruptura de un flanco previo a una erupción, llamada *debris avalanche*. Los otros términos se refieren al nombre que reciben popularmente fenómenos que pueden ser interpretados como similares, pero que en ningún momento se refieren con precisión una avenida torrencial.

Las avenidas torrenciales se producen en Colombia por causas hidrometeorológicas (lluvias concentradas), sísmicas (enjambres de deslizamientos cosísmicos), y de inestabilidad de vertientes (bloqueo de un cauce por un deslizamiento y posterior ruptura del dique). Las erupciones volcánicas las producen por deshielo o por acumulación de capas gruesas de cenizas sueltas, pero éste caso no se trata dentro de este trabajo por no existir la posibilidad de este fenómeno dentro de la zona.

Cuando por el fondo de un cauce transita una avenida torrencial, en los sitios donde la pendiente longitudinal del mismo disminuye, se depositan materiales heterogéneos, especialmente bloques de roca que flotan en una matriz de cantos, guijarros, gravas y arenas que forman una superficie de pendiente baja a la que se le denomina terraza. En algunos casos, solamente se deposita el material más grueso, dejando un depósito de bloques subparalelo al cauce, denominado barra torrencial. Estos depósitos se conservan miles a decenas de miles de años y aún más, lo que permite conocer la torrencialidad pasada de la cuenca.

Cuando una cuenca ha tenido avenidas torrenciales, se establece que las probabilidades de que ellas ocurran en el futuro son altas, y solamente depende de su intervalo de recurrencia en el tiempo. Por tratarse de caudales excepcionalmente altos, los métodos hidrológicos convencionales no son confiables en el cálculo de los caudales máximos esperados en un período de retorno dado y por lo tanto dichos métodos no son válidos.

### 1.2.1 Desastres históricos

La cabecera municipal de Dabeiba ha sido afectada en épocas recientes por dos avenidas torrenciales, ambas con efectos catastróficos. La mayor de ellas, ocurrida en el 24 de octubre de 1970, se produjo por el bloqueo del cauce del río Sucio y su posterior ruptura, lo que produjo el arrasamiento total de toda construcción de la población, localizada por debajo del parque principal actual. La segunda se presentó en la quebrada Desmontadora el 29 de septiembre de 1993, con un saldo de .aproximadamente 23 víctimas y más de 700 damnificados. Para ilustrar estos desastres, se hace una breve reseña histórica de ellos. Las bases de desastres naturales consultadas (Ingeominas, DAPARD), arrojan un consolidado de desastres en las siguientes fechas para la cabecera municipal de Dabeiba y sus alrededores cercanos.

**Tabla 1-1. Listado de desastres ocurridos en el municipio de Dabeiba de acuerdo con Ingeominas, DAPARD**

Fecha	Tipo	Vidas	Damnificados	Daños
25/08/50	Deslizamiento	1	-	-
15/06/57	Deslizamiento	4	-	-
13/09/58	Deslizamiento	1	-	-
30/09/64	Deslizamiento	1	-	-
23/10/69	Deslizamiento	-	400	infr. vial, edif. Serv. Pub. Cultivos
20/10/70	Deslizamiento	11	>5000	infr. vial, edif. Serv. Pub. Cultivos
23/04/74	Deslizamiento	-	-	-
07/04/75	Deslizamiento	-	-	-
28/11/79	Creciente río	-	49	Serv. Publ.
09/02/81	Creciente río	1	-	Infr. Vial, serv. Pub. Edif.
28/10/84	Deslizamiento	-	-	Infr. vial
29/09/93	Av. Torr. Qda.	23	700	Infr. Vial, Edif.

Algunos de estos fenómenos reportados corresponden a movimientos en masa que han afectado la carretera sin que necesariamente hayan afectado la zona urbana, pero se puede observar en el listado que la mayor parte de ellos han ocurrido en los meses de mayor pluviosidad, especialmente de la temporada de Septiembre- Noviembre, lo que indica su relación cercana con el aporte pluvial.

### **1.2.2 Derrumbe del Revenidero en Octubre de 1970**

Los siguientes párrafos son resumen del trabajo de Mejía y Caballero (1993): Al final del mes de Octubre de 1970, se comenzaron a producir deslizamientos en el sector conocido como El Revenidero, el primero de ellos, la noche del 20, ocasionó por lo menos la muerte de 11 personas que transitaban por la vía y un primer represamiento del Río Sucio, que se extendió por más de 30 horas, pero la ruptura del dique no tuvo mayores consecuencias sobre la cabecera municipal. En los días siguientes se presentaron derrumbes menores en el mismo sitio, en las partes bajas de la zona inestable, es decir, al nivel del cauce del río. A las 7 a.m. del día 25 se produjo el movimiento de masa de mayor magnitud, calculado entre 3.5 y 4.5 millones de metros cúbicos de roca triturada y suelo, que formaron un dique sobre el río de unos 15 a 20 m. de altura, con 250 de ancho y 1.300 de longitud, que lo represaron, generando un embalse de unos 26 millones de metros cúbicos de agua, los que inundaron el cañón aguas arriba por un tramo aproximado de 6 km, hasta llegar casi al nivel del casco urbano de Uramita. La ruptura del dique se produjo el día 29 entre la 1 y las 4 a.m., hecho que generó un gran flujo de carácter torrencial (flujo de escombros y lodo), que alcanzó una altura de más de tres metros sobre el nivel normal del río y destruyó toda la parte baja de Dabeiba, es decir, todo lo que se encuentra de la carrera 9 hacia el río, afortunadamente sin víctimas humanas, debido a la evacuación previa que se había hecho de la población. Las viviendas destruidas en este caso fueron 124.

Se reportaron también daños importantes pero no especificados en la cabecera municipal de Mutatá y su corregimiento Pavarandocito, localizados decenas de kilómetros aguas abajo, donde termina el cañón del río Sucio.

### **1.2.3 Avenida torrencial de la quebrada Desmontadora el 17 de Diciembre de 1993**

El viernes 17 de Diciembre de 1993 a las 6:30 p.m., después de tres días con lluvias intensas y mientras se producía una lluvia suave, la quebrada Desmontadora llegó a la cabecera municipal acompañada de un gran estruendo y desbordó ampliamente todos los puentes del área urbana con un saldo final de 53 personas fallecidas, 10 desaparecidas, 50 heridos y 700 damnificados. Los daños producidos fueron 34 viviendas arrasadas, 26 parcialmente destruidas y 112 afectadas por invasión de lodos. La avenida torrencial tuvo como causa un movimiento en masa localizado en la parte media alta del cauce, que represó la quebrada y se rompió de manera súbita. La mayor parte de los bloques de roca de tamaño decimétrico a métrico, se pueden observar en la actualidad sobre las márgenes aún en el casco urbano. A pesar de lo anterior, el área afectada directamente se ha vuelto a urbanizar y dentro de tales edificaciones se encuentra la Plaza de Mercado.

### **1.2.4 Situación actual de El Revenidero**

El derrumbe del Revenidero tal como se ha visto, es tal vez el fenómeno más importante para el futuro de Dabeiba por las implicaciones que pueda tener una nueva removilización que tarde o temprano se volverá a presentar, a corto plazo y de acuerdo con lo observado, hay una parcial recuperación de la vegetación en toda la masa, lo que indica que no ha existido mayor movimiento en años pasados. Lo anterior no indica de ninguna manera que la vertiente haya llegado a una situación de reposo absoluto, pues una

temporada invernal severa puede comenzar a desestabilizar la parte inferior y desencadenar un hecho similar a lo de 1970. Un escenario probable para lo que pueda ser una situación de emergencia futura debe partir de suponer que se presentarán situaciones de inestabilidad desde la base de la masa inestable que en el término de días o semanas puedan llegar a un deslizamiento de magnitud importante que represe de nuevo el río.

Por la magnitud de la masa potencialmente inestable, mostrada en la Figura 1-1, es difícil imaginar un tratamiento ingenieril que impida el movimiento futuro de la masa. A corto, mediano y largo plazo se debe emprender un programa de adquisición de la microcuenca para ser objeto de reforestación y de esta manera mitigar el proceso de infiltración de aguas lluvias, lo que indirectamente mejoraría la estabilidad de la masa involucrada.



Figura 1-1. Estado actual del movimiento en masa del Revenidero

### 1.2.5 Zonificación de la amenaza por Torrencialidad

Establecidas las edades y el carácter de los fenómenos ocurridos en las cuencas aledañas a Dabeiba resumidas en la Tabla 3-11, es posible determinar un orden de la amenaza que puedan generar sobre el casco urbano. Los fenómenos que se presentaron hace centenares de miles de años no tienen posibilidad de repetirse en los sitios donde ocurrieron porque su nivel se encuentra muy por encima de lo posible de alcanzar por una avenida torrencial que se presente en la actualidad, luego su amenaza no se debe considerar. El mismo razonamiento se aplica para los de decenas de miles de años. Continuando con el orden, los fenómenos que se presentaron en los últimos miles de años, representan una *Amenaza baja*, tal vez mínima por las condiciones actuales del nivel del río, mientras que en los sitios donde se presentaron hace de centenares de años se deben agrupar como de *Amenaza Intermedia* donde se presentaron hace decenas, deben corresponder a *Amenaza Alta*.

**Tabla 1-2. Amenaza por torrencialidad de acuerdo con los órdenes de edades aproximadas de los depósitos en inmediaciones de Dabeiba**

Nombre	Carácter	Rango de Edad (años)	Amenaza por torrencialidad
La Loma - Guillermo Madrid Pad3	Torrencial	Centenares de miles	Muy baja
Barrio Guerra Serna Pad2	Torrencial	Centenares de miles	Muy baja
Cementerio Pad1	Torrencial	Decenas de miles	Baja
Abanico Actual Pad0	Torrencial	Decenas	Alta
Quebrada Cantarrana Pac0	Torrencial	Cientos	Media
Quebrada Seca Pas0	Torrencial	Cientos	Media
Caño del Caracol Paa0	Torrencial	Decenas	Alta
San Antonio Pasc1	Torrencial	Decenas de miles	Baja
Alto La Clara San Antonio Pasc2	Torrencial	Decenas de miles	Baja
La Selva Pasc3	Torrencial	Centenares de miles	Muy baja
Barrio J.H. White Pdvw	Mov. En Masa	Decenas de miles	Baja
Río Sucio Pts17 a Pts15	Torrencial	Centenares de miles	Muy baja
Río Sucio Pts10 a Pts14	Torrencial	Centenares de miles	Muy baja
Río Sucio Pts5 a Pts9	Torrencial	Decenas de miles	Baja
Río Sucio Pts2,3,4	Torrencial	miles	Baja
Río Sucio Pts0,1	Torrencial	decenas	Alta
Río Urama superior	Torrencial	Decenas de miles	Baja
Río Urama intermedia	Torrencial	Miles	Baja
Río Urama inferior	Torrencial	decenas	Alta
El Pital	Torrencial	Decenas de Miles	Baja
Fondo del valle río Sucio	Torrencial	decenas	Alta

### 1.2.6 Mitigación de la amenaza

De la génesis de los depósitos se puede concluir que todas las quebradas que llegan a las partes bajas de Dabeiba son torrenciales y que sus avenidas se han producido por bloqueos de cauces y no por eventos individuales de lluvias fuertes, lo que los hace predecibles en la medida que sus cuencas tengan una vigilancia periódica adecuada, pues los movimientos en masa son fácilmente visibles y tardan horas o días en bajar como flujos. Como medida a largo plazo se puede contemplar la compra de los terrenos de estas cuencas para ser reforestados y así retrasar el proceso de degradación de ellas.

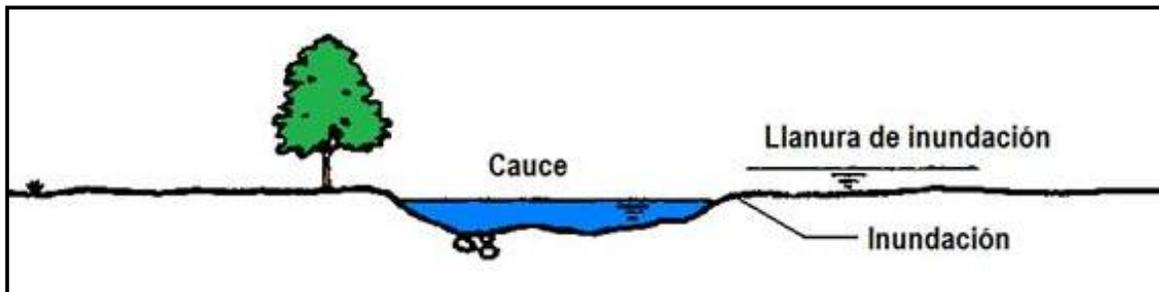
En el caso del río Sucio, se puede concluir que el Revenidero es el factor crítico y que avisa con el tiempo suficiente como para salvar la vida de los habitantes mas no los bienes e infraestructura que se encuentran en la zona de Amenaza Alta. La adquisición y reforestación de la cuenca a la vez que la debida vigilancia de los movimientos en masa premonitorios que se presenten en su parte baja, son actividades deben hacer las autoridades para alertar a la población.

### 1.3 AMENAZA POR INUNDACIÓN

Una planicie o llanura de inundación es un área usualmente seca adyacente al río, la cual se inunda durante eventos de crecientes que resultan generalmente de tormentas severas. La planicie de inundación puede incluir el ancho total de valles angostos o áreas amplias localizadas a lo largo del río en valles amplios y planos.

El canal y la planicie de inundación son partes integrales de la conducción natural de una corriente, la planicie de inundación conduce el caudal que excede la capacidad del canal y a medida que el caudal crece, aumenta el flujo sobre la planicie de inundación.

Se considera inundación a partir del desborde del agua que es conducida por el canal hacia las zonas adyacentes o llanuras de inundación, según se muestra en la Figura 1-2.



**Figura 1-2. Definición de la ocurrencia de una inundación**

El Análisis de la amenaza por inundación se realizó de manera cuantitativa estableciendo por medio de técnicas numéricas los niveles de agua para diferentes periodos de retorno y éstos a su vez se localizaron sobre la cartografía base, elaborada para obtener los límites de avance de la lamina de agua y así establecer los niveles de inundación sobre la zona urbana del municipio de Dabeiba.

Igualmente, la modelación hidráulica permitió calcular las alturas de los niveles de agua en las llanuras de inundación y las velocidades del flujo, parámetros que son función de la intensidad de daño que puede causar el flujo de la creciente sobre las viviendas y personas que ocupan el territorio. A continuación se presenta un recuento de los análisis adelantados y los resultados obtenidos.

### **1.3.1 Zonificación geomorfológica**

De acuerdo con lo indicado en el capítulo anterior, existen algunas terrazas recientes que son de carácter inundable y que corresponden al paisaje aluvial del fondo del valle. Corresponde a un tipo de relieve que se conforma por depósitos aluviales asociados al cauce mayor del río Sucio, localizados en la zona de transición entre el piedemonte y el cauce o llanura de inundación del río, que forman los niveles más bajos de terrazas (T0 y T1). Aguas abajo de la población, sobre la margen derecha se puede encontrar un nivel adicional intermedio, igualmente inundable. En la figura de la siguiente página se muestran las zonas inundables obtenidas de acuerdo con la zonificación geomorfológica referida.

La existencia del peligro latente de represamiento del río Sucio en el Revenidero obliga a considerar este nivel como no apto para la construcción de vivienda, desafortunadamente sobre él se han construido los barrios Obrero, Víctor Cárdenas y La Ponzona, sobre los cuales habrá que hacer un plan de reubicación a corto, mediano y largo plazo. La aptitud de uso debe ser solamente para infraestructura liviana como zonas recreativas.

### 1.3.2 Evaluación hidráulica

Los análisis ejecutados en el área de conocimiento de la hidráulica se orientaron a la caracterización hidráulica del río Sucio y la quebrada La Desmontadora que consiste en el cálculo de los valores de niveles de agua y los valores de velocidad de flujo en el cauce y riberas, asociados a los caudales con períodos de retorno de: 2, 10, 50 y 100 años, con el fin de establecer los grados de amenaza a la inundación.

La caracterización hidráulica se fundamenta en los siguientes aspectos:

#### 1.3.2.1 Generalidades

Para hallar los parámetros de dinámica fluvial en el río Sucio sector de Dabeiba y en la quebrada La Desmontadora, se utilizó el software HEC-RAS del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos Versión 4.0, utilizando las secciones transversales al cauce previamente seleccionadas y el caudal máximo para diversos períodos de retorno con el fin de generar los espejos de agua.

#### 1.3.2.2 Descripción general del modelo Hec-Ras

El Modelo Matemático HEC-RAS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos denominado "Water Surface Profiles", calcula los perfiles superficiales del agua para las condiciones de un flujo permanente o no permanente y gradualmente variado en canales naturales o artificiales. Este procedimiento está basado en solucionar la ecuación unidimensional de energía con las pérdidas por fricción evaluadas por medio de la ecuación de Manning; en el presente estudio se consideraron condiciones de flujo permanente y no uniforme.

Los parámetros básicos de entrada del programa HEC-RAS son la geometría del cauce (secciones transversales), distancia de separación entre las secciones transversales seleccionadas, las rugosidades y las condiciones de niveles aguas abajo y/o arriba, dependiendo del régimen del flujo.

El programa está diseñado para el cálculo de secciones transversales con flujo de variación gradual para canales naturales o artificiales con pendientes longitudinales entre 0.10 m/m y 0.0001 m/m.

#### 1.3.2.3 Calibración del modelo

La calibración del modelo se efectuó de acuerdo con los coeficientes de rugosidad de Manning asignados en las diversas secciones tanto para el lecho como para las márgenes y la pendiente hidráulica en las secciones inicial aguas abajo y final aguas arriba consideradas como frontera, dado que el régimen de flujo varía entre subcrítico o tranquilo y supercrítico o rápido.

Aprovechando la información histórica de la estación limnigráfica Dabeiba2 del IDEAM, localizada en la sección transversal 25 del Hec Ras aguas abajo de la confluencia con la quebrada La Desmontadora, se operó el modelo para las diversas crecientes y por tanteos se variaron los parámetros antes descritos del coeficiente de rugosidad de Manning y la pendiente hidráulica en las fronteras inicial y final, hasta que la cota del nivel de agua en la sección 25 generada por el modelo, fuese muy similar a la cota máxima de agua calculada hidrológicamente según los niveles máximos anuales mediante análisis probabilístico para valores extremos (índice de creciente). Bajo este criterio resultaron como coeficientes de rugosidad de Manning en el lecho de 0.032 y 0.045 en las paredes para el río Sucio y de 0.035 y 0.045 para la quebrada La Desmontadora, así como una pendiente hidráulica de 0.016 y 0.014 m/m aguas arriba y abajo en el río Sucio y 0.075 m/m aguas arriba en la quebrada La Desmontadora; estos valores se emplearon igual para todos los caudales simulados.

En la tabla siguiente se presentan los resultados de los niveles obtenidos tanto por el modelo Hec Ras como por el análisis probabilístico (índice de creciente) en la estación limnigráfica Dabeiba2 del IDEAM, para los diversos caudales correspondientes a los períodos de retorno.

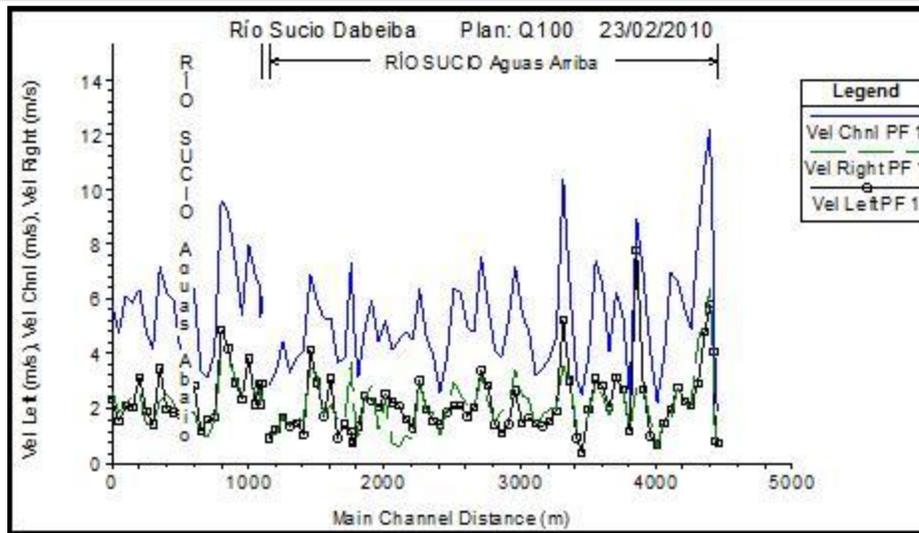
**Tabla 1-3. Cotas de Agua generadas por el Hec Ras y las halladas en la estación por análisis de probabilidades para los diversos caudales simulados**

Período retorno (años)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Cota análisis probabilístico (msnm)	Cota Hec Ras (msnm)	Diferencia (m)
2.33	306		389.97	
5	513		392.05	
10	642	392.81	392.62	0.19
25	735	392.99	393.00	-0.01
50	768	393.15	393.13	0.02
100	786	393.35	393.21	0.14

#### 1.3.2.4 Resultados de la caracterización

El río Sucio en un tramo de 4,450 metros presenta las siguientes características dinámicas:

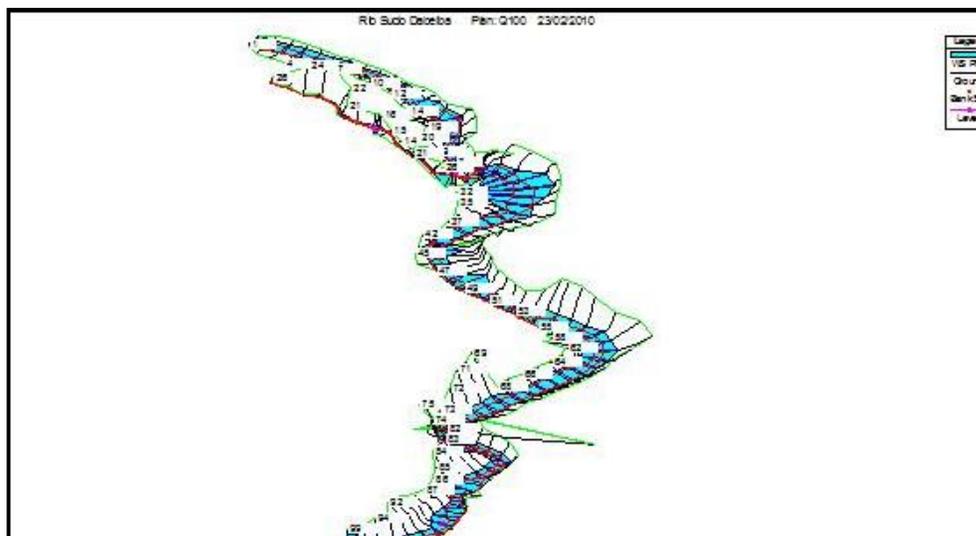
Para el caudal máximo esperado de 100 años de retorno, la velocidad media del flujo en el canal oscila entre 1.91 y 12.20m/s, el número de Froude que es la relación entre la velocidad media y la raíz cuadrada del producto de la constante de gravedad por la profundidad media de la sección, oscila entre 0.42 y 8.60, correspondiendo a un régimen de flujo entre subcrítico o tranquilo y supercrítico o rápido, siendo sus mayores valores en la parte alta del río; la profundidad media mayor es de 7.72 m, en tanto que la menor es de 1.02 m. En la Figura 1-3 se presenta la variación de las velocidades en el canal y en las márgenes del río Sucio, para la creciente de 100 años.



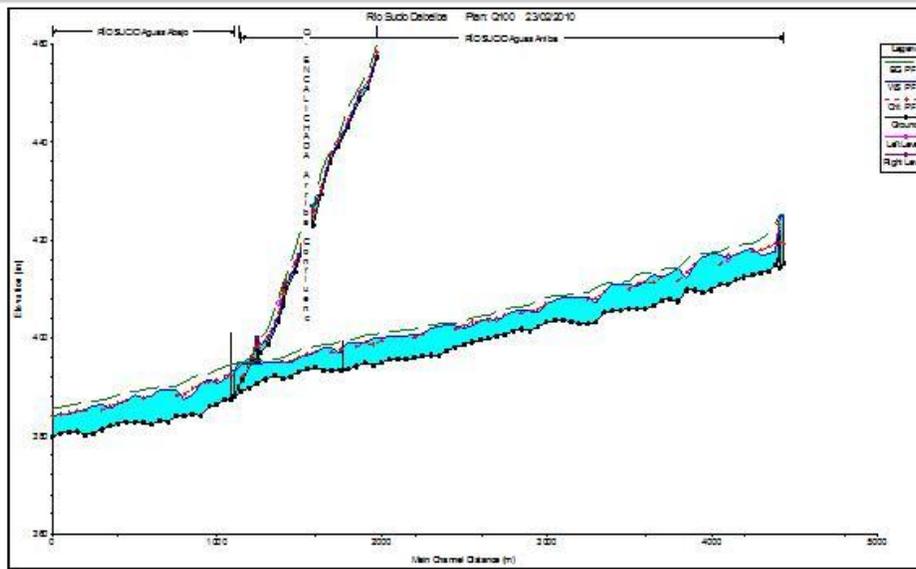
**Figura 1-3. Velocidades media del flujo en el canal y en las márgenes del Río Sucio generados por el Hec Ras para la Creciente Máxima de 100 años de retorno**

Para la creciete media anual, es decir, la correspondiente a 2.33 años de retorno, la velocidad media del flujo en el canal oscila entre 1.16 y 9.69m/s, el número de Froude que es la relación entre la velocidad media y la raíz cuadrada del producto de la constante de gravedad por la profundidad media de la sección, oscila entre 0.35 y 6.12, correspondiendo a un régimen de flujo entre subcrítico o tranquilo y supercrítico o rápido, siendo sus mayores valores en la parte alta del río; la profundidad media mayor es de 5.38 m, en tanto que la menor es de 0.93 m.

En la Figura 1-4 y Figura 1-5 se resumen los resultados de la modelación con el programa Hec Ras en el río Sucio en el sector de Dabeiba para un periodo de retorno de 100 años.



**Figura 1-4. Perspectiva General de la Modelación en Hec Ras del Río Sucio**



**Figura 1-5. Perfil longitudinal del Río Sucio y la quebrada La Desmontadora obtenidos del Hec Ras para la Creciente Máxima de 100 años de retorno**

#### 1.3.2.5 Gálibos

El gálibo, es decir, la distancia vertical entre la lámina de agua y el borde inferior de la viga del puente o pontón, para las estructuras que cruzan el río Sucio y su afluente la quebrada la Desmontadora, durante la ocurrencia de las crecientes extremas simuladas de 100 y 2.33 años, se presentan las siguientes características:

Para la simulación de 100 años de retorno en el río Sucio, el puente peatonal colgante localizado en la abscisa K0+029.72 se rebosa y no genera gálibo alguno, en tanto que los otros 2 puentes viales el flujo discurre bajo el tablero. Igual situación se produce en los tres (3) pontones vehiculares de la quebrada La Desmontadora, rebosando únicamente sobre el tablero del puente localizado aguas arriba en la abscisa K0+402.96.

Para la simulación de 2.33 años de retorno en el río Sucio, el puente peatonal colgante localizado en la abscisa K0+029.72 discurre por debajo del tablero ajustado sin generar gálibo alguno, en tanto que los otros 2 puentes viales el flujo discurren libremente bajo el tablero. Igual situación se produce en los tres (3) pontones vehiculares de la quebrada La Desmontadora, rebosando únicamente en 15 cm sobre el tablero del puente localizado aguas arriba en la abscisa K0+402.96.

### 1.3.3 Categorización de la Amenaza

Como se explico anteriormente se considera inundación a partir del desborde del nivel de agua que es conducida por el cauce hacia las zonas adyacentes (llanuras de inundación). Para delinear espacialmente la llanura de inundación del Río Sucio se usó el software HEC-RAS que permitió establecer para cada sección de análisis las cotas que alcanza el nivel de agua para los diferentes periodos de retorno calculados en el numeral anterior.

Los datos de nivel de agua, fueron localizados en el plano topográfico para generar las curvas de nivel de inundación para cada periodo de retorno. En el caso del río Sucio se trazaron las curvas de inundación para los Tr de 50 y 100 años, que registraron desborde del cauce en algunos sectores de la población de Dabeiba y que se muestran en el plano C-4 del Anexo C.

Para la zonificación espacial de la amenaza por inundación, se optó por tomar 3 categorías de amenaza: alta, media y baja, que se determinaron a partir de las variables: probabilidad de falla, distancia de afectación de inundación y nivel de peligrosidad del flujo, a continuación se explican cada una de ellas:

**Probabilidad de falla:** La falla por inundación del cauce, se define como la probabilidad del evento en el cual el cauce alcanza su banca llena, y a partir de este nivel el río se desborda y causa inundación, es importante recordar que la probabilidad de ocurrencia es función del periodo de retorno. Para el río Sucio, las crecientes que generan inundación son las correspondientes a los periodos de retorno de 50 y 100 años, que corresponden a probabilidades de ocurrencia de 0.02 y 0.01, que se consideran relativamente bajas, es decir que los eventos de inundación no son tan frecuentes en la población de Dabeiba.

Para efectos de la categorización de la amenaza, la zona inundable con tr de 50 años se define como amenaza media, mientras la zona de inundación para el tr de 100 años se define como baja, finalmente se considera como amenaza alta los periodos de retorno menores a 50 años.

**Distancia de afectación inundación:** La amenaza de inundación normalmente va reduciéndose a medida que aumenta la altitud de la superficie terrestre en relación con el nivel de agua de la orilla del río. Generalmente la altitud de la superficie terrestre aumenta a medida que nos alejamos de la orilla del río y esto suele significar que la amenaza por inundación tiende a disminuir.

La distancia inundación se estimó a partir de la topografía de cada sección transversal según el reporte del modelo hidráulico, por lo tanto se definió cartográficamente la distancia de afectación de la inundación sobre la zona urbana de Dabeiba, como se puede observar en el mapa de amenaza.

**Nivel de peligrosidad del flujo de agua:** La amenaza queda determinada de manera completa con la estimación de la capacidad de daño de esta sobre el entorno donde se manifiesta. Se define severidad de la inundación o inundación peligrosa a aquellos eventos en donde existe una posibilidad de que se produzca pérdidas de vidas humanas o graves daños personales y daños a las edificaciones.

Mediante experimentos realizados por Bewick (1988) y Jaeggi (1990), sobre la resistencia y estabilidad de seres humanos ante el flujo de agua, se ha propuesto considerar inundaciones peligrosas, a los eventos de crecientes máximas con condiciones hidráulicas de: altura de flujo ( $y$ ) mayor a un metro, velocidad ( $v$ ) mayor a 1m/s y el producto de ambas ( $vy$ ) mayor de 0.5 m/s, según se muestra en la Figura 1-6.

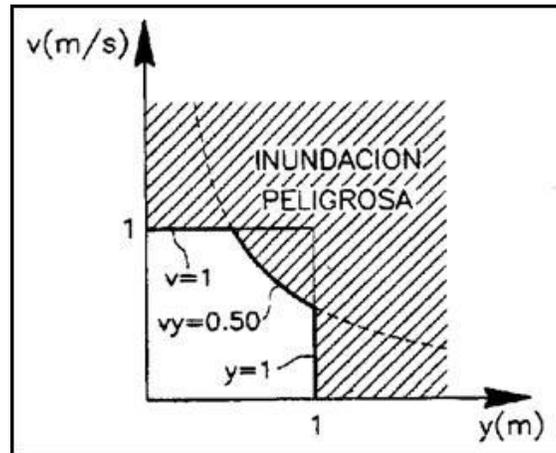


Figura 1-6. Criterio de Inundación Peligrosa

La severidad de la inundación se categorizó en tres grados o intensidades a saber: baja, media y alta, de acuerdo con los valores de altura de flujo y velocidad para los diferentes periodos de retorno en cada sección transversal, el cálculo de los anteriores resultados se resumen en las siguientes matrices:

Tabla 1-4. Matriz de intensidad del evento, parámetros hidráulicos altura y velocidad de flujo

Categoría	Símbolo	Altura de flujo y (m)	Velocidad de flujo y (m)
Baja	B	$y < 1$	$v < 1$
Alta	A	$y > 2$	$v > 1$

Tabla 1-5. Matriz de intensidad del evento del producto de los parámetros hidráulicos velocidad (v) y altura de flujo (y)

Categoría	Símbolo	Altura de flujo y x velocidad de flujo v (m <sup>2</sup> /s)
Baja	B	$yxv < 0.5$
Alta	A	$yxv > 0.5$

**Clasificación de la Amenaza:** Ahora, para determinar la calificación de la amenaza por inundación teniendo en cuenta los criterios mencionados se recurre a la siguiente matriz:

Tabla 1-6. Matriz de calificación de la amenaza por inundación

Probabilidad de falla	Nivel de peligrosidad del flujo de agua		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Media	Baja
Baja	Media	Baja	Baja

Los resultados de las anteriores variables permitieron establecer las siguientes categorías de amenaza por inundación para la zona urbana de Turbo, que se muestran en el mapa de amenaza por Inundación del Anexo F.

**Amenaza alta por inundación:** Aquella zona de la llanura de inundación que se considera como área de desagüe de las crecientes con periodo de retorno  $Tr < 25$  años, alturas de agua mayores a 1 m o las velocidades del flujo mayores a  $1 \text{ m/s}^2$ . En zonas de amenaza alta por inundación se encuentran las terrazas bajas en los barrios Pablo VI, La Arenera, Obrero, La Playita, La Selva y en la parte baja de la terraza en el sector de la Hacienda San Antonio, de acuerdo con lo que se muestra en el Anexo F plano F-2.

**Amenaza media por inundación:** Es la zona de la llanura de inundación donde las crecientes presentan periodos de retorno  $25 \text{ m} Tr < 50$  años, las alturas de agua son menores a 1 m o las velocidades de flujo menores a  $1 \text{ m/s}^2$ . En zona de amenaza media por inundación se encuentra la terraza intermedia en el barrio La Playita, de acuerdo con lo que se muestra en el Anexo F plano F-2.

**Amenaza baja por inundación:** Esta zona de la llanura de inundación se caracteriza por una rara ocurrencia de crecientes, con periodos de retorno igual o mayor a  $Tr \sim 50$  años. Las alturas de agua son menores a 50 cm o las velocidades de flujo menores a  $0.50 \text{ m/s}^2$ . En zona de amenaza baja por inundación se encuentra las terrazas medias y altas de los diferentes barrios a lo largo del casco urbano, de acuerdo con lo que se muestra en el Anexo F plano F-2.

#### 1.3.4 Precisión de la modelación de la amenaza

Como ya se mencionó anteriormente la precisión de los resultados obtenidos se definió en función de la comparación cartográfica de los diferentes temáticos relacionados, así se comparó el mapa geomorfológico que establece el cauce activo con los niveles de inundación del modelo hidráulico.

Contrastando las dos cartografías se puede observar una buena correspondencia entre las terrazas inundables y los límites de inundación para  $Tr$  de 50 años, que permite inferir que los resultados obtenidos son coherentes con la realidad.

Por otro lado se comparó el mapa de amenaza por inundación del área urbana de Dabeiba establecido en el POT con los límites obtenidos de la modelación hidráulica. La comparación muestra una buena concordancia con los límites de inundación del área inundables para  $Tr$  de 100 años.

En conclusión se puede afirmar que los resultados presentados son coherentes ajustados a la realidad del proceso físico, es decir reflejan la condición de inundación de la zona urbana del Municipio de Dabeiba.

#### 1.3.5 Resultados

Los eventos de inundación de la zona urbana de Dabeiba se presentan para un intervalo de periodos de retorno entre 50 y 100 años, que se consideran probabilidades de ocurrencia bajas.

El nivel de peligrosidad en los sectores donde se presenta los eventos de inundación es bajo porque las alturas de nivel de agua son iguales o menores a 0.5 m y las velocidades son iguales o menores a 1m/s, además el producto de la velocidad con la altura de agua es menor 0.5, es decir que cuando ocurre un evento de inundación los daños a las viviendas y a la comunidad es mínimo.

La característica principal geomorfológica del río Sucio es torrencial, con secciones transversales en V y suelos resistentes a la erosión en sus riberas con la presencia de controles estructurales en algunos sectores, condiciones que minimizan los eventos de inundaciones, sin embargo existen sectores donde se evidencia inundaciones para periodos de retorno mayores a 100 años, especialmente en los depósitos de las curvas internas del río Sucio.

Los barrios con mayor afectación por inundación son: Víctor Cárdenas, La Playita, partes bajas del barrio La Arenera, El Barrio Pablo Sexto.

Los resultados de modelación hidráulica de la quebrada La Desmontadora indican que no se presentan desbordamientos a lo largo de la quebrada, sin embargo la quebrada Desmontadora es susceptible a eventos torrenciales importantes como se explico anteriormente.

#### **1.4 AMENAZA POR INESTABILIDAD DE MÁRGENES**

La amenaza por inestabilidad de las márgenes se enfoca a la identificación de sectores inestables de las márgenes del río Sucio y Quebrada La Desmontadora a la altura del casco urbano del municipio, que por sus características generen riesgo para la comunidad.

La evaluación de esta amenaza se sustenta en el inventario de procesos actuales y evidencias de procesos antiguos que han afectado las márgenes del río. En el capítulo de información Base, en los aspectos geomorfológicos se presenta la dinámica actual del cauce y se realiza un inventario detallado de puntos inestables y sectores con obras de contención.

##### **1.4.1 Condiciones Actuales**

Los procesos identificados en general, se caracterizan por ser aislados, de magnitud variable y por la falta de cobertura vegetal que han sufrido las márgenes, además de verse facilitados por la alta pendiente y composición de los depósitos involucrados. El detonante de los procesos de inestabilidad de las márgenes corresponde a la erosión lateral del cauce sobre las márgenes que actúa en la base de los taludes en las partes exteriores de las curvas del cauce.

A lo largo de su paso por la zona urbana del municipio, el río Sucio presenta un patrón de tipo meándrico, y se observa en algunos sectores la presencia de un control estructural por la presencia de un afloramiento rocoso, el cual restringe la presencia de fenómenos de socavación lateral, que sí se presenta en los sitios en que en las márgenes del río se encuentran depósitos aluviales no consolidados; desde el puente vehicular sobre el Río Sucio se aprecia la existencia de un muro en gaviones que ha sido construido como obra

de protección y la generación de un proceso de socavación que ha afectado a algunas viviendas construidas sobre la margen izquierda. Los fenómenos de socavación lateral además se ven favorecidos por la generación de un estrechamiento del cauce antes del paso del Río Sucio por la zona urbana, con lo cual se aumentan localmente las velocidades de flujo y por tanto la capacidad de arrastre de la corriente.

Los procesos de socavación lateral para el Río Sucio se dan en la margen derecha a la altura de la Hacienda San Antonio, sector en que el depósito tiene una pendiente casi vertical y una altura cercana a los doce metros, y en la margen izquierda en los sectores ubicados inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del estribo del puente vehicular. En ambos casos estos fenómenos han causado afectaciones severas a edificaciones, tanto las que hacen parte de la Hacienda San Antonio como a algunas viviendas situadas aguas arriba y aguas abajo del puente vehicular.

La Quebrada La Desmontadora, por su parte, presenta altas pendientes y un valle en V que tiende a profundizarse ante la ocurrencia de eventos torrenciales, en vista de que en el sitio se encuentran materiales granulares no consolidados. Estos materiales se dejan arrastrar facilitando la aparición de surcos de erosión, además de que al saturarse y con las altas pendientes que poseen en algunas zonas generan la ocurrencia de procesos de remoción en masa.

A su paso por la zona urbana se aprecia la existencia en varios sectores de muros en concreto reforzado y concreto ciclópeo que han servido para estabilizar las márgenes de la Quebrada La Desmontadora. En algunos sectores no protegidos se producen fenómenos localizados de socavación lateral en la pata del depósito, los cuales no han producido afectaciones graves a las viviendas o infraestructura de los sectores aledaños.

#### **1.4.2 Evaluación de la Amenaza**

A partir de los criterios geomorfológicos establecidos y utilizando la técnica de criterio de experto se caracteriza la amenaza de inestabilidad de las márgenes del Río Sucio y Quebrada La Desmontadora en la zona urbana del municipio, según se muestra en el plano F-3 del Anexo F, de la siguiente manera:

**Zonas de amenaza alta por FRM:** Corresponde a los sectores en que el Río Sucio y la Quebrada Desmontadora discurren sobre un canal bien definido, sobre la zona meándrica y por la parte exterior del alineamiento curvo, en donde es frecuente encontrar procesos erosivos. Puntualmente se incluyeron dentro de esta categoría la margen derecha del Río Sucio en el sector de la Hacienda San Antonio en donde la terraza se encuentra socavada por la corriente y en la margen opuesta en el sitio en que se encuentra el puente vehicular; adicionalmente se considera un sector aguas abajo en la margen derecha en donde la terraza se ha visto atacada por la corriente. En cuanto a la Quebrada La Desmontadora, se incluyen los sectores afectados por socavación lateral y que no poseen obras de protección.

**Zona de amenaza media:** Son aquellas márgenes en zonas donde el Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora discurren por el canal bien definido, en los alineamientos rectos y sobre la zona meándrica y por la parte interior del alineamiento curvo.

**Zona de Amenaza baja:** Corresponde a las márgenes del Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora donde el cauce presenta alineamientos rectos o de baja curvatura, en sectores en donde se observaron afloramientos rocosos y en sectores en que los depósitos presentan baja altura.

Es de notar que los niveles de amenaza se ven mayorados por la intervención del hombre realizando descargas de aguas negras sin control, retirando la cobertura vegetal de bajo porte, talando el bosque de galería de protección del cauce y a la disposición localizada de basuras y escombros sobre los taludes.

## CONTENIDO

5	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	2. 1
5.1	INTRODUCCIÓN .....	2. 1
5.2	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS .....	2. 1
5.3	CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS .....	2. 1
5.4	IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE DAÑO .....	2. 4
5.5	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.....	2. 5
5.5.1	Matrices de daño.....	2. 5
5.5.2	Valoración de la vulnerabilidad .....	2. 7
5.5.3	Vulnerabilidad de la sociedad .....	2. 9
5.5.4	Vulnerabilidad institucional.....	2. 15

## **2 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

La Evaluación de Vulnerabilidad se adelanta a partir de la identificación de los elementos urbanos localizados sobre las márgenes y valle de inundación del Río Sucio y Quebrada La Desmontadora. Es así como a partir del inventario de manzanas, la zonificación por los eventos de inundación e inestabilidad de las márgenes, se definen los elementos amenazados en cada zona y su nivel de exposición.

Así, en forma semi cuantitativa se establece el nivel de vulnerabilidad física, corporal y social de cada una de las manzanas que se encuentran dentro de las franjas de inundación, en función de los posibles daños que pueden llegar a sufrir los elementos expuestos situados en la zona de afectación previsible por los eventos amenazantes. El nivel de daño de los elementos expuestos se define en función de la tipología característica de cada una de las manzanas establecida en la caracterización del área en estudio y los modos de daño asociados a la solicitación impuesta por la corriente de agua y por los procesos de inestabilidad.

### **2.2 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS**

La identificación de los elementos expuestos para los eventos de torrencialidad, inundación e inestabilidad de las márgenes del Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora, se adelantó en función de las zonas de influencia establecida en los respectivos mapas de Amenaza. Para efectos del estudio se estableció como unidad base de mapeo la manzana, teniendo en cuenta las características urbanísticas del área, que la información DANE y catastral se encuentra a nivel de manzana y que las actuaciones sobre el entorno urbano deben hacerse a nivel de manzana.

Para tal efecto el área de estudio se delimito urbanísticamente, con las manzanas que se identificaron que posiblemente podían ser afectadas por la ocurrencia de eventos de torrencialidad, inundación e inestabilidad de márgenes asociada al Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora de acuerdo con los alcances del presente estudio. En el Anexo A se presenta el mapa base en el que aparece la delimitación del área de estudio. La Tabla 2-1 muestra el listado de las manzanas involucradas en los análisis de vulnerabilidad, de acuerdo con la codificación catastral.

En resumen para el análisis de vulnerabilidad se toman como elementos expuestos, las unidades habitacionales y las personas. Sobre las unidades habitacionales se define la vulnerabilidad física como posible daño de las mismas, sobre las personas su afectación corporal y sobre la comunidad su vulnerabilidad social.

### **2.3 CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS**

La caracterización de los elementos expuestos permite hacer una evaluación sobre el estado de cada una de las unidades habitacionales construidas, con un carácter más cualitativo que cuantitativo, sobre aspectos como la tipología estructural y la condición de los habitantes, con el objetivo primordial de identificar de manera conceptual su resistencia y capacidad de respuesta ante eventos de inundación o de deslizamientos.

**Tabla 2-1. Listado de manzanas consideradas en el análisis de vulnerabilidad**

Barrio	Manzana	Barrio	Manzana	Barrio	Manzana	Barrio	Manzana
001	001	001	017	004	002	005	026
001	001	002	001	004	002	006	001
001	001	002	001	004	005	006	002
001	001	002	002	004	007	006	002
001	002	002	003	004	008	006	003
001	003	002	004	004	009	006	003
001	004	002	005	004	010	006	004
001	005	002	006	005	002	006	005
001	005	002	007	005	007	006	006
001	006	002	008	005	008	007	001
001	007	002	009	005	015	007	002
001	008	003	001	005	016	007	002
001	009	003	003	005	020	007	003
001	010	003	004	005	021	007	003
001	011	003	005	005	021	007	003
001	012	003	006	005	022	007	004
001	013	003	007	005	023	009	001
001	014	003	008	005	023	009	001
001	015	004	001	005	024	009	002
001	016	004	001	005	025		

NOTA: Se presenta el listado de manzanas de acuerdo con la codificación que aparece en el plano catastral del municipio

Sobre este aspecto, conviene agregar que en general, casi ninguna edificación y mucho menos las que ocupan la atención de este estudio son diseñadas, ni construidas específicamente para resistir empujes o fuerzas laterales generadas por la corriente de agua, ni soportar desplazamientos producto de la acción de un deslizamiento y que por lo tanto, la evaluación que sobre el particular puede hacerse con base en el inventario es muy limitada. Más aún si las edificaciones del área en su construcción responden a una necesidad primaria de vivienda y esta además responde a la capacidad de respuesta de su propietario, a las necesidades de espacio, reflejando el nivel socio económico y cultural del mismo.

Así, la caracterización de los elementos expuestos, se estableció con base en la visita de reconocimiento realizada a la zona de estudio y consistió en:

- Identificación general de las características de tipología de las viviendas.
- Muestreo de tipología de vivienda por manzana.
- Caracterización de la población a nivel de manzana.
- Definición de tipología de viviendas a nivel de Manzana.

**Identificación general de tipología de viviendas:** La tipología de las estructuras se asocia de acuerdo a su naturaleza y a la capacidad de resistencia ante la acción que produce fuerzas externas, como por ejemplo la capacidad de resistir el empuje hidrostático de la corriente de agua o la pérdida de soporte por la ocurrencia de un deslizamiento. Una estructura en concreto seguramente presenta una mayor capacidad de resistencia que una estructura hecha con madera.

Es por esto, que la capacidad de respuesta o la vulnerabilidad física se evalúa de acuerdo al tipo de estructura definida para cada una de las manzanas mediante las características establecidas en campo. Se identificaron tres tipologías, así:

1 . Corresponde a unidades de recuperación, se caracterizan por tener un estructura de poca estabilidad y estar construidas en materiales perecederos como madera, lata, plástico, poli sombra, etc..

2- Corresponden a casas en muros portantes o prefabricados. Unidades en un solo nivel, construidas con ladrillos o bloques con cubiertas en teja, generalmente sin sistemas de confinamiento como lo establece el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes.

3 . Unidades de vivienda de 2 niveles construidas con algún sistema estructural de muros confinados, mampostería o con pórticos.

Por su localización se identificaron dos unidades de vivienda, la primera la que se construye sobre la llanura de inundación del río y la segunda construida directamente sobre la corona de las márgenes del río. Esta localización imprime la necesidad que cualquier tipo de vivienda requiera de construcción de columnas o pilas para alcanzar los niveles arquitectónicos de las viviendas . lo que comúnmente se le denomina palafito. Esta condición es tenida en cuenta para calificar la vulnerabilidad.

Vale la pena anotar que las viviendas se referenciaron espacialmente en el área de estudio, de tal forma que resulta sencillo asignarles el tipo de evento amenazante al que están expuestas, según su localización en el valle de inundación y/o en las márgenes del cauce principal.

**Muestreo de Viviendas:** Con base en la anterior identificación de tipología de viviendas se adelanto el inventario de las mismas de manera sistemática en cada una de las manzanas identificadas como elementos vulnerables. El formato de inventario empleado se presenta en el Anexo E.

Para tal fin se utilizo como instrumento de recolección de información el formato ajustado de inventario de viviendas que permite establecer las condiciones generales de la vivienda y la identificación de daños asociados a inundaciones o Fenómenos de remoción en masa. En la siguiente página se muestra la localización de los predios inventariados.

El formulario de inventario consta de cuatro bloques o partes básicas de información, mediante los cuales se pretende cubrir los alcances y objetivos del estudio, como es la de evaluar la vulnerabilidad física y social del predio:

La parte I, denominada Datos Básicos, se pretende obtener información de la identificación catastral del predio, propietario, tiempo de permanencia, tipo de vivienda en cuanto a su número de plantas y área construida, ocupación y cobertura de servicios.

La parte II, Condición Estructural, permite obtener la información necesaria para establecer la ubicación espacial del predio respecto a la ladera, tipo de cimentación, sistema estructural y estado de la misma.

La parte III, Daños, permite identificar el estado físico de la vivienda frente a la ocurrencia o no de eventos tipo inundación o FRM, su grado de exposición, condición estructural, el tipo de daño, los elementos afectados y dictar recomendaciones en cuanto a medidas de mitigación de ser necesario.

La parte IV, denominada Aspecto Social, pretende identificar la participación de los habitantes en la gestión comunitaria, inferir el nivel de ingresos y la percepción del riesgo.

Para la ejecución del trabajo de inventario de viviendas, se contó con los planos prediales a nivel de manzana o predio obtenido de la cartografía DANE o catastro Municipal.

Fueron inventariados 43 predios para la evaluación estructural y a los mismos se le realizó la encuesta social.

Toda la información consignada en los formularios fue transcrita fielmente a la base de datos diseñada en aplicación Excel según se muestra en el Anexo E, a partir de la cual se realizaron todos los análisis de tipología estructural y condición física de la vivienda, enfocados a establecer su vulnerabilidad física y el nivel de daño esperado.

**Caracterización de la población:** Los resultados de esta caracterización se muestran en el numeral de vulnerabilidad social.

**Tipología de viviendas:** La tipología de viviendas se adelanta a nivel de manzana de acuerdo a lo expuesto anteriormente. Para cada manzana se definió una tipología característica, en términos de:

- 1 - Unidades de recuperación,
- 2 - Casas en muros portantes o prefabricados.
- 3 - Unidades de vivienda con sistema estructural.

La tercera categoría corresponde principalmente a edificaciones institucionales o de servicios, que su sistema constructivo obedece a la utilización de procesos constructivos normatizados y técnicas adecuadas. Muy pocas viviendas se encuentran construidas con algún sistema estructural, predomina muros confinados.

En la siguiente página se muestra la tipología característica por manzana.

## 2.4 IDENTIFICACIÓN DE PROCESOS GENERADORES DE DAÑO

Esta identificación busca para cada evento generador de daño, inundación y deslizamientos, establecer la forma como se representa la acción sobre los elementos vulnerables y la manera como se produce el daño.

**Procesos de daño por inundación:** Una inundación puede producir arrastre, empujes, flotación, socavación, traslación o volcamiento sobre una estructura, estas acciones están dadas en función de las características de la creciente, especialmente la altura de lámina de agua o caudal y velocidad de misma.

Teniendo en cuenta las características de las crecientes en términos de altura y velocidad de agua, para la zona en estudio se definieron tres tipos de solicitaciones para las estructuras (vulnerabilidad física):

- Fuerza de arrastre o golpeteo . FA
- Presión hidrostática . PH.
- Socavación - SV

Ahora para tener en cuenta la afectación sobre las personas, vulnerabilidad corporal, se tuvo en cuenta la fuerza de arrastre definida cualitativamente con la velocidad de flujo y la altura de agua.

**Procesos de daño por deslizamiento:** Para este evento y teniendo en cuenta la localización geográfica de las construcciones, corona de las márgenes del río, y los mecanismos de falla de los taludes que conforman las márgenes, la acción sobre las estructuras de las viviendas es la de desplazamiento vertical por pérdida de soporte en la base o cimientos.

Los desplazamientos verticales son experimentados por los elementos localizados sobre la corona de las áreas inestables y su posible área de retroceso; su valoración se hace a partir de la dinámica de los movimientos, que para este caso específico se considera que se desencadenarían de manera súbita y rápida. Este tipo de solicitación principalmente se asocia en la zona a los predios localizados en la margen derecha del río a la altura de la Hacienda San Antonio y en la margen izquierda del río en los sectores inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del puente vehicular.

## 2.5 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

### 2.5.1 Matrices de daño

Una vez definidos los posibles tipos de daño sobre las edificaciones y sobre las personas, se procede a definir las matrices de daño de manera cualitativa en términos de intensidad de afectación de acuerdo al tipo de solicitación, en función de la calificación de la amenaza, y de la tipología de las viviendas.

**Matriz de afectación por Inundación:** Para esta se establecieron las siguientes matrices de afectación:

La primera en función de la velocidad de flujo. De acuerdo al criterio de peligrosidad, las velocidades son bajas si son menores  $0.5 \text{ m/s}^2$  y altas si son mayores a  $1 \text{ m/s}$ . Se considera que las velocidades mayores a  $1 \text{ m/s}$  la solicitación sobre la estructura es alta, mientras velocidades menores a  $1 \text{ m/s}$  es baja.

Entonces la afectación sobre las viviendas según su tipología se define como se muestra en la Tabla 2-2.

**Tabla 2-2. Matriz de afectación física por inundación**

Tipo de vivienda	Localización vivienda	Velocidad de flujo		
		Alta	Media	Baja
Madera . Sistema de recuperación	Valle del río	Alta	Media	Baja
	Borde del río	Alta	Alta	Media
Mampostería . Muros portantes	Valle del río	Media	Baja	Baja
	Borde del río	Alta	Media	Baja

Igualmente para el efecto de la socavación se determinó la matriz de afectación presentada en la Tabla 2-3.

**Tabla 2-3. Matriz de afectación física por socavación**

Tipo de vivienda	Localización vivienda	Velocidad de Flujo		
		Alta	Media	Baja
Madera . Sistema de recuperación	Valle del río	Media	Baja	Baja
	Borde del río	Alta	Alta	Media
Mampostería . Muros portantes	Valle del río	Baja	Baja	Nula
	Borde del río	Alta	Media	Baja

En función de la altura de agua, se estableció el nivel de afectación sobre las personas. El criterio de peligrosidad utilizado define: una altura de agua mayor a 1 m se considera peligrosa o de alto impacto, mientras alturas de agua menores a 0.5 m se consideran de bajo impacto, y de medio impacto cuando la altura de agua está entre 0.5m y 1 m.

Entonces la matriz de afectación a personas se define en la Tabla 2-4.

**Tabla 2-4. Matriz de afectación corporal por altura del agua**

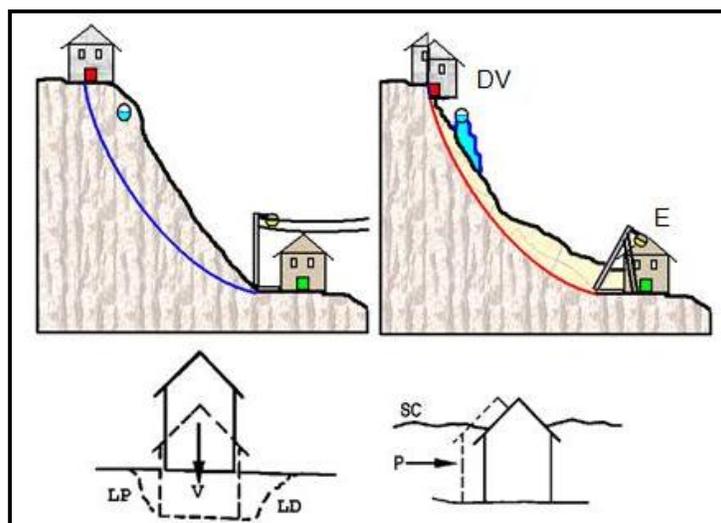
Tipo de vivienda	Altura de agua		
	Alta	Media	Baja
Madera . Sistema de recuperación	Alta	Alta	Media
Mampostería . Muros portantes	Alta	Media	Baja

**Matriz de afectación por deslizamientos:** Para la zona en estudio se definieron dos tipos de solicitaciones: Desplazamientos verticales . **DV** y Empujes o presión lateral . **E**.

Para los eventos tipo deslizamientos y teniendo en cuenta que los procesos generadores de daño en el caso de la zona de estudio son los desplazamientos verticales, el nivel de afectación de este tipo de solicitación se considera alto toda vez que el efecto sobre la edificación es la pérdida de su sistema de cimentación. La matriz de afectación se define en la Tabla 2-5.

**Tabla 2-5. Matriz de afectación por deslizamientos**

Tipo de vivienda	Afectación por desplazamientos verticales
Madera . Sistema de recuperación	Alta
Mampostería . Muros portantes	Alta



**Figura 2-1. Solicitaciones por deslizamientos**

## 2.5.2 Valoración de la vulnerabilidad

**Vulnerabilidad por Inundación:** La valoración de la vulnerabilidad para las manzanas se adelanta en función de los niveles de daño en términos de afectación definidos en los numerales anteriores y los niveles de amenaza a que está expuesta la misma establecidos de acuerdo al periodo de retorno ( la amenaza para un Tr de 100 años se considera baja, mientras para un Tr de 50 a 100 años se considera media), de acuerdo a su localización en el área inundada y las características de la misma en términos de altura de agua y velocidad.

La vulnerabilidad física se estableció con base en la matriz de afectación definida en función de la velocidad de flujo, mientras la vulnerabilidad corporal o de las personas se definió en función de la altura de agua.

Los intervalos de clasificación de la vulnerabilidad se establecen según la información contenida en la Tabla 2-6.

**Tabla 2-6. Categorización niveles de vulnerabilidad**

Niveles	Vulnerabilidad
MB Muy Bajo	$<0.1$
B Bajo	$0.1 \leq B < 0.3$
M Medio	$0.3 \leq M < 0.6$
A Alto	$0.6 \leq A < 0.8$

Los resultados de la cualificación de la vulnerabilidad se presentan en el Anexo G, discriminando la vulnerabilidad física de la vulnerabilidad corporal y sumada la vulnerabilidad social definida para cada manzana.

La representación de estos resultados sobre la base cartográfica se muestra en el Plano G-4 Vulnerabilidad de Edificaciones, empleando el criterio semáforo, esto es:

Tono naranja	Nivel de vulnerabilidad alto
Tono amarillo	Nivel de vulnerabilidad medio
Tono verde	Nivel de vulnerabilidad bajo

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede establecer que la vulnerabilidad física y corporal por los eventos tipo inundación se encuentra en un rango bajo a muy bajo. La vulnerabilidad física baja se concentra en la margen derecha del río desde el puente colgante peatonal hasta el puente vehicular que corresponde al tramo de la Hacienda San Antonio y en la margen derecha a la parte baja del Barrio La Playita en donde la vulnerabilidad física va de baja a alta.

**Vulnerabilidad por inestabilidad de márgenes:** Dadas las características de los procesos que afectan las márgenes del Río Sucio, en la margen derecha en el sector de la Hacienda San Antonio y en la margen izquierda en los sectores inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del puente vehicular, se considera que la vulnerabilidad de las viviendas localizadas sobre las coronas de la márgenes y que se encuentren afectadas por inestabilidad de las mismas, es alta a muy alta, vulnerabilidad 1. Adicionalmente en la margen izquierda aguas arriba del puente colgante peatonal se aprecia que la vulnerabilidad es alta.

En el plano G-6 del Anexo G se muestra la vulnerabilidad física por inestabilidad de márgenes.

**Vulnerabilidad por torrencialidad:** Dada la magnitud y características de los eventos torrenciales que pueden llegar a producirse y pueden afectar la zona urbana del municipio de Dabeiba, se aprecia que buena parte de las manzanas de la zona de estudio se encuentran en zona de vulnerabilidad alta; esto aplica tanto para los fenómenos de torrencialidad debidos al Río Sucio como a la Quebrada La Desmontadora y otras quebradas que pasan por el casco urbano.

La valoración de la vulnerabilidad para las manzanas se adelanta en función de los niveles de daño en términos de afectación. En general se aprecia que dado el volumen y composición del material que se movilizaría en una avenida torrencial, se considera que en caso de presentarse alguna exposición a este tipo de fenómeno, la vulnerabilidad física sería alta independientemente de la tipología de la construcción. Entonces a partir del mapa de amenaza por torrencialidad presentado se puede establecer cuáles son las manzanas que quedan expuestas a este tipo de amenaza, que corresponden en general a las terrazas bajas del Río Sucio y de la Quebrada La Desmontadora.

Con base en esto se pueden incluir como zonas de vulnerabilidad física alta por torrencialidad el Barrio La Arenera, el Barrio La Playita, el Barrio La Selva, el Barrio Obrero, así como las partes bajas de los Barrios Víctor Cárdenas y El Centro. Otros sectores como el Barrio Juan H White, el Cementerio, el Barrio Pablo VI y el Barrio Alfonso López, por encontrarse en zonas altas son considerados como de vulnerabilidad muy baja. En el plano G-4 del Anexo G se muestra la vulnerabilidad física por inestabilidad de márgenes.

### 2.5.3 Vulnerabilidad de la sociedad

Adicional a la vulnerabilidad física de las viviendas ante una amenaza de inundación, se introduce el concepto de vulnerabilidad social. Ésta permite establecer, sobre el contexto socio económico de la población ubicada en el área de afectación, la capacidad de respuesta de una sociedad amenazada<sup>8</sup>. Ante la ocurrencia de un evento de inundación potencialmente dañino, aquellos hogares con menores recursos económicos presentan una mayor dificultad para su atención que los de altos ingresos, ya que suelen tener menor capacidad de recuperarse.

La vulnerabilidad de la población expuesta puede verse incrementada por la capacidad de respuesta de las instituciones y por tanto, estos dos elementos en conjunto, constituyen la **vulnerabilidad de la sociedad**, cuya evaluación resulta básica en la gestión del riesgo ya que permite la definición de medidas de mitigación tendientes a mejorar la capacidad de respuesta tanto de las familias como de las instituciones.

La vulnerabilidad social, se relaciona con la *fragilidad social* y la *falta de resiliencia*. Por un lado, la fragilidad social indica que la vulnerabilidad se explica por la misma pobreza en que viven las familias, relacionándose muy de cerca, en términos causales, con sus grados de exclusión social y el peso del riesgo cotidiano que deben vencer como parte de sus vidas diarias y, por otro lado, a que precisamente ésta fragilidad se vuelve un factor que expresa las limitaciones de acceso y movilización de recursos para una adecuada ubicación del asentamiento humano<sup>9</sup>, falta de preparativos para atender emergencias y en esa medida su incapacidad de respuesta y sus deficiencias para absorber el impacto que producen los desastres y su rehabilitación o recuperación post-desastres.

<sup>8</sup> La vulnerabilidad es compleja, multicausal y está compuesta por varias dimensiones analíticas, pues confluyen aspectos de los individuos u hogares y características económicas, políticas, culturales y ambientales de la sociedad. BUSSO G. 2002. La vulnerabilidad sociodemográfica en Nicaragua: Un desafío para el crecimiento económico y la reducción de la pobreza. Naciones Unidas. CEPAL. CELADE.

<sup>9</sup> La localización de vivienda e infraestructura en terrenos frágiles o inestables, está ligada por una serie de presiones dinámicas, que canalizan las causas de fondo hacia condiciones inseguras y hacia colisiones específicas en el tiempo y espacio con una amenaza natural+. PIERS BLAIKIE, otros. 1996. Vulnerabilidad. La Red.

La valoración de la vulnerabilidad social parte de la caracterización de la población y requiere de la definición de variables consideradas apropiadas en un área expuesta a inundaciones.

En este caso, teniendo en cuenta la homogeneidad de las condiciones sociales de la población asentada en el área de estudio, la estimación de la fragilidad social se elaboró a nivel de manzana evaluando aquellas variables que constituyen una discriminación positiva hacia aquellos hogares que se encuentran en condiciones de mayor fragilidad, utilizando para ello la información del Censo 2005, elaborado por el DANE. Los factores que fueron tomados en cuenta para determinar la vulnerabilidad social de los hogares a nivel de manzana se presentan en la Tabla 2-7.

**Tabla 2-7. Factores de vulnerabilidad de la valoración de vulnerabilidad social.**

<b>Factor de vulnerabilidad</b>	<b>Criterio</b>
El número de personas en la manzana.	A mayor número de personas, se aumenta en número de damnificados en caso de presentarse una inundación.
La proporción de niños menores 14 años y los adultos mayores con relación a la población adulta.	Indica la población que requiere de atención y sostenimiento por parte de los adultos.
La proporción de personas con alguna discapacidad en la manzana.	La presencia de un elevado número de personas con alguna discapacidad limita la capacidad de respuesta ante un evento de desastre.
El nivel de escolaridad de las personas que habitan en la manzana.	El nivel de escolaridad de las personas se relaciona con la capacidad de acceder a un trabajo. Se calificó como bajo si el 45% de los habitantes tenían una escolaridad hasta 4 primaria, medio si más del 30% de los habitantes de la manzana contaban con primaria completa hasta básica secundaria y alto si más del 20% de las personas de la manzana tenían una escolaridad mayor de básica secundaria.
La relación hombres/mujeres en edad adulta.	Considerando la influencia del conflicto armado en el municipio, una mayor presencia de mujeres en edad adulta indica la presencia de hogares con mujeres cabeza de hogar.
El acceso al servicio de alcantarillado	Resulta ser el servicio público más discriminativo.
La presencia en la manzana de lugares especiales de alojamiento - LEA.	Que implican concentración de personas, como asilo de ancianos, conventos, seminarios, cárcel, etc.
La proporción vivienda %tipo cuarto+ en la manzana.	Indica un mayor grado de hacinamiento de los habitantes de una manzana.

La valoración de la fragilidad social y del factor de resiliencia de los habitantes de una manzana se realizó aplicando la calificación que se presenta en la Tabla 2-8 a los factores definidos. El peso de la valoración recaerá en las variables con puntaje máximo de 2, entre las cuales se encuentran: número de persona por manzana, proporción de niños y adultos mayores, nivel de escolaridad de las personas que habitan una manzana y proporción de viviendas %tipo cuarto+. Los extremos están dados por una fragilidad social muy alta con un puntaje máximo de 13 puntos (sumando) frente a una fragilidad social baja con un valor mínimo de 0.

**Tabla 2-8. Fragilidad social y factor de resiliencia por manzana**

<b>Factor de vulnerabilidad</b>	<b>Rangos /Valoración para ponderación</b>		
Número de personas por manzana	m40	40 . 80	> 80
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Proporción de niños y adultos mayores	< 0.5	0.5 . 0.7	> 0.7
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Proporción de personas con discapacidad	< 0.07	0.07 . 0.11	> 0.11
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Nivel de escolaridad	Alto	Medio	Bajo
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Relación hombres/mujeres	≥ 1	< 1	
	<b>0</b>	<b>1</b>	
Servicio de alcantarillado	SI	NO	
	<b>0</b>	<b>1</b>	
Presencia de lugares especiales de alojamiento - LEA	NO	SI	
	<b>0</b>	<b>1</b>	
Proporción de viviendas tipo cuarto+	m5	5 . 9	> 9
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

Se establecieron rangos de calificación intermedios, a partir del análisis de distribución de frecuencias de la información procesada por manzana estudiada, para definir vulnerabilidad social muy alta, alta, media y baja, según se presenta en la Tabla 2-9.

**Tabla 2-9. Clasificación de la fragilidad social por vivienda**

<b>Fragilidad social</b>	<b>Calificación</b>
Baja	< 4
Media	4 - 6
Alta	6 - 8
Muy alta	> 8

Adicionalmente, con el fin de corroborar y complementar la información reportada por el DANE se elaboraron encuestas a algunas familias ubicadas en el área de estudio, escogidas al azar, con el fin de determinar su vulnerabilidad. Para ello se empleo el Formulario para la evaluación de daños en edificaciones por inundación y FRM, que recoge no solo aspectos de las viviendas sino familiares.

Teniendo en cuenta que, según Núñez y Espinosa (2005)<sup>10</sup>, un hogar es más vulnerable cuando es pobre que uno rico (en relación con los ingresos), además, en relación con la proporción de niños menores de 12 años, son más vulnerables aquellos hogares donde más de uno de cada tres miembros es un niño. De otra parte, los hogares donde menos de una cuarta parte de los miembros trabaja son más vulnerables y la incidencia de vulnerabilidad es mayor en los hogares desplazados, en los que hay una persona discapacitada, en aquellos que no tienen activos productivos y en los hogares que no son propietarios de la vivienda, se establecieron las variables y los rangos de calificación de la vulnerabilidad para los hogares encuestados.

La valoración de la fragilidad social y del factor de resiliencia de los habitantes de una vivienda se realizó aplicando los factores definidos y presentados en la Tabla 2-10.

**Tabla 2-10. Fragilidad social y factor de resiliencia por familia**

Variables	Rangos /Valoración para ponderación			
	1 y 2	3	4 y 5	6
Estrato	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
No. Personas/ vivienda	Más de 9 <b>3</b>	7 a 9 <b>2</b>	4 a 6 <b>1</b>	De 1 a 3 <b>0</b>
Ingresos (en SMMLV)	Menor a 1 <b>3</b>	Entre 1 y 2 <b>2</b>	Entre 2 y 4 <b>1</b>	Más de 4 <b>0</b>
Escolaridad Jefe de Familia	Ninguna <b>3</b>	Primaria <b>2</b>	Secundaria <b>1</b>	Técnica o Universitaria <b>0</b>
Propiedad sobre la vivienda	Arrendada <b>1</b>	Propia <b>0</b>		
Proporción personas que trabajan en la familia	Menor a ¼ <b>1</b>	Igual o mayor a ¼ <b>0</b>		
Género Jefe de Familia	Mujer <b>1</b>	Hombre <b>0</b>		
Ocupación Jefe de Familia	Desempleado <b>2</b>	Pensionados; E. Domésticas, T. Independiente <b>1</b>	Empleado <b>0</b>	
Edad Jefe de Familia (años)	Menor de 25 <b>1</b>	Mayor de 25 <b>0</b>		
Proporción niños por adulto en la familia	> 1/3 <b>1</b>	Menor a 1/3 <b>0</b>		
Discapacitados en la vivienda	Si <b>1</b>	No <b>0</b>		

1 10 NÚÑEZ J., ESPINOSA S. 2005. Determinantes de la pobreza y la vulnerabilidad. Misión para el Diseño de una Estrategia para la Reducción de la Pobreza y la Desigualdad (MERPD)

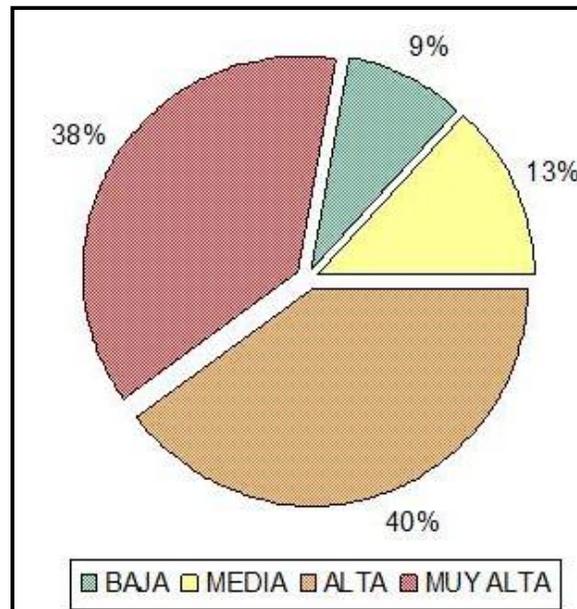
Los rangos de calificación que se establecieron de la información procesada por cada una de las familias encuestadas en la muestra se presentan en la Tabla 2-11.

**Tabla 2-11. Clasificación de la fragilidad social por familia entrevistada**

Fragilidad social	Calificación
Baja	< 6
Media	6 . 8
Alta	9 . 11
Muy alta	> 11

El resultado final de la calificación de la fragilidad social a nivel de manzana y de familia para el Municipio de Dabeiba se aprecia en la Tabla 2-12. En aquellos casos en los que las dos calificaciones fueron opuestas se evaluaron las razones y se optó por la que mayor discriminación positiva representa a nivel de manzana. Sin embargo, en general las encuestas a nivel de familia confirmaron lo obtenido a nivel de manzana.

Para las 45 manzanas ubicadas en el área de estudio de este municipio se obtuvo una distribución de la vulnerabilidad social predominantemente **Muy alta** y **Alta** como puede apreciarse en la Figura 2-2. Indicando que las medidas de mitigación deben contemplar acciones que minimicen esta vulnerabilidad, de tal forma que repercutan en una mejor calidad de vida de los habitantes de este sector.



**Figura 2-2. Distribución porcentual de las categorías de vulnerabilidad social en el área de estudio**

**Tabla 2-12. Vulnerabilidad social de las manzanas del área de estudio en el Municipio de Dabeiba**

Codigo Manzana DANE	Total puntaje vulnerabilidad social a nivel de manzana	Calificación de la Vulnerabilidad social a nivel de manzana	Total puntaje vulnerabilidad a nivel de vivienda	Calificación vulnerabilidad por vivienda
052341990000000000010101	5	MEDIA	6	BAJA
05234199000000000000010103			6	BAJA
05234199000000000000010104	6	ALTA		
05234199000000000000010105	6	ALTA		
05234199000000000000010106	10	MUY ALTA		
05234199000000000000010107	10	MUY ALTA		
05234199000000000000010108	7	ALTA		
05234199000000000000010109	9	MUY ALTA		
05234199000000000000010110	Placa deportiva y cancha de fútbol			
05234199000000000000010111	6	ALTA		
05234199000000000000010114	8	MUY ALTA	15	MUY ALTA
05234199000000000000010201	8	MUY ALTA		
05234199000000000000010202	6	ALTA	9	MEDIA
05234199000000000000010203	6	ALTA	12	ALTA
05234199000000000000010204	8	MUY ALTA	14	ALTA
05234199000000000000010205	7	ALTA	14	ALTA
05234199000000000000010206	7	ALTA		
05234199000000000000010207	5	MEDIA		
05234199000000000000010208	8	MUY ALTA		
05234199000000000000010209	9	MUY ALTA		
05234199000000000000010210	1	BAJA	10	MEDIA
05234199000000000000010214	10	MUY ALTA	11	ALTA
05234199000000000000010215	8	MUY ALTA		
05234199000000000000010216			10	MEDIA
05234199000000000000010217	10	MUY ALTA		
05234199000000000000010218	5	MEDIA		
05234199000000000000010219	3	BAJA		
05234199000000000000010220	Matadero municipal	ALTA		
05234199000000000000010221	5	MEDIA		
05234199000000000000010222	5	MEDIA		
05234199000000000000010223	7	ALTA	13	ALTA
05234199000000000000010301	6	ALTA		
05234199000000000000010302	7	ALTA		
05234199000000000000010320	7	ALTA	16	MUY ALTA
05234199000000000000010321	6	ALTA		
05234199000000000000010322			9	MEDIA
05234199000000000000010401	8	MUY ALTA	11	ALTA
05234199000000000000010404	7	ALTA		
05234199000000000000010405	1	BAJA	10	MEDIA
05234199000000000000010504	9	MUY ALTA	13	ALTA
05234199000000000000010505	8	MUY ALTA		
05234199000000000000010506	7	ALTA		
05234199000000000000010507			11	ALTA
05234199000000000000010514	10	MUY ALTA		
05234199000000000000020112	7	ALTA		
05234199000000000000020113	5	MEDIA		
05234199000000000000020114	3	BAJA		
05234199000000000000020115	8	MUY ALTA		
05234199000000000000020116	8	MUY ALTA		
05234199000000000000020117	6	ALTA	10	MEDIA
05234199000000000000020118			13	ALTA
05234199000000000000020201			13	ALTA

#### 2.5.4 Vulnerabilidad institucional

La vulnerabilidad institucional, se refiere a la capacidad de las instituciones para incorporar la gestión del riesgo en sus planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, de tal forma que se definan las políticas, estrategias, programas y proyectos orientados a la mitigación y prevención de riesgo en su nivel territorial, así como que contemplen la gestión de riesgo como un componente de los procesos de gestión del desarrollo sectorial y territorial, del ambiente y de la sostenibilidad, en general<sup>11</sup>.

Se refiere también a su capacidad de respuesta ante la ocurrencia de desastres así como la capacidad de recuperarse una vez sucedidos, que se relaciona con la vulnerabilidad fiscal de la entidad territorial afectada.

Además de lo anterior, es preciso tener en cuenta la capacidad de gestión del riesgo que poseen las instituciones de acuerdo a los roles, funciones y responsabilidades que deben cumplir según la normatividad vigente, que se refleja en el conocimiento de los riesgos presentes en el municipio, la incorporación de la prevención y reducción de riesgos en la planificación, el fortalecimiento del desarrollo institucional y la socialización de la prevención y la mitigación de desastres.

Por otro lado la capacidad de respuesta institucional, está dada tanto por la coordinación entre el ejecutivo y las instituciones operativas, como por la disponibilidad de personal y recursos físicos y financieros que permita una actuación eficaz y oportuna.

Todo acompañado por la generación de información confiable, clara, detallada, segura, específica, adaptada y apropiada por la sociedad vulnerable (población e instituciones).

Por ello, el conocimiento de la Vulnerabilidad de la Sociedad dentro de un estudio de riesgo ante cualquier amenaza constituye un insumo importante, toda vez que las acciones definidas como medidas de mitigación y reducción del riesgo requerirán, necesariamente, de instituciones que integren esfuerzos para su cabal desarrollo.

La vulnerabilidad institucional es un factor que afecta a una escala diferente ya que generalmente compromete la totalidad de la entidad territorial sobre la cual ésta ejerce su nivel jurisdiccional. Se constituye en una variable que influye sobre la vulnerabilidad global, pero que resulta difícil medirla en el nivel de áreas más detalladas. Sin embargo, es importante evaluar su impacto en los procesos de gestión del riesgo tanto en la prevención y mitigación como en la atención de emergencias, como se mencionó anteriormente.

Con el fin de evaluar la vulnerabilidad institucional relativas con los aspectos administrativos se realizaron entrevistas con las diferentes instituciones locales que se encuentran directamente relacionadas con la gestión del riesgo, con el fin de establecer el grado de preparación con que cuenta el municipio para hacer frente a una situación de desastre. Se llevaron a cabo entrevistas con el Secretario de Planeación y el Comandante del Cuerpo de Bomberos. En el municipio no opera ni la Cruz Roja, ni la Defensa Civil.

---

11 LAVELL, 2003

Se puede decir que a pesar de que el municipio conoce los lugares en los que se presentan riesgos por inundación y cuenta con un Plan de Emergencias, la falta de continuidad en las personas que se encuentran a cargo de este tema en los diferentes entes territoriales involucrados y la poca documentación del tema, crea una pérdida de memoria institucional y una baja continuidad de las acciones.

Es así como el Comité Local de Prevención y Atención de Desastres . CLOPAD se encontraba inactivo en la fecha de realizar la entrevista y no se reunía hacía más de un año. La actividad del cuerpo de bomberos ha permitido realizar unas campañas y capacitaciones esporádicas, pero no se cuenta con la periodicidad requerida.

De otra parte, no se cuenta con sistemas de alarma y no se realiza una sistematización de los registros y reportes que se generan en cada uno de los eventos que ocurren, con el fin de estimar los daños ocurridos y las pérdidas ocasionadas por ellos, adicional a esto, los recursos disponibles resultan insuficientes en muchos de los casos para la renovación y adquisición de equipos, así como para realizar obras de mitigación.

## CONTENIDO

6	VALORACIÓN DEL RIESGO.....	I
6.1	DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO .....	I
6.1.1	Riesgo por torrencialidad.....	i
6.1.2	Riesgo por inundación.....	ii
6.1.2.1	Riesgo físico por Inundación .....	ii
6.1.2.2	Riesgo corporal por Inundación.....	ii
6.1.3	Riesgo por Inestabilidad de márgenes: .....	iii

## 1 VALORACIÓN DEL RIESGO

Una vez definida la amenaza por torrencialidad, inundación y por inestabilidad de los márgenes y haber establecidos los índices de vulnerabilidad física y corporal en términos de nivel de daño, el riesgo por se define cualitativamente como el producto de la amenaza por la vulnerabilidad. Se establecen los mapas de riesgo de manera separada tanto para los aspectos físicos como de afectación a la población . aspectos corporales.

### 1.1 DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE RIESGO

#### 1.1.1 Riesgo por torrencialidad

La categorización de los niveles de riesgo por torrencialidad se presenta en el plano H-1 del Anexo H y dichos niveles se definieron con la aplicación de la siguiente matriz:

**Tabla 1-1. Matriz de Riesgo físico por torrencialidad**

Amenaza	Vulnerabilidad		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Media	Baja
Baja	Media	Baja	Baja

El plano se elaboró empleando el criterio semáforo, esto es:

*Tono Naranja - Niveles de riesgo alto (A):* El nivel de afectación de la construcción es alto, especialmente debido a que la localización de la misma. Está asociado tanto a viviendas de recuperación como a las construidas con otros sistemas. Las zonas que fueron encontradas como de alto riesgo corresponden a la parte baja de los Barrios Víctor Cárdenas, La Selva y El Centro, El Barrio La Playita y la zona aledaña a la Quebrada La Desmontadora, de acuerdo con lo que se muestra en el Anexo H en el plano H-1.

*Tono amarillo - Niveles de riesgo medio (M):* Nivel de afectación de la construcción es medio, y está asociado a sectores donde los niveles de amenaza son bajos y a viviendas de recuperación como a las construidas con otros sistemas. En esta categoría se encuentran el Barrio La Arenera, la terraza intermedia del Barrio Víctor Cárdenas, el sector aledaño a la Quebrada La Desmontadora, la Hacienda San Antonio y parte del Barrio La Selva, de acuerdo con lo que se muestra en el Anexo H en el Plano H-1.

*Tono verde - Niveles de riesgo bajo (B):* Nivel de afectación de la construcción es bajo. Corresponde a zonas en las que los niveles de amenaza son muy bajos y a viviendas de recuperación como a las construidas con otros sistemas. En zona de riesgo bajo por torrencialidad se encuentran las manzanas situadas en las partes altas como el Barrio Pablo VI, Barrio Alfonso López y el Barrio Juan H White según se muestra en el Anexo H en el plano H-1.

## 1.1.2 Riesgo por inundación

La categorización de los niveles de riesgo por inundación se presenta en los planos H-1 y H-2 del Anexo H y se definieron con la aplicación de las matrices presentadas en la Tabla 1-2y Tabla 1-3.

### 1.1.2.1 Riesgo físico por Inundación

**Tabla 1-2. Matriz de Riesgo físico por Inundación.**

Amenazad	Vulnerabilidad		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Media	Baja
Baja	Media	Baja	Baja

El plano se elaboro empleando el criterio semáforo, esto es:

*Tono Naranja - Niveles de riesgo alto(A):* El nivel de afectación de la construcción es alto, especialmente debido a que la localización de la misma, que implica esté sometida a flujos de agua con alturas y/o velocidades de agua mayores a 1 m y/o 1 m/s. Está asociada principalmente a vivienda de recuperación. Se encuentran en zona de alto riesgo físico por inundación algunas manzanas situadas en la parte baja del Barrio La Playita, según se muestra en el Anexo H en el plano H-2.

*Tono amarillo - Niveles de riesgo medio (M):* Nivel de afectación de la construcción es medio, y está asociado a sectores donde las construcciones son en ladrillos o las intensidades de flujos en términos de velocidad son menores a 1 m/s. Se encuentran en zona de riesgo medio por inundación algunas manzanas de los barrios Víctor Cárdenas, Obrero y La Playita, según se muestra en el Anexo H en el plano H-2.

*Tono verde - Niveles de riesgo bajo (B):* Nivel de afectación de la construcción es bajo. Corresponde a zonas que solo se inundan para eventos con Tr del orden de los 100 años, las velocidades de flujo son bajas, menores a 0.5 m/s y alturas de agua menores a 0.5 m y las construcciones son por lo general en ladrillo. Se encuentran zonas de bajo riesgo por inundación en el sector de la Hacienda San Antonio y la parte baja del Barrio La Selva, según se muestra en el Anexo H en el plano H-2.

### 1.1.2.2 Riesgo corporal por Inundación

**Tabla 1-3. Matriz de Riesgo corporal por Inundación.**

Amenazad	Vulnerabilidad		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Alta	Media
Baja	Media	Media	Baja

Para la estimación del riesgo corporal por las inundaciones, afectación a personas, la matriz se estimó asignando un mayor nivel de riesgo dada la presencia de una población infantil numerosa. El criterio utilizado es la altura de agua de inundación, que a partir de los 0.5 m ya representa peligro para los niños, independientemente del tipo de construcción. El plano se elaboró empleando el criterio semáforo, esto es:

*Tono Naranja - Niveles de riesgo alto (A):* El nivel de afectación de la persona es alto, las personas en estas zonas estarán sometidas a flujos de agua con alturas iguales o mayores a 1 m. De acuerdo con los resultados de los análisis realizados no se encontraron manzanas del casco urbano situadas en zona de riesgo corporal alto por inundación, según se muestra en el Anexo H en el plano H-3.

*Tono amarillo - Niveles de riesgo medio (M):* Nivel de afectación de las personas es medio, y está asociado a sectores donde el nivel de agua está por debajo de 1 m y cercano a los 0,5 m. De acuerdo con los resultados de los análisis realizados no se encontraron manzanas del casco urbano situadas en zona de riesgo corporal medio por inundación, según se muestra en el Anexo H en el plano H-3.

*Tono verde - Niveles de riesgo bajo (B):* Nivel de afectación de las personas es bajo. Corresponde a zonas que solo se inundan para eventos con tr del orden de los 100 años, y alturas de agua menores a 0.5 m. Se encuentran zonas con riesgo corporal bajo en la Hacienda San Antonio, Barrio Obrero, la parte baja del Barrio La Selva y el Barrio La Playita, según se muestra en el Anexo H en el plano H-3.

Como se puede observar en los planos de riesgo por inundación presentados las manzanas con altos niveles de riesgo, corporal o físico, se localizan en la zona de divagación natural del río Barrio La Playa, Casa Blanca y Guayabal, especialmente las viviendas localizadas sobre las márgenes de cauce principal, incluyendo el Barrio Zona Industrial.

### **1.1.3 Riesgo por Inestabilidad de márgenes:**

La delimitación de las áreas de riesgo por inestabilidad de las márgenes se realiza en función del mapa de amenaza y con la identificación de las edificaciones e infraestructura que estaría expuesta a este tipo de procesos. En el plano H-4 del Anexo H se presenta el plano de riesgo por inestabilidad de márgenes.

Así, teniendo en cuenta el grado de exposición ante el evento los niveles de riesgo se definen como:

*Riesgo alto:* Se encuentran dentro de esta zona la manzana de la Hacienda San Antonio, las manzanas ubicadas inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del puente vehicular en la margen izquierda del Río Sucio, según se muestra en el Anexo H en el Plano H-4.

En estos sectores se recomienda reubicar las viviendas afectadas por los procesos de inestabilidad de márgenes y redefinir su uso dentro de la zona urbana, dejando unos aislamientos entre la margen del río y las viviendas que no se reubiquen, que puede ser la zona de protección y manejo ambiental incluida la ronda.

*Riesgo Medio:* Esta categorizado como riesgo medio, la manzana del Barrio El Centro que se ubica en la Carrera 10 con Calle 8, la manzana de la parte baja del Barrio La Selva, y las manzanas de la Carrera 9 con Calle 12 en que funciona el matadero, y las de la Carrera 10 entre Calles 12 y 13 en una de las cuales funciona la plaza de mercado, según se muestra en el Anexo H en el Plano H-4.

*Riesgo Bajo:* Están en esta categoría las manzanas que en la actualidad no se identifica la generación de riesgo por inestabilidad de las márgenes, aunque si no se realiza la gestión del riesgo adecuada pueden ser susceptibles a este, estas son las que se encuentran sobre la margen izquierda del cauce en los barrios Pablo VI, Alfonso López, la Arenera y El Centro, la manzana que queda sobre la margen derecha del Barrio Víctor Cárdenas, el Barrio Obrero, la manzana del Coliseo, las manzanas del Barrio La Playita en la margen derecha de la Quebrada La Desmontadora y ambas márgenes de esta quebrada en el sector del Cementerio, según se muestra en el Anexo H en el Plano H-4.

En general se recomienda proteger y mejorar la cobertura de ribera de los cauces del Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora a todo lo largo del mismo, con el fin de evitar que en las zonas donde está más intervenida la vegetación se generen problemas de inestabilidad de las márgenes.

## CONTENIDO

7	PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO .....	2. 1
7.1	INTRODUCCIÓN.....	2. 1
7.2	ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES.....	2. 1
7.3	PLAN GENERAL DE ACCIÓN .....	2. 2
7.3.1	Plan de mejoramiento integral.....	2. 3
7.3.2	Medidas de Mitigación - No Estructurales .....	2. 3
7.3.3	Medidas de Mitigación . Estructurales .....	2. 5
7.4	NIVEL DE RESPONSABILIDAD .....	2. 6

## **2 PLAN DE MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL RIESGO**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

A partir de los resultados obtenidos de la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por torrencialidad, inundación e inestabilidad de márgenes en la zona urbana del municipio de Dabeiba, se plantea una serie de actividades de prevención, mitigación y control.

Entre los parámetros más importantes que se tienen presentes en el planteamiento de las acciones y de las obras de mitigación estuvo la funcionalidad de las mismas frente al desarrollo social sostenible y la factibilidad de la medida mitigante.

Otros aspectos importantes a considerar desde el punto de vista ambiental y social, lo constituyen el planteamiento del mejoramiento de las condiciones del hábitat a partir de la reorganización del uso de la tierra y la restricción de uso por inundación e inestabilidad de márgenes. Este cambio de uso busca mitigar los efectos negativos de la actividad antrópica y el inadecuado planeamiento y desarrollo urbano con el que se ha venido consolidando la parte urbana y que han sido claramente identificados con los resultados obtenidos en este estudio de vulnerabilidad y riesgo.

### **2.2 ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES**

La evaluación de la Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo actual en el área estudiada permite concluir que la problemática de riesgo ha sido generada por la intervención del hombre sobre el medio físico, consecuencia directa del avance urbanístico de la zona. En este municipio el desarrollo urbano se ha dado sobre diferentes niveles de terrazas y abanicos de origen torrencial y fluvio-torrencial, por lo que una parte importante de las viviendas e infraestructura se encuentra en zona de amenaza por la ocurrencia de eventos torrenciales, en especial los sectores ubicados en las partes bajas y cercanas a las márgenes del Río Sucio, la Quebrada La Desmontadora y otras corrientes que pasan por el casco urbano del municipio. En el pasado se ha dado la ocurrencia de eventos torrenciales que han tenido graves efectos en la zona urbana del municipio como el ocurrido en 1970 por bloqueo del Río Sucio y en la Quebrada La Desmontadora en 1993, además de otros reseñados en el Capítulo 4.

Aparte de la amenaza derivada de la ocurrencia de eventos torrenciales, también se tiene la exposición a eventos de inundaciones en sectores urbanizados a lo largo de las márgenes del Río Sucio como en el Barrio La Playita y otras zonas no urbanizadas como las partes bajas de los barrios Pablo VI, La Arenera, Víctor Cárdenas y la terraza baja en el sector de la Hacienda San Antonio. Otro fenómeno amenazante es el de inestabilidad de márgenes que afecta la zona urbana en sitios puntuales como la margen derecha del Río Sucio en la Hacienda San Antonio y en la margen izquierda de este río en los sectores ubicados inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del estribo del puente vehicular.

De acuerdo con lo anterior, dentro de las consideradas la principal amenaza para la zona urbana del municipio es la de avenidas torrenciales en el Río Sucio, Quebrada La Desmontadora y otras quebradas que pasan por el casco urbano, mientras que las amenazas por inundación e inestabilidad de márgenes afectan zonas de menor extensión, y especialmente esta última que afecta sectores puntuales. En este sentido las actividades de gestión del riesgo deben estar orientadas a establecer la ronda hidráulica del río y las quebradas que sirvan como zonas aislamiento y protección ambiental, con la consiguiente restricción de uso para vivienda. En general las medidas de mitigación y control contra fenómenos de avenidas torrenciales, inundaciones e inestabilidad de márgenes deben estar dirigidas a reducir la amenaza, la vulnerabilidad y los efectos sociales derivados de éstas.

### **2.3 PLAN GENERAL DE ACCIÓN**

El plan de acciones establece las medidas preventivas, correctivas y de mitigación que buscan en primera instancia, reducir al mínimo los niveles de amenaza, vulnerabilidad y riesgo a que está expuesta la comunidad, bien sea controlando los procesos o anulando los niveles de exposición de las viviendas y, en segunda instancia, busca corregir las condiciones del entorno físico y ambiental que favorecen la ocurrencia de los procesos de inundación e inestabilidad de márgenes.

Cada una de las medidas se debe convertir en planes y proyectos detallados, los cuales en su conjunto se consideran esenciales para un manejo integral y sistemático de la problemática de riesgo actual del sector estudiado.

En el plan general de acciones se establece como escenario básico la restricción de uso por inundación de los predios situados en las terrazas bajas inundables, la restricción de uso de los terrenos afectados por inestabilidad de márgenes y su redefinición de uso como área de protección del sistema ecológico del municipio, además del planteamiento del mejoramiento del entorno urbano y ambiental del área en estudio. Lo anterior aplica para las zonas no urbanizadas y teniendo en cuenta que sectores inundables como el barrio La Playita o el Barrio Víctor Cárdenas que fueron urbanizados, también se deben implementar obras de protección para mitigar los efectos de las crecientes del Río Sucio. Además, teniendo en cuenta que varias de las obras de mitigación existentes presentan socavación en la base, se plantea la protección de las mismas.

En el caso de las amenazas por eventos torrenciales, considerando que la magnitud de estos eventos es variable y que en el caso del Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora se han producido eventos catastróficos, por una parte se debe considerar para reducir la vulnerabilidad y el grado de exposición, la conformación de una zona de aislamiento y protección. Dentro de las medidas de mitigación que se pueden considerar para eventos torrenciales se tiene la revegetalización de las laderas como la del sector de El Revenidero, la construcción de obras transversales y revegetalización en las partes medias y altas de las cuencas de las quebradas, el establecimiento de planes de seguimiento y monitoreo a las corrientes torrenciales para establecer si se han producido obstrucciones a los cauces, además de la implementación de planes de contingencia y sistemas de alarma para que la población actúe ante la posibilidad de un fenómeno de este tipo.

Se plantean dos tipos de actividades: No Estructurales y Estructurales. Sin embargo estas actividades en su conjunto pueden ser integradas a través de la implementación de un programa de mejoramiento integral, que permita acceder a un ordenamiento racional del uso del suelo y corregir la ausencia o complementación adecuada de la infraestructura de servicios públicos básicos.

### 2.3.1 Plan de mejoramiento integral

Esta actividad está enfocada a dar un tratamiento urbanístico global a la zona, en aras de generar un cambio radical en la forma de vida de la comunidad, ya que su objetivo es mejorar la calidad de vida de la población y cuyo desarrollo ha generado procesos de degradación de las condiciones físicas y ambientales de la zona.

Este plan contempla la planificación y ejecución integral de todas las actividades de mitigación y prevención no estructurales y estructurales que a continuación se plantean, como alternativas de mitigación independientes y que a través de su formulación en conjunto, permitirá la integración de los esfuerzos y recursos de todas las entidades Municipales y Corpourabá, ya que implica atacar de lleno las deficiencias generadas en la infraestructura física y social por el desarrollo urbanístico, por medio de acciones masivas, integrales y plenamente coordinadas.

El plan de mejoramiento integral comprende la ejecución de obras de mitigación y control del riesgo, que corresponden a las medidas planteadas en el presente informe para el manejo de las amenazas por inundación e inestabilidad de márgenes. Se consideran obras que se deben ejecutar a corto plazo. Adicionalmente se debe realizar la conformación de zonas de aislamiento y protección a las que puede darse un uso de tipo recreativo. Para el caso de los eventos de avenidas torrenciales se debe establecer un sistema de alarma y planes de contingencia para informar a la comunidad sobre las acciones que se debe tomar en caso de que ocurra uno de estos fenómenos.

### 2.3.2 Medidas de Mitigación - No Estructurales

Dentro de este grupo se proponen las siguientes acciones:

**Regulación del uso del suelo:** Se refiere a la restricción normativa de uso del suelo que se debe aplicar en las terrazas bajas inundables, en los sectores afectados por inestabilidad de márgenes y en los sectores en donde se debe adelantar programas de reubicación de familias porque se localizan en zonas de alta amenaza y/o en áreas de restricción geomorfológica o ambiental. La restricción de uso del suelo aplica para la terraza baja del Río Sucio en el sector de la Hacienda San Antonio, la manzana 021 del Barrio El Centro en el que se encuentra el matadero municipal, la Terraza baja en el Barrio La Arenera y la Terraza baja en el Barrio Pablo VI. En el plano I-3 del Anexo I se presentan las acciones de gestión del riesgo propuestas.

Las medidas no estructurales planteadas buscan que el uso del suelo para vivienda en las manzanas referidas sea limitado en beneficio de la estabilidad física y ambiental del valle del Río Sucio y la quebrada La Desmontadora y en general es necesario que se respeten las zonas de protección ambiental definidas dentro de las acciones de gestión del riesgo.

El uso recomendado para estas áreas de protección ambiental es de zonas verdes y de recreación, y han sido restringidas no sólo por el grado de amenaza y riesgo establecido, sino por su importancia ambiental dentro del entorno urbano del asentamiento.

**Reubicación de Viviendas:** Las viviendas que se deben reubicar corresponden a la Hacienda San Antonio y a las viviendas situadas inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del puente vehicular en la margen izquierda del Río Sucio, en las manzanas 003 del Barrio La Playita y 022 del Barrio El Centro. La reubicación de familias se hace para evitar afectaciones debidas a fenómenos de inestabilidad de márgenes y para consolidar la zona de protección del río (ronda) y el manejo urbano de la zona. Las manzanas se han identificado con la codificación e información catastral del municipio de que se dispone.

**Adecuación Paisajística del Área:** Esta actividad debe involucrar las zonas de restricción por riesgo por inundación e inestabilidad de márgenes, y las áreas de protección del sistema ecológico del municipio, contemplando tanto el adecuado manejo de las aguas de escorrentía como a la recuperación de la cobertura vegetal y control de los procesos erosivos presentes en las márgenes del Río Sucio, Quebrada La Desmontadora y demás cauces torrenciales que pasan por el casco urbano del municipio.

**Delimitación de la Ronda y Zona de Protección y Manejo Ambiental del Río Sucio y Quebrada La Desmontadora:** Es indispensable que conjuntamente con la conformación de la zona de manejo y protección ambiental, se delimite geográficamente la ronda del Río Sucio y Quebrada La Desmontadora en ambas márgenes, además de las otras corrientes que pasan por el casco urbano en cumplimiento de las normas de protección y preservación de cauces establecidas en la normatividad y en el POT de Dabeiba, de tal manera que se proteja y blinde su cauce, reactivando y protegiendo además la vegetación de ribera.

Para la condición actual, la zona de ronda incluiría todo el perímetro inundable al hacer el análisis con Tr 100 años más una franja de treinta metros; con esto buena parte de las viviendas situadas en la zona de estudio quedarían dentro de la zona de ronda así demarcada. Sin embargo, para la determinación de la zona de ronda y de protección también se deben considerar los sectores que podrían verse afectados por avenidas torrenciales.

En el plano I-3 del Anexo I se presentan las acciones de gestión del riesgo propuestas dentro de las que se incluye la definición de la ronda hidráulica para las corrientes consideradas en el estudio. El sector delimitado por la ronda corresponde a una zona de aislamiento y protección que debe restringirse para la construcción de viviendas. Dentro de las manzanas que se encuentran en esta zona están la 001, 002 y 005 del Barrio Víctor Cárdenas, la manzana 002 del Barrio La Selva, las manzanas 001, 002, 003, 004, 005 y 006 del Barrio La Playita. Otras manzanas quedan parcialmente dentro de la zona de ronda definida como la 002, 007, 008, 021, 022, 023, 024, 025 y 026 del Barrio El Centro. Considerando que es una gran cantidad de predios a los que se les cambiaría el uso, y que esto puede generar amplias repercusiones sociales, se debe definir por parte de Corpourabá y las autoridades locales los niveles de riesgo admisible para saber cuáles de estos se deben reubicar.

**Información pública:** Esta actividad busca suministrar mediante campañas educativas la información y capacitación necesaria para mejorar la actitud de la comunidad frente a su medio físico, su entorno habitacional y ambiental.

Para esto el municipio debe realizar campañas educativas participativas que lleven a la comunidad a entender y apropiarse los conceptos de:

1. El nivel de riesgo a que están expuestos, tanto en las áreas urbanas no consolidadas del sector como en los sectores de urbanismo consolidado que se encuentran sobre las terrazas bajas inundables.
2. Identificación de agentes contribuyentes a los fenómenos de inundación, avenidas torrenciales e inestabilidad de márgenes y cómo debe ser el comportamiento frente a los mismos.
3. Beneficios de las obras recomendadas para la mitigación del riesgo y cómo debe ser la construcción y el mantenimiento de las mismas.
4. Manejo ambiental y mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Se debe incluir el seguimiento y monitoreo a los cauces de las quebradas que presentan comportamiento torrencial respecto a la ocurrencia de obstrucciones o taponamientos que puedan desencadenar en la ocurrencia de avenidas torrenciales.
5. Implementación de sistemas de alarma y planes de contingencia para que la población conozca las acciones a seguir en caso de que se presenten eventos de inundaciones o avenidas torrenciales.

Estas campañas deben ser realizadas por cada una de las entidades responsables mediante charlas, talleres participativos, cartillas de fácil entendimiento y divulgación, entre otros que permitan la adecuada apropiación de los conceptos.

### **2.3.3 Medidas de Mitigación Estructurales**

Este tipo de medidas pretende mejorar las condiciones de seguridad en los sectores más vulnerables ante eventos de torrencialidad, inundaciones e inestabilidad de márgenes por la ocurrencia de avenidas torrenciales y crecientes del Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora. En general se trata de disminuir en forma directa el riesgo modificando las características de los eventos amenazantes o las características de los elementos expuestos; en este caso el mejoramiento de las condiciones de seguridad se busca lograr controlando las afectaciones a la zona urbana por los fenómenos de socavación, inestabilidad de márgenes y del desborde por creciente del Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora.

A continuación se comenta y describe el tipo de obras en cada tipo de acción, de acuerdo con lo presentado en los planos del Anexo I, adjuntando al final las fichas técnicas de obras de control y mitigación del riesgo de las principales obras típicas recomendadas.

**Diseño y Construcción de Obras de Protección y Control:** Estas obras están encaminadas a la protección contra los procesos de socavación lateral que ocasionan deslizamientos y afectaciones a las obras de protección existentes, así como al control de ascensos del nivel de agua durante las crecientes dentro de un concepto de tratamiento integral.

Para proteger las viviendas en los sectores en que las alturas de las láminas de agua estimadas en los análisis hidráulicos son bajas, del orden de los 0.5 m o menos, se plantea la construcción de un realce en trinchos de madera; la primera de estas obras va paralela a la margen derecha del Río Sucio en el sector del Barrio Víctor Cárdenas desde donde termina el muro en concreto reforzado hasta aguas abajo del puente peatonal en el sector en que inician los muros en concreto ciclópeo y los muros en gaviones recalzados.

La segunda se ubica en la parte baja del Barrio La Playita desde la Calle 10 hasta la desembocadura de la Quebrada La Desmontadora según se muestra en el plano I-1 del Anexo I. Adicionalmente esta obra puede servir para contribuir a la revegetalización de los márgenes del río, puesto que el sistema de trinchos permite que sean rellenados con tierra y en éstos se puede plantar vegetación de baja altura; en las superficies descubiertas de las terrazas en la parte baja de los sectores en que se construyan los trinchos resulta recomendable la implementación de una protección con enrocado para evitar la generación de procesos erosivos.

Para la protección de las zonas afectadas por procesos de socavación lateral, en los sectores en que se han construido muros en concreto reforzado o en concreto ciclópeo, como en la margen derecha del Río Sucio en el Barrio Obrero y el Barrio Víctor Cárdenas, se plantea la construcción de llaves en concreto ciclópeo y enrocados en la pata.

En el sector de la Hacienda San Antonio, se plantea extender el muro en gaviones existente hasta el estribo del puente vehicular y proteger ambas estructuras en la pata mediante colchonetas de gaviones según se muestra en los planos del Anexo I.

En la margen izquierda aguas arriba del saliente rocoso en el que termina el puente colgante peatonal, se plantea hacer una protección de la concavidad existente mediante la implementación de un enrocado en colchogaviones.

Las obras indicadas anteriormente son complementarias a las acciones no estructurales comentadas en el numeral anterior. Los costos de obras de mitigación y control de amenazas por inundación e inestabilidad de márgenes se reportan en el Capítulo 9 de este informe. En el estribo del costado izquierdo del puente se plantea la construcción de llaves en concreto ciclópeo y un enrocado de protección para evitar su socavación.

Para la mitigación de los efectos de eventos de avenidas torrenciales se debe llevar a cabo la revegetalización de las laderas de las cuencas de las corrientes que presenten tendencia a la ocurrencia de estos eventos, y la implementación de obras transversales en las partes medias y altas de las cuencas. El dimensionamiento y espaciado de estas obras deben obedecer a diseños específicos no considerados en el alcance del presente estudio en vista de que se trata de zonas que se encuentran en la parte rural del municipio.

## **2.4 NIVEL DE RESPONSABILIDAD**

Para adelantar la gestión del riesgo en la zona en estudio se identificaron los actores de riesgo que de acuerdo a sus roles y competencias y que son parte activa del desarrollo de la ciudad. Con base en el planteamiento de alternativas de mitigación y prevención del

riesgo por inundación e inestabilidad de márgenes se establece de manera inicial una propuesta de participación de cada uno de los actores identificados en la solución de la problemática local, planteada mediante una matriz de responsabilidades en la Tabla 2-1.

En la Tabla 2-1 se presenta la Matriz de Responsabilidades, en la cual se establece para cada tipo de actividades de mitigación y control estructural y no estructural, a cual entidad municipal o empresa operadora le corresponde la planificación y ejecución de la acción y su grado de responsabilidad.

Dentro de los responsables se incluye a la comunidad a través de las Juntas de Acción Comunal, como el actor que se beneficia directamente y quien debe además de ser el receptor y multiplicador hacia los grupos comunitarios de la normatividad, uso y preservación de las obras construidas.

**Tabla 2-1. Matriz de responsabilidades**

Plan general de acciones	Tipo de acción	RESPONSABLES								
		Alcaldía municipal				Secretarías		Corpourabá	Dapard	Empres Acuedu Alcant
		Gobierno	Planeación	Desarrollo Comunitario	Obras Públicas					
<b>OBRAS DE MITIGACION E NO ESTRUCTURALES</b>										
Plan de Mejoramiento integral (*)	P, E	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1- Regulación del Uso del Suelo	P, Rec, R	1	1	1		1	1	2	1	1
2- Reubicación de Viviendas	P, E, Ad	1	1	1				1		
3- Adecuación Paisajística del Área.	P, D, C, R	1	1	1	1	2	3			
4- Delimitación de la Ronda y Zona de Protección y Manejo Ambiental del Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora	P, D, E		1	2		1	2		2	
5- Información Pública	TS, R			1		2	2			
6- Monitoreo y seguimiento de las cuencas de las quebradas torrenciales	P, E, R	1		1	1	1	1	1	1	
7 E Planes de contingencia	O, E, R, TS	1	1	1		1	1	1	1	
<b>OBRAS DE MITIGACION E ESTRUCTURALES</b>										
<b>1- Diseño y construcción de obras de mitigación y control</b>										
Realce en trinchos paralelos al Río Sucio y enrocados de protección bajo los trinchos	D, C		1			1	1	1		
Llaves en concreto ciclópeo y enrocados en la pata de los muros existentes	D, C		1			1	1	1		
Muro en gaviones, perfilado y relleno	D, C		1			1	1	1		
Protección con colchogaviones	D, C		1			1	1	1		
<b>2- Tratamiento local de mitigación y control de procesos</b>										
Obras transversales en las partes altas de las cuencas de las quebradas torrenciales	P, D, C, Ad	1	1			1	1	1		
Revegetalización y empradización de zonas de protección y ronda	D, C		1			1	1	1		

**TIPO DE ACCION**

- P Planeación
- E Ejecución
- D Diseño
- C Construcción
- R Recomendaciones y pautas
- Ad Adquisición de terrenos
- Rec Restricción de uso
- TS Talleres de socialización

**NIVEL DE RESPONSABILIDAD**

- 1 Responsabilidad principal
- 2 Responsabilidad en segunda instancia
- 3 Responsabilidad en tercera instancia - Manteni

## CONTENIDO

8 ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO CON LOS POT DEL MUNICIPIO.....	3. 1
8.1 INTRODUCCIÓN.....	3. 1
8.2 DIAGNÓSTICO DEL POT FRENTE A LA GESTIÓN DE RIESGOS .....	3. 1
8.2.1 Prevención y atención de desastres.....	3. 1
8.2.2 Áreas con régimen especial .....	3. 2
8.2.3 Ronda hidráulica .....	3. 2
8.2.4 Zonificación de áreas expuestas a amenazas y riesgos.....	3. 3
8.2.5 Mejoramiento de la infraestructura vial y de comunicaciones.....	3. 4
8.2.6 Planes parciales.....	3. 5
8.3 REQUERIMIENTOS DE LA LEY 388/97 EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGOS DE ORIGEN NATURAL .....	3. 8
8.4 PLAN DE ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON EL POT .....	3. 8
8.5 MAPAS PROPUESTOS EN EL PRESENTE ESTUDIO.....	3. 12

### **3 ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO CON LOS POT DEL MUNICIPIO**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

La inclusión de la gestión de riesgos en la planeación del desarrollo municipal es tal vez una de las más importantes tareas a las que se enfrentan los diferentes niveles territoriales e instituciones sectoriales, dentro del proceso de descentralización. La incorporación del riesgo en los procesos de planeación y ordenamiento territorial, permite establecer medidas no estructurales para la prevención y mitigación, orientadas a la reducción del riesgo existente y evitar la generación de nuevos riesgos a futuro.

Evitar la ocupación de terrenos no apropiados para la urbanización por presencia de amenazas naturales más que una restricción, es una oportunidad para el desarrollo local, ya que evita costosas inversiones que de una u otra manera los municipios deben sufragar en el momento de presentarse un desastre. Identificar y zonificar de forma anticipada las zonas donde se puede generar riesgo es fundamental para determinar correctamente las áreas de expansión del municipio a fin de evitar desastres futuros.

Es por todo lo anterior que se requiere incorporar los Planes Municipales para la Prevención de Desastres y Mitigación de Riesgos en los Planes de Desarrollo del Municipio, respondiendo a los lineamientos de los Planes de Ordenamiento Territorial. El municipio cuenta con un POT desarrollado para el año 2000 el cual debe ser ajustado en el tema de riesgo a partir de los resultados del presente estudio.

#### **3.2 DIAGNÓSTICO DEL POT FRENTE A LA GESTIÓN DE RIESGOS**

En términos generales el plan general de acción recomendado en el estudio guarda coherencia con lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Dabeiba. En esta sección se presenta el resumen de los planes del POT que se consideran aplicables dentro del contexto del presente estudio y que aplican para el manejo integral del mejoramiento de la zona urbana del municipio, y a ser tenidos en cuenta en la propuesta urbanística del sector objeto de estudio.

##### **3.2.1 Prevención y atención de desastres**

En el Plan de Ordenamiento Territorial se plantean las siguientes acciones:

- Hacer el inventario municipal de asentamientos en zonas de alto riesgo, en sitios anegadizos o sujetos a derrumbes y deslizamientos o que de otra forma presentan condiciones insalubres para la vivienda.
- Reubicación de los asentamientos en zonas de riesgo y la expedición de una normativa con las acciones necesarias para que los inmuebles desalojados no vuelvan a ser ocupados para vivienda.
- Mitigación del riesgo a través de medidas para prevenir deslizamientos, con acciones como : La disminución de la pendiente por medio de maquinaria, la construcción de anclajes o de muros, obras sencillas de control de aguas

superficiales y reforestación; para inundación, construyendo sobre terraplenes o columnas; y para la amenaza sísmica reforzando la estructura.

- El organismo de planeación municipal tendrá el deber de prevenir los desastres mediante la expedición de una normativa en los planes de contingencia de orientación para la atención inmediata de emergencias

### 3.2.2 Áreas con régimen especial

- *Áreas con amenaza sísmica.* En general se entiende por amenaza sísmica la probabilidad de que un sismo de cierta magnitud ocurra en una zona en un periodo futuro. Las construcciones del municipio cumplirán las normas del Código colombiano de construcciones sismorresistentes de acuerdo con el Decreto 33 de 1998 para zonas de alto riesgo sísmico.
- *Áreas con suelos potencialmente licuables.* La Licuación de suelos constituye uno de los efectos de la actividad sísmica sobre los suelos arenosos con alto contenido en agua o mal compactados, que pueden presentar en torno a este fenómeno por las aceleraciones producidas por los movimientos sísmicos. Todas las construcciones del municipio de Dabeiba cumplirán las normas del Código colombiano de construcciones sismo resistente.

### 3.2.3 Ronda hidráulica

- *Uso del suelo en el área inmediata a las fuentes hídricas:* El uso del suelo sobre los cauces y áreas ribereñas a las fuentes hídricas se implementará con la conservación e instauración de coberturas vegetales acordes a las condiciones y necesidades entorno a las mismas fuentes, se dará un adecuado uso y un manejo integrado de los recursos naturales que le permitan a la población de las vertientes o fuentes su permanencia y conservación. Esto de forma consecuente a un manejo hidráulico el cual será orientado al cumplimiento de las tres características básicas del rendimiento del agua ( La Cantidad, La Calidad y La Regularidad); se propenderá por la suficiencia en la cantidad, La buena calidad y el constante y regular flujo del recurso durante todo el tiempo. La regularidad permanente del agua se logrará con factores que disminuyan las crecientes aluviales o avenidas de tal forma que el nivel base de las fuentes y sus cotas máximas sean permanentes. Los factores de regularidad se aplicarán especialmente para aquellas fuentes de fácil torrencialidad. La mejor calidad del agua se logrará por medio de una vegetación especial que disminuya la erosión y finalmente la cantidad pueda ser aumentada para el control de la evaporación esto con una vegetación herbácea, aumentando con esta misma cobertura el escurrimiento.
- *Los usos y coberturas sobre fuentes menores.* Las fuentes de orden primario o menores tendrán un tratamiento especialmente como productoras de agua por tal razón su vegetación será con especies arbóreas productoras sobre retiros de 10 metros a cada uno de los lados de las mismas, dichos retiros serán áreas de restricción para otro uso de explotación económica, cultivos limpios o pastos. En los nacimientos de las mismas estas tendrán unos retiros mayores determinados por el respectivo plan de manejo a estructurar.

- *Los usos y coberturas sobre las fuentes de orden Secundario.* Las fuentes de orden secundario o de caudal medio tendrán como retiro obligatorio para la implementación de cultivos u otros usos, franjas de 30 metros a cada lado de las mismas, dichas franjas serán protegidas con vegetación productora y protectora, esta vegetación se manejará de tal forma que se regulen las fuentes con sus caudales. En los nacimientos de estas fuentes las áreas de retiro serán de 100 metros.
- *Los usos y coberturas sobre fuentes mayores.* Tendrán similar tratamiento a lo establecido para las fuentes de orden secundario con la particularidad que se dará sobre estas una mayor atención en la regulación de las aguas y en el manejo de las vertientes o los cauces, esto con el objeto de controlar procesos de deslizamientos o transporte de Depósitos aluviales.

### 3.2.4 Zonificación de áreas expuestas a amenazas y riesgos

- *Áreas inmediatas a la quebrada Cañada Seca.* Esta fuente ubicada al sur-oriente urbano permanece seca gran parte del año, en tiempo de lluvias su torrencialidad se convierte en una amenaza para la zona aledaña, sobre su rivera se prohibirá la construcción, las actividades permitidas serán las relacionadas a la conservación, reforestación y otras que no modifiquen su paisaje natural. Se prioriza como acción a corto plazo, la ampliación en las secciones y demás especificaciones de los puentes o infraestructura subterránea que cubren la fuente en su recorrido por el sector urbano, se debe mantener vigilancia permanente para que se conserven limpias y para que de esta forma se evite estancamientos de su caudal.
- *Áreas inmediatas a la quebrada Canta Rana.* La quebrada Canta Rana presenta las mismas características de la anterior fuente, en esta se plantean las mismas acciones y se enfatiza el cuidado sobre las actividades a desarrollarse sobre sus riveras, Se amerita el mantenimiento periódico y la ampliación de los puentes y las estructuras que recogen sus caudales al interior de la infraestructura urbana.
- *Áreas inmediatas a la quebrada la Desmotadora.* La Desmotadora después del Río Sucio es la fuente natural de mayores impactos sobre el área urbana. Prohibir la construcción sobre sus riveras es la principal norma urbanística que se debe implementar y como propuestas para su mejoramiento y aprovechamiento se dan las siguientes acciones:

Construcción de sendero ecológico Paralelo a la quebrada: El proyecto implica la adecuación de su lecho (muro en piedra o canalización en concreto), Sendero peatonal y amoblamiento urbano.

Construcción de colectores de aguas residuales: Esto con el objeto de descontaminar la fuente e integrar las descargas de alcantarillados que sobre la misma se dan a un sistema general de tratamiento de aguas residuales.

Reforestación: Se reforestarán las riveras de la fuente para la regulación o conservación de sus caudales y para el embellecimiento paisajístico y urbano.

- *Áreas inmediatas a la vía de acceso.* Estas se ubican en el extremo sur - oriental de la carrera 10 o parte superior del sector La Arenera. La amenaza allí presente se da por deslizamiento a ocasionarse por las altas pendientes conformadas en años pasados por la construcción de la vía. Sobre estas áreas se prohibirá la construcción y se dará un tratamiento como puntos de reserva.
- *Áreas inmediatas al Río sucio.* Las áreas inmediatas a las riveras del Riosucio son consideradas como los principales puntos de Amenaza por inundación relativamente alta, esto se enfatiza con la superposición de otros factores como los deslizamientos y algunos eventos de tipo geológico comunes en sitios ubicados aguas arriba. Estas áreas se ubican sobre las márgenes derecha e izquierda del río, como se expresa en el correspondiente plano anexo. Se dará para estas un manejo de conservación y su utilización para espacio público restringirá otros procesos constructivos.
- *Áreas sobre el sector Sur.* Parte superior e inmediata a la esquina de la carrera 11 y calle 6. Las zonas de riesgo se ubican sobre las mismas áreas de amenaza específicamente en los puntos donde se asienta población, esto puntualmente en el sector La Playa, La Selva, parte baja de Víctor Cárdenas y áreas inmediatas al acceso principal (Tramo Sur Oriental urbano de la vía al mar). Para la atención a estos casos se identifican acciones de mitigación y reubicación en el componente de vivienda.

### 3.2.5 Mejoramiento de la infraestructura vial y de comunicaciones

- *Mejoramiento de la vía a Camparrusia.* Se mejorarán sus actuales condiciones físicas mediante afirmado, rocería, remoción de derrumbes, adecuación - limpieza de cunetas, la restauración de las obras de drenaje deterioradas y la construcción del puente sobre la quebrada Cruces punto neurálgico por el alto deterioro de la actual obra. Por ser una vía secundaria se amerita el mayor aporte y la coordinación por parte de la Administración Departamental.
- *Ampliación del puente urbano (vía Camparrusia sobre el Riosucio).* La expansión urbana a desarrollarse sobre el costado Nororiental del río, la mayor dinámica a presentarse por la construcción de la vía alterna sobre el mismo costado y las características de la vía a Camparrusia como eje vital del municipio, son factores que exigen a mediano o largo plazo, la ampliación de las especificaciones del puente urbano sobre el Riosucio. Las secciones estrechas y el avanzado deterioro de dicha infraestructura son factores adversos al futuro desarrollo urbano.

Las anteriores acciones para el mejoramiento de la red vial se plantean con la priorización de los 52 km. Correspondientes a la vía a Camparrusia, y con la atención a tres plazos (corto, mediano y largo) para el resto de la infraestructura. Entre las diferentes acciones para el mantenimiento o el mejoramiento de las vías es importante afrontar principalmente lo relacionado a la construcción de obras, ya que se da la ausencia de estas para la mayor parte de la infraestructura municipal.

Las óptimas condiciones de la vía al mar no exigen atención por parte del municipio:

- *Ampliación de la red vial.* La ampliación de la red vial se dará con la apertura de nuevas vías terciarias, estas se materializarán a mediano y largo plazo por las grandes carencias y por el limitante en los diferentes recursos, lo que impide ante otras necesidades una atención inmediata.

### 3.2.6 Planes parciales

- *Vías y Transporte:* se reglamentarán zonas de parqueo, secciones de vías, ampliación de vías, etc. Este Plan deberá tener en cuenta los proyectos de ampliación de cobertura del alcantarillado.
- *Áreas expuestas a amenazas y riesgos:* Este plan se hará análisis detallados de cada uno de los sectores en zonas de alto riesgo identificadas en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial con el fin de determinar acciones específicas para cada caso.
- *Formular los Estatutos de Planeación* con respecto a usos del suelo y las normas necesarias para controlar y reglamentar el crecimiento urbano. Para establecer el planteamiento en usos del suelo, se determinan zonas con características homogéneas y se les asigna simultáneamente los usos principales, complementarios, restringidos y permitidos a cada una de dichas zonas; esto obedeciendo a la funcionalidad de las diferentes actividades urbanas y a los impactos permisibles entre las mismas.
- *Zona Céntrica, de influencia directa del Parque o zona de uso múltiple.* Esta zona mantendrá el carácter de uso múltiple y tendrá como usos principales o permitidos lo relacionado con las actividades que generan bajos impactos urbanísticos, ambientales y sociales, ya que presentan una menor magnitud, en mínima parte generan nuevos usos y exigen un tráfico liviano, dichos usos serán:
  - El comercio de bienes y servicios en general de menor magnitud. (Droguerías, graneros, almacenes, misceláneas, oficinas, restaurantes, etc.).
  - La industria artesanal menor (Confecciones, panaderías, procesados, alimentos).
  - El uso institucional de educación, culto, recreación, turismo, administración, salud, bienestar social.
  - Vivienda multifamiliar.
  - *Los usos restringidos en la zona central:* Comercio mayorista, bodegas, plaza de mercado y Comercio dado por griles, discotecas, funerarias.
- *Área de influencia directa de la vía principal o zona de uso mixto (Carrera 10 o Uribe-Uribe).* Se plantea dentro de los aspectos viales y de uso público la óptima conformación de aceras especialmente sobre la vía principal (Carrera 10 o Uribe-Uribe), esto con el objeto de mejorar las condiciones espaciales de la zona y de

solucionar los diferentes conflictos por las barreras físicas presentes sobre los corredores peatonales de la vía. En el área de influencia directa de la vía principal, los usos se darán de la siguiente forma:

- Comercio minorista, plaza de mercado, uso mixto, vivienda. El comercio de altos impactos y Bodegas sobre las partes periféricas urbanas de forma alejada de las zonas residenciales y del parque principal). Estos presentan un alto impacto urbanístico por la generación de nuevas actividades, presenta mayor magnitud y tráfico.
  - Industria de mayor magnitud. Tipología que presenta alto grado de contaminación. Esta actividad a pesar de no existir en Dabeiba se permite dentro del área en mención, sobre las partes periféricas urbanas, alejadas de las zonas residenciales y por fuera del parque principal.
  - Institucional de mediano impacto urbanístico ambiental y alto impacto social (sobre los tramos periféricos y alejados de las zonas residenciales y del parque), a esta tipología pertenece la cárcel y las bases militares.
  - *Los usos restringidos en el área de la vía principal:* Comercio de alto impacto social y la institución de bajos impactos a nivel general El área permite una gran variedad de usos, Se plantea la Reubicación de la estación de servicios ubicada en la esquina de esta vía con la calle 9, esta se ubicará en una parte periférica del área urbana sobre la vía.
- *Zona residencial . Sector Periférico.* La actual zona residencial está ubicada de forma periférica al área central del parque y del sector de la vía principal, de esta hacen parte los 6 sectores periféricos, dentro de la consolidación urbana representa el uso más vulnerable ante los impactos de otras actividades; el uso de la vivienda se da en interacción con otros usos que le sirven como apoyo de servicios. Dichos usos son compatibles en tanto sus impactos, urbanísticos, ambientales y sociales sean bajos. Las actividades a desarrollarse dentro de esta zona deben darse de la siguiente forma:
- *Usos principales o permitidos en la zona residencial:* Además de la vivienda unifamiliar y bifamiliar se permiten como usos principales las instituciones de bajos impactos (educación, culto, recreación, turismo, administración, salud, bienestar social).
  - *Usos complementarios de la zona residencial:* La vivienda multifamiliar. El comercio y la industria de bajos impactos (droguerías, graneros, almacenes, misceláneas, oficinas, confecciones, panaderías, procesados, alimentos).
  - *Usos prohibidos en la zona residencial:* Se prohíbe toda clase de usos que generen altos impactos urbanísticos, ambientales o sociales, estos son: Comercio dado por bodegas, mayoristas, plaza de mercado, griles, discotecas, funerarias, industria de mayor magnitud, con elevado grado de contaminación ambiental; Actividades de mecánica automotriz e institución de abastecimiento (matadero, plaza de ferias).

Por lo anterior se reubicará a corto o mediano plazo los siguientes usos:

- El Matadero y la Plaza de ferias actualmente ubicado sobre la carrera 9 entre calles 11 y 12.
- Las actividades de mecánica automotriz hoy dadas en la calle 8 entre carreras 10 y 12.
- El estacionamiento de vehículos dado en la calle 12 entre carreras 9 y 10.
- *Construcción terminal de transportes.* La Terminal de transporte se ubicará sobre el sector Nororiental, de forma inmediata a la carrera séptima y Calle 12 de tal manera que se articule a los dos grandes sectores urbanos, el proyecto solucionará los diferentes conflictos generados en el área contigua al actual matadero municipal donde hoy se ubican desordenadamente los diferentes vehículos.
- *Vivienda de interés social.* La vivienda de interés social tendrá prioridad en la ejecución de los programas de la administración para la cual se hará una identificación de los terrenos e inmuebles, para lograr una liberación de tierras aptas para edificación, y gestionar la reubicación de asentamientos humanos
- *Reubicación.* La reubicación de las áreas con mayores niveles de riesgo además de dar solución a la problemática de la vivienda, debe encaminarse hacia la consolidación racional y planificada de un nuevo sector urbano, sector que se ha identificado en el extremo Nor-occidental del perímetro, por el cumplimiento en su aspecto físico de las diferentes exigencias para el desarrollo urbano. los puntos a reubicar son los siguientes:
  - o La Playita (En su totalidad).
  - o La Selva. (En su totalidad).
  - o Viviendas inmediatas a la quebrada la desmotadora.

La reubicación de las viviendas inmediatas a la quebrada la desmotadora se plantea como una acción a mediano plazo por los limitantes económicos del municipio y por la prioridad (corto plazo) para las dos acciones inicialmente identificadas (La Playita y La Selva). Es importante desatacar estos sectores con el sector la Selva como las áreas de mayor deterioro físico, el caso de la Desmotadora amerita un estudio más detallado donde se identifiquen las verdaderas necesidades y el número de viviendas a atender.

- *Mitigación del riesgo:* Es necesario a corto plazo dar respuesta con correctivos para la mitigación de los casos puntuales en los que se deben incluir áreas pertenecientes a los siguientes sectores:
  - o Víctor Cárdenas.
  - o La Arenera.
  - o Pablo VI.
  - o Buenos Aires.
  - o Barrió Antioquia.
  - o Jorge Flores.

- Los Positos.
- Puente Tierra.
- Juan H. Withe.

Para atender los anteriores, se requiere de una observación más directa y un inventario que contemple; Identificación de familias, características específicas del riesgo y obras de infraestructura para la mitigación. Es de anotar que ante eventos mayores como lo sucedido con el Revenidero se plantean acciones de monitoreo y contingencia, ya que ante estos no se puede asegurar ni para el centro urbano tradicional una posición de seguridad.

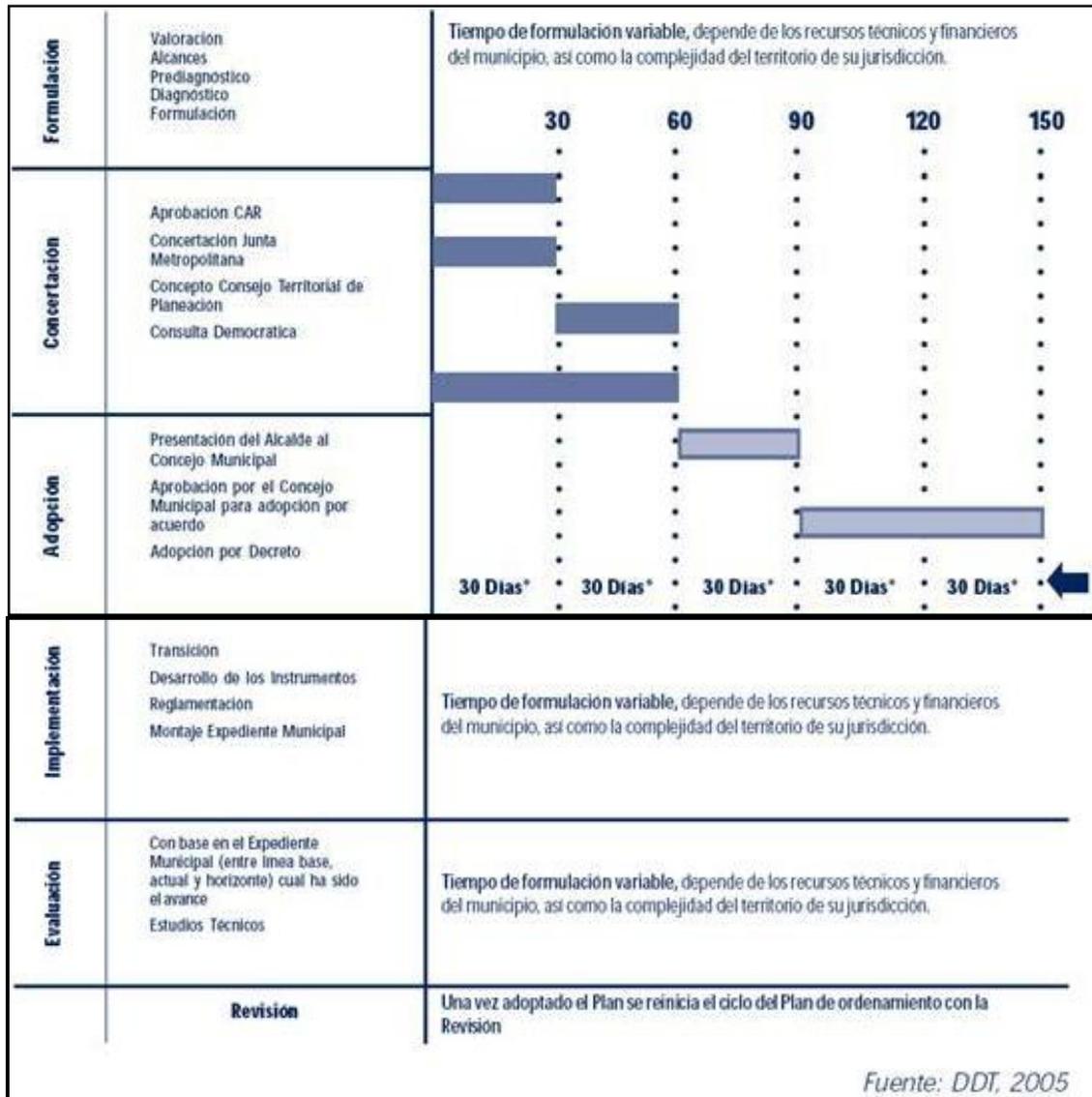
### **3.3 REQUERIMIENTOS DE LA LEY 388/97 EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGOS DE ORIGEN NATURAL**

Se tienen las siguientes consideraciones generales:

1. Tener en cuenta las políticas, directrices y regulaciones sobre prevención de amenazas y riesgos naturales, el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos naturales, que constituyen normas de superior jerarquía.
2. Componente general del Plan de Ordenamiento: determinar y ubicar en mapas las zonas que presenten alto riesgo para la localización de asentamientos humanos, por amenazas o riesgos naturales, así como las estrategias para su manejo (entendidas como los mecanismos para la reubicación de los asentamientos humanos localizados en zonas de alto riesgo y para evitar su nueva ocupación).
3. Incluir en el componente urbano del plan de ordenamiento la delimitación, en suelo urbano y de expansión urbana, de las áreas expuestas a amenazas y riesgos naturales.
4. Clasificación del suelo: Se define como suelo de protección aquel %Constituido por las zonas y áreas de terrenos, que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse+.

### **3.4 PLAN DE ARTICULACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA Y RIESGO CON EL POT**

Con el fin de identificar el momento en el cual se encuentra el POT y el procedimiento que deberá adelantar para la adecuada incorporación de la prevención y reducción del riesgo, en primer lugar se debe identificar en el ciclo del POT mostrado en la Figura 3-1, la etapa en la cual se encuentra el municipio.



**Figura 3-1 Procedimiento general para la incorporación del riesgo en los POT**

A continuación se debe hacer un diagnóstico sobre las fortalezas, debilidades, oportunidades, amenazas y tendencias de la organización territorial del municipio. Es en este momento del proceso de planificación para el ordenamiento territorial, en donde se hace necesario involucrar dentro de los determinantes ambientales, además de otras variables, la caracterización de las amenazas y vulnerabilidades, es decir los riesgos, presentes en el territorio. La determinación de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos de inundación, avenidas torrenciales e inestabilidad de márgenes en la zona urbana del municipio de Dabeiba en la Quebrada La Desmontadora y el Río Sucio es lo que se ha llevado a cabo en desarrollo del presente estudio.

Una vez concluida esta etapa y consolidado el diagnóstico con una adecuada incorporación del riesgo, se podrá implementar las acciones en los procesos de formulación para la adopción o revisión del POT y en las etapas de implementación y evaluación.

A partir de las potencialidades y problemática identificadas se deben llevar a cabo talleres de concertación para consolidar la imagen actual del territorio y la imagen deseada, confrontándolas para definir las acciones del municipio en el corto, mediano y largo plazo (DDT, 2005). Con las etapas anteriores, se inicia la formulación de POT, que comprende los procesos de toma de decisiones fundamentales acerca del ordenamiento del territorio que se traducen en el desarrollo del contenido estructural del plan, los componentes general, urbano y rural y las acciones que serán incorporadas en el Plan de ejecución. (DDT, 2005).

Los resultados del proceso de ordenamiento territorial se deben consignar en los siguientes documentos, que se desarrollan en las etapas mencionadas y forman parte integral del Plan (DDT, 2005):

- Documento técnico de soporte (DTS), que debe realizarse de acuerdo con lo indicado en la ley 388/97
- Documento Resumen.
- Proyecto de Acuerdo presentado para aprobación de la Corporación Autónoma Regional.
- Acuerdo de adopción . Proceso de Planificación, Art 17 Decreto Reglamentario 879 de 1998 - o decreto en los casos que se presenten de conformidad con lo establecido en la Ley 388 de 1997.

Para incorporar la Prevención y Reducción de Riesgos en la formulación del POT se debe incorporar la zonificación de amenazas a partir de la elaboración de un mapa de aptitud para ocupación urbana, el cual resulta de la combinación de mapas primarios que incluyen los mapas de amenaza para diferentes eventos de acuerdo con las características del municipio. Además es importante integrar la distribución de los recursos para lograr una representación simultánea de los recursos y de las restricciones para el uso, que permita una escogencia racional del mejor aprovechamiento posible de la tierra en función de su vocación natural.

La localización de los aspectos específicos exigidos por al reglamentación de la Ley 388 (Decreto 879 de 1998, Art. 14) se obtiene también utilizando la información de los mapas anteriores y la inspección directa necesaria, a saber:

- Áreas de conservación y protección de los recursos naturales
- Conjuntos urbanos, históricos y culturales
- Áreas expuestas a amenazas y riesgos
- Infraestructura para vías y transporte
- Redes de servicios públicos

- Equipamientos colectivos y espacios públicos libres para parques y zonas verdes y el señalamiento de las cesiones urbanísticas gratuitas correspondientes a dichas infraestructuras.
- La estrategia de mediano plazo para programas de vivienda de interés social.
- Planes parciales y unidades de actualización urbanística.

El modelo territorial se debe sustentar en los sistemas estructurantes, que en la mayor parte de los casos se refieren a una estructura ecológica principal, a una estructura urbana y una estructura rural. La definición, delimitación y manejo de estos sistemas requiere el conocimiento de las amenazas y riesgos como elementos determinantes, dado que, por un lado dichos sistemas deben establecerse a partir de principios como la sostenibilidad y la seguridad y, por otro, se debe proteger la estructura ecológica principal, que tiene como base la estructura ecológica, geomorfológica y biológica original existente en el territorio.

Una vez definido el modelo territorial se realiza la clasificación del suelo que divide el territorio en suelo urbano, suelo rural y suelo de expansión urbana; al interior de estas clases podrán establecerse las categorías de suburbano y de protección. En este momento se establecen las normas estructurales, generales y complementarias y los proyectos estratégicos estructurantes de largo plazo.

También se debe tener en cuenta que la Prevención y Reducción de Riesgos y la planificación territorial son procesos dinámicos que requieren continuas revisiones y actualizaciones, y además se debe considerar que la incorporación de políticas de prevención de desastres y mitigación de riesgos en el Ordenamiento Territorial de los municipios debe estar ligada al plan de prevención y atención de emergencias que se desarrolla para cada municipio.

La implementación comprende al menos dos procesos: el desarrollo reglamentario de las normas definidas en el plan y el seguimiento. El seguimiento básicamente consiste en evaluar los avances entre la situación del municipio en el momento de elaboración del diagnóstico (línea base) y el escenario propuesto para el desarrollo del municipio (línea horizonte), este proceso se lleva a cabo de manera permanente a lo largo de la vigencia del POT, PBOT o EOT, por parte del municipio y con la participación de los actores interesados y en especial del Consejo Consultivo de Ordenamiento Territorial (DDT, 2005).

La evaluación comprende la apertura del espacio destinado a analizar y a ponderar los resultados de gestión del POT, a partir del seguimiento realizado a las acciones y proyectos -estructurales y no estructurales- de prevención de desastres y de mitigación de riesgos, con la participación de los actores del proceso, autoridades, funcionarios, técnicos y representantes de la comunidad, desde su propuesta, elaboración hasta su implementación. El instrumento indicado para el seguimiento es el expediente municipal. La operatividad del proceso deberá determinarse a través de la definición de indicadores de efectividad e impacto y la constitución de las veedurías ciudadanas por cada uno de las acciones y proyectos de prevención y reducción de riesgos.

El seguimiento y evaluación es un proceso ordenado por la ley 388 y está en relación directa con el montaje de expedientes municipales. Es además, condición imprescindible para iniciar el proceso de revisión del plan. La evaluación del Plan debe abordar solamente los aspectos que se consideren estratégicos en la perspectiva de desarrollo integral del municipio, y que sean fácilmente evaluables, porque cuentan con indicadores ya definidos o con la posibilidad de construirlos. Es fundamental tener en cuenta aspectos relacionados con déficits de suelo y de vivienda de interés social (VIS), cobertura de la prestación de servicios públicos, desarrollo del sistema vial y de transporte, equipamiento comunitario y estándares de espacio público.

### **3.5 MAPAS PROPUESTOS EN EL PRESENTE ESTUDIO**

En este informe se presentan los siguientes mapas:

- Amenaza por inundación
- Amenaza por torrencialidad
- Amenaza por inestabilidad de márgenes
- Riesgo corporal por inundación
- Riesgo físico por inundación
- Riesgo por inestabilidad de márgenes
- Riesgo físico por torrencialidad

Se espera que estos mapas sean incorporados al POT del municipio con el fin de reemplazar los existentes. Adicionalmente resulta necesario que se definan las zonas de ronda del Río Sucio, Quebrada La Desmontadora y demás corrientes que muestran un comportamiento torrencial con el fin de que se establezcan las correspondientes zonas de retiro y protección y se restrinja al uso de dichas áreas para la construcción de viviendas.

## CONTENIDO

9	DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL .....	4-1
9.1	INTRODUCCIÓN .....	4-1
9.2	ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES.....	4-1
9.2.1	Consideraciones técnicas.....	4-1
9.2.2	Consideraciones ambientales .....	4-2
9.2.3	Consideraciones Urbanísticas.....	4-2
9.3	DISEÑO DE OBRAS.....	4-3
9.4	CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO .....	4-5

## **4 DISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

A partir del planteamiento general de obras presentado en el capítulo anterior, las cuales se enmarcan dentro del plan general de acciones propuesto y cuyo objetivo específico es minimizar los niveles de amenaza, vulnerabilidad y riesgo a que está expuesta la comunidad que habita las terrazas inundables del río Sucio y los sectores afectados por torrencialidad e inestabilidad de márgenes, se presenta en este capítulo las obras propuestas y su priorización. En el Anexo I que corresponde al diseño de obras, se presentan los planos de localización, planos de diseño y cálculos de cantidades de obra y presupuesto realizados.

Es de resaltar que las obras aquí expuestas buscan la recuperación morfológica y ambiental de la zona de ronda y preservación ambiental del río Sucio y Quebrada La Desmontadora a su paso por la zona urbana. Se debe tener en cuenta que además de las obras planteadas para la mitigación y control de los fenómenos de inundaciones e inestabilidad lateral que afectan el sector objeto de estudio es necesario que se lleve a cabo la reubicación de viviendas indicadas y se haga efectiva la restricción al uso del suelo en los sectores donde la afectación es mayor.

### **4.2 ANÁLISIS Y CONSIDERACIONES GENERALES**

#### **4.2.1 Consideraciones técnicas**

En el municipio de Dabeiba existen asentamientos humanos en sectores que se encuentran sobre terrazas bajas inundables, en sectores en los que han ocurrido avenidas torrenciales y en otros en los que se presentan problemas por la inestabilidad de márgenes. Se aprecia que no se han respetado las zonas de aislamiento y ronda que se deberían preservar para el Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora además de otras quebradas torrenciales que pasan por la zona urbana, y como resultado de esto se encuentran expuestas a los fenómenos mencionados. Durante la temporada invernal es posible que se dé la ocurrencia de inundaciones en sectores como el Barrio La Playita, mientras que hay sectores como la Hacienda San Antonio y las viviendas aledañas al estribo izquierdo del puente vehicular en los que se han producido graves afectaciones a las viviendas por fenómenos de inestabilidad de márgenes. En lo que respecta a las avenidas torrenciales de acuerdo con lo presentado anteriormente, se han dado fenómenos como el del Revenidero en el Río Sucio en 1970 y el de la Quebrada La Desmontadora de 1993, los cuales tuvieron graves efectos en la zona urbana del municipio.

Para mitigar los efectos de los ascensos de niveles de agua y procesos de socavación lateral en el Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora se han construido en varios sectores obras como muros en gaviones, muros en concreto ciclópeo y muros en concreto reforzado, algunos de los cuales presentan socavación en los cimientos y requieren de una adecuada protección. También existen algunos sectores en que se han producido

daños en viviendas por fenómenos de inestabilidad de márgenes del Río Sucio en los que se requiere de la reubicación de sus habitantes y de la implementación de medidas de protección para evitar afectaciones mayores.

En lo que se refiere a las avenidas torrenciales, dada la magnitud de los fenómenos ocurridos en el pasado y los altos niveles de daños que se pueden generar, no resulta para el caso del Río Sucio muy útil la implementación de obras de mitigación; resulta más aplicable el establecimiento de zonas de aislamiento y protección en los que se establezcan restricciones al uso del suelo para vivienda, y que se lleve a cabo la recuperación de la cobertura vegetal en las laderas como la de El Revenidero. Para los fenómenos torrenciales en las quebradas que pasan por el casco urbano es conveniente además de establecer las zonas de protección y aislamiento, implementar obras transversales y revegetalizar las laderas en las partes altas de la cuenca, además de hacer un seguimiento permanente a la aparición de posibles obstrucciones a lo largo del cauce.

#### **4.2.2 Consideraciones ambientales**

El deterioro ambiental del Río Sucio y la Quebrada La Desmontadora en su paso por la zona urbana se observa por el establecimiento de asentamientos humanos dentro de la ronda hidráulica del río y la quebrada, además de la contaminación por vertimientos de aguas servidas en algunos puntos. También se observa que en las laderas que se encuentran dentro de las cuencas de estas corrientes se presenta falta de cobertura vegetal, lo cual las expone a la ocurrencia de procesos erosivos y pequeños deslizamientos que eventualmente pueden causar obstrucciones y avenidas torrenciales. Por lo tanto se recomienda delimitar adecuadamente la zona de ronda del río y las quebradas que pasan por el casco urbano, y en dichas zonas restaurar la cobertura vegetal para favorecer su estabilidad, considerando además que los bosques se constituyen en una barrera natural para los procesos urbanísticos irregulares.

#### **4.2.3 Consideraciones Urbanísticas**

La tipología estructural de las viviendas no obedece a ninguna de las normas y códigos establecidos y responde más bien a la necesidad de espacio y condición económica de quien la habita. Son unidades de vivienda conformadas de manera irregular, pero guardando una geometría de las manzanas, y su desarrollo se ha adelantado alrededor de accesos viales.

El desarrollo urbanístico viene avanzando configurando sectores sin infraestructura básica de redes, lo que ha degenerado en que la comunidad la construya de manera coyuntural y sin técnica. Situaciones como la deficiencia de cobertura de alcantarillado y la existencia de invasiones de la zona de ronda del río deben ser atendidas en los procesos de legalización de área, para lo cual se deben acometer obras que busquen proveer redes adecuadas de servicios y preservar las zonas de aislamiento requeridas, respectivamente.

### 4.3 DISEÑO DE OBRAS

En esta sección se presentan los resultados de los diseños detallados de las obras planteadas en el Capítulo 7 y que deben ser implementadas en el área correspondiente a las márgenes del Río Sucio a su paso por la zona urbana del municipio.

La intervención contempla la implementación de obras y medidas de mitigación y control que tienden a mejorar la condición de seguridad del área respecto a la ocurrencia de crecientes del río y la estabilidad de las márgenes ante la ocurrencia de procesos de erosión lateral. Los planos de localización y diseño de obras se presentan en el Anexo I de este informe.

#### ***Obras para el control de crecientes del río Sucio:***

- *Realce en trinchos de madera:* Construcción de trinchos en madera paralelos a la margen derecha del Río Sucio en el sector comprendido entre el Barrio Víctor Cárdenas desde el final del muro en concreto existente y hasta aguas abajo del puente colgante peatonal en el sector en que se encuentran los muros en gaviones recalzados del Barrio Obrero. Otra línea de trinchos en madera se ha considerado sobre la margen izquierda del Río Sucio en la parte baja del Barrio La Playita. Se ha previsto la construcción un total de 610 metros lineales de trinchos de madera de 1 m de ancho y 1 m de altura. El propósito de esta obra es por una parte contener láminas de agua de baja altura en las terrazas y por otra servir para revegetalizar las márgenes del río Sucio. La construcción de los trinchos se hará con postes de madera de 0.10 m de diámetro y tablonces de madera burda, unidos con clavos y con tensores de alambre a 1/3 y 2/3 de la altura; el cajón conformado se reviste en su parte interna con geotextil no tejido, se rellena con tierra compactada en capas de 0.20 m de espesor y al final se revegetaliza con especies nativas de baja altura.

#### ***Obras de protección contra socavación lateral:***

- *-Llaves en concreto ciclópeo y enrocado . muros de contención:* Para la protección de los muros en concreto reforzado y concreto ciclópeo existentes en la margen derecha del Río Sucio en el sector del Barrio Víctor Cárdenas y Barrio Obrero se plantea la construcción de estas obras. Los muros referidos actualmente muestran socavación en la cimentación por lo que se propone la construcción de una serie de llaves de concreto ciclópeo espaciadas cada 3 m, de 1 m de profundidad, 0.8 m de ancho y 2 m de largo de acuerdo con lo que se muestra en el plano de detalles de obras del Anexo I; entre llaves a lo largo del muro se plantea la colocación de un enrocado con fragmentos de diámetro promedio 0.35m.
- *Llaves en concreto ciclópeo y enrocado . estribo del puente:* Para la protección del estribo izquierdo del puente vehicular sobre el Río Sucio se plantea la construcción de estas obras. En las zonas adyacentes aguas arriba y aguas abajo del puente vehicular se han producido procesos de socavación lateral que han afectado varias viviendas y pueden llegar a afectar al estribo del puente por lo que se propone la construcción de una serie de llaves de concreto ciclópeo distribuidas según se muestra en el plano de detalles de obras del Anexo I. Las dimensiones de estas

llaves son 1 m de profundidad, 1 m de ancho y longitudes variables entre los 2 y los 6.6 m de acuerdo con lo que se muestra en el plano de detalles de obras del Anexo I; entre llaves a lo largo del muro se plantea la colocación de un enrocado con fragmentos de diámetro promedio 0.35m.

- *Protección con enrocado:* Se plantea una protección con enrocado de diámetro promedio 0.35 m en la margen del río en el sector en que se va a implementar el realce en trinchos de madera del Barrio Víctor Cárdenas desde el final del muro en concreto reforzado hasta aguas abajo del puente peatonal en donde inician los muros en gaviones recalzados del Barrio Obrero.
- *Perfilado y relleno, muro en gaviones:* En la margen izquierda del Río Sucio en el sector de la Hacienda San Antonio existe un muro paralelo que protege la pata de la terraza de la ocurrencia de fenómenos de socavación. En vista de que la longitud de esta obra no es suficiente se plantea extenderla hacia aguas abajo hasta el estribo del puente. Como se aprecia la aparición de agrietamientos y desprendimientos en la terraza, que tiene una pendiente casi vertical y una altura cercana a los 12 m, se propone que se haga un perfilado con una pendiente 2H:1V; el material obtenido en el corte se debe disponer como relleno detrás de los muros en gaviones, con lo cual se le da a esta terraza una pendiente más suave que la hace más estable. Para evitar la ocurrencia de procesos de erosión laminar o concentrada que afecten la superficie reconformada, se proyecta la revegetalización con semillas.
- *Protección con colchogaviones:* Para evitar la socavación de la base de los muros en gaviones mencionados en el párrafo anterior, se plantea una protección con colchogaviones de 0.30 m de altura en cinco niveles. Otro punto en el que se plantea la protección con este tipo de obra corresponde al sector aguas arriba del afloramiento rocoso en el Río Sucio en el sector del puente colgante vehicular.

En el plano I-1 de localización de obras en planta que hace parte del Anexo I se presenta la distribución de las obras propuestas en este estudio y en el Plano I-2 se presentan los respectivos detalles. Para cada sector se establecieron las cantidades de obra y los costos directos respectivos.

**Medidas recomendadas para el control de avenidas torrenciales:** Teniendo en cuenta que las obras planteadas anteriormente se ubican dentro de la zona urbana, existen otras medidas recomendables para el tratamiento de los cauces y las cuencas de las quebradas torrenciales que pasan por el casco urbano del municipio.

Respecto al tratamiento de las laderas de las cuencas de estas quebradas se plantea su revegetalización, mientras que en los cauces se propone que se haga un seguimiento permanente para verificar la existencia de obstrucciones que puedan generar eventos como los ocurridos en el pasado y que han tenido graves efectos en la zona urbana. Otra medida para la protección de las partes altas de los cauces de estas quebradas corresponde a la construcción de obras transversales, las que deben obedecer a un diseño específico que se encuentra por fuera del alcance del presente estudio.

#### 4.4 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

En la Tabla 4-1 se presentan las cantidades de obra por ítem establecido y el presupuesto estimado para la construcción de las diferentes tipos de obras contempladas en los diseños; los precios unitarios establecidos para este fin, han sido generados de acuerdo con las condiciones que imponen las características del sector y de las mismas obras.

Las cantidades de obra se obtuvieron a partir de los planos de construcción, planta y detalles, empleando las unidades de medidas establecidas en las especificaciones adoptadas y ya referidas. El cálculo de cantidades de obra se adelantó en forma ordenada y sistemática como se muestra en las memorias correspondientes que se presentan en el Anexo I

**Tabla 4-1. Cantidades de obra y presupuesto**

ITEM	ACTIVIDAD	UN	CANT	Vr. UNITARIO	VR. TOTAL
<b>1</b>	<b>Preliminares</b>				
1,1	Desmante y limpieza en zona no boscosa (incluye herramienta menor, mano de obra y manejo de desperdicios)	M2	858,4	\$3.010	\$ 2.583.784
1,2	Descapote a máquina (incluye mano de obra y manejo de desperdicios e=0,20 m)	M2	6.913,7	\$1.810	\$ 12.513.797
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 15.097.581</b>
<b>2</b>	<b>Rellenos</b>				
2,1	Excavación varias en material común - a máquina	M3	4.355,7	\$4.360	\$ 18.990.852
2,2	Relleno para estructuras de contención	M3	4.355,7	\$4.360	\$ 18.990.852
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 37.981.704</b>
<b>3</b>	<b>Obras de mitigación de inundación</b>				
3,1	Realce en trinchos de madera	ML	610,1	\$80.400	\$ 49.052.040
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 49.052.040</b>
<b>4</b>	<b>Obras de protección de socavación</b>				
4,1	Enrocado Dprom=0,35m	M3	3.003,8	\$27.600	\$ 82.904.880
4,2	Colchogaviones	M3	5.903,6	\$98.950	\$ 584.161.220
4,3	Gaviones	M3	372,0	\$71.950	\$ 26.765.400
4,4	Concreto clase g 14 MPa	M3	99,4	\$199.050	\$ 19.785.570
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 713.617.070</b>
<b>5</b>	<b>Obras de tratamiento de cobertura</b>				
5,1	Empradización con semillas	M2	4.721,6	\$ 340	\$ 1.605.344
<b>SUB TOTAL</b>					<b>\$ 1.605.344</b>
<b>VALOR COSTO DIRECTO</b>					<b>\$ 817.353.739</b>
A. ADMINISTRACIÓN				24,00%	\$ 196.164.897
I. IMPREVISTOS				3,00%	\$ 24.520.612
U. UTILIDAD				5,00%	\$ 40.867.687
IVA				16,00%	\$ 6.538.830
<b>VALOR COSTO INDIRECTO</b>					<b>\$ 268.092.026</b>
<b>VALOR COSTO TOTAL</b>					<b>\$ 1.085.445.765</b>

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El Municipio de Dabeiba se asentó sobre el valle del río Sucio y varias quebradas afluentes que se caracterizan por tener valles jóvenes de montaña, con altas pendientes y de comportamiento torrencial. El municipio posee una topografía quebrada en buena parte de su área, aunque en la zona urbana el relieve posee menores pendientes por la existencia de varios niveles de terrazas de origen aluvial. La conformación del municipio sumada a la condición fisiográfica de su zona urbana con zonas de altas pendientes y de alta complejidad geológica, configuran las condiciones de riesgo a que está expuesta la comunidad, especialmente por avenidas torrenciales, inestabilidad de las márgenes e inundaciones.
- El río Sucio presenta un patrón de tipo meándrico, y se observa en algunos sectores la presencia de un control estructural por la presencia de un afloramiento rocoso, el cual restringe la presencia de fenómenos de socavación lateral, que sí se presenta en los sitios en que en las márgenes del río se encuentran depósitos aluviales no consolidados. Los fenómenos de socavación lateral además se ven favorecidos por la generación de un estrechamiento del cauce antes del paso del Río Sucio por la zona urbana, con lo cual se aumentan localmente las velocidades de flujo y por tanto la capacidad de arrastre de la corriente. Las amenazas por inundación estarían dadas por la ocurrencia de crecientes en el río Sucio, y afecta las llanuras aluviales y terrazas bajas.
- La Quebrada La Desmontadora, por su parte, presenta altas pendientes y un valle en V que tiende a profundizarse ante la ocurrencia de eventos torrenciales, en vista de que en el sitio se encuentran materiales granulares no consolidados. Estos materiales se dejan arrastrar facilitando la aparición de surcos de erosión, además de que al saturarse y con las altas pendientes que poseen en algunas zonas generan la ocurrencia de procesos de remoción en masa.
- La cabecera municipal de Dabeiba ha sido afectada en épocas recientes por dos avenidas torrenciales, ambas con efectos catastróficos. La mayor de ellas, ocurrida en el 24 de octubre de 1970, se produjo por el bloqueo del cauce del río Sucio y su posterior ruptura, lo que produjo el arrasamiento total de toda construcción de la población, localizada por debajo del parque principal actual. La segunda se presentó en la quebrada Desmontadora el 29 de septiembre de 1993, con un saldo de aproximadamente 23 víctimas y más de 700 damnificados.
- Cuando una cuenca ha tenido avenidas torrenciales, se establece que las probabilidades de que ellas ocurran en el futuro son altas, y solamente depende de su intervalo de recurrencia en el tiempo. Los fenómenos que se presentaron hace centenares de miles o decenas de miles de años no tienen posibilidad de repetirse en los sitios donde ocurrieron porque su nivel se encuentra muy por encima de lo posible de alcanzar por una avenida torrencial que se presente en la actualidad, luego su amenaza no se debe considerar. Los fenómenos que se presentaron en los últimos miles de años, representan una *Amenaza baja*, mientras que en los sitios donde se presentaron hace de centenares de años se deben agrupar como de *Amenaza Intermedia* donde se presentaron hace decenas, deben corresponder a *Amenaza Alta*.

- El derrumbe del Revenidero es tal vez el fenómeno más importante para el futuro de Dabeiba por las implicaciones que pueda tener una nueva removilización que tarde o temprano se volverá a presentar, a corto plazo y de acuerdo con lo observado, hay una parcial recuperación de la vegetación en toda la masa, lo que indica que no ha existido mayor movimiento en años pasados. Lo anterior no indica de ninguna manera que la vertiente haya llegado a una situación de reposo absoluto, pues una temporada invernal severa puede comenzar a desestabilizar la parte inferior y desencadenar un hecho similar a lo de 1970. Un escenario probable para lo que pueda ser una situación de emergencia futura debe partir de suponer que se presentarán situaciones de inestabilidad desde la base de la masa inestable que en el término de días o semanas puedan llegar a un deslizamiento de magnitud importante que represe de nuevo el río.
- De la génesis de los depósitos se puede concluir que todas las quebradas que llegan a las partes bajas de Dabeiba son torrenciales y que sus avenidas se han producido por bloqueos de cauces y no por eventos individuales de lluvias fuertes, lo que los hace predecibles en la medida que sus cuencas tengan una vigilancia periódica adecuada, pues los movimientos en masa son fácilmente visibles y tardan horas o días en bajar como flujos. Como medida a largo plazo se puede contemplar la compra de los terrenos de estas cuencas para ser reforestados y así retrasar el proceso de degradación de ellas.
- En el caso del río Sucio, se puede concluir que el Revenidero es el factor crítico y que avisa con el tiempo suficiente como para salvar la vida de los habitantes mas no los bienes e infraestructura que se encuentran en la zona de Amenaza Alta. La adquisición y reforestación de la cuenca a la vez que la debida vigilancia de los movimientos en masa premonitorios que se presenten en su parte baja, son actividades deben hacer las autoridades para alertar a la población.
- Los eventos de inundación de la zona urbana de Dabeiba por desbordamiento del Río Sucio se presentan para un intervalo de periodos de retorno entre 50 y 100 años, que se consideran probabilidades de ocurrencia bajas; los barrios con mayor afectación por inundación son: Víctor Cárdenas, La Playita, partes bajas del barrio La Arenera, El Barrio Pablo Sexto. Además se puede indicar que el nivel de peligrosidad en los sectores donde se presenta los eventos de inundación es bajo, o sea que cuando ocurre un evento de inundación los daños a las viviendas y a la comunidad es mínimo.
- Los resultados de modelación hidráulica de la quebrada La Desmontadora indican que no se presentan desbordamientos a lo largo de la quebrada, sin embargo la quebrada Desmontadora es susceptible a eventos torrenciales importantes como se indicó anteriormente.
- Respecto a la precisión de los resultados obtenidos en la modelación hidráulica, ésta se definió en función de la comparación cartográfica de los diferentes temáticos relacionados, así se comparó el mapa geomorfológico que establece el cauce activo con los niveles de inundación del modelo hidráulico. Contrastando las dos cartografías se puede observar una buena correspondencia entre las terrazas inundables y los límites de inundación para Tr de 50 años, que permite inferir que los resultados obtenidos son coherentes con la realidad.

- Los procesos de inestabilidad de márgenes identificados se caracterizan por ser aislados, de magnitud variable y su ocurrencia se debe a factores como la falta de cobertura vegetal que han sufrido las márgenes, la alta pendiente y composición de los depósitos involucrados. El detonante de los procesos de inestabilidad de las márgenes corresponde a la erosión lateral del cauce sobre las márgenes que actúa en la base de los taludes en las partes exteriores de las curvas del cauce y los fenómenos de socavación lateral además se ven favorecidos por la generación de un estrechamiento del cauce antes del paso del Río Sucio por la zona urbana, con lo cual se aumentan localmente las velocidades de flujo y por tanto la capacidad de arrastre de la corriente. Se observa en algunos sectores la presencia de un control estructural por la presencia de un afloramiento rocoso, el cual restringe la presencia de fenómenos de socavación lateral.
- Los procesos de socavación lateral para el Río Sucio se dan en la margen derecha a la altura de la Hacienda San Antonio, sector en que el depósito tiene una pendiente casi vertical y una altura cercana a los doce metros, y en la margen izquierda en los sectores ubicados inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del estribo del puente vehicular. En ambos casos estos fenómenos han causado afectaciones severas a edificaciones, tanto las que hacen parte de la Hacienda San Antonio como a algunas viviendas situadas aguas arriba y aguas abajo del puente vehicular.
- La Quebrada La Desmontadora, por su parte, presenta altas pendientes y un valle en V que tiende a profundizarse ante la ocurrencia de eventos torrenciales, en vista de que en el sitio se encuentran materiales granulares no consolidados. Estos materiales se dejan arrastrar facilitando la aparición de surcos de erosión, además de que al saturarse y con las altas pendientes que poseen en algunas zonas generan la ocurrencia de procesos de remoción en masa.
- Para las manzanas ubicadas en el área de estudio de este municipio se obtuvo una distribución de la vulnerabilidad social predominantemente ~~Muy alta~~ y ~~Alta~~ indicando que las medidas de mitigación deben contemplar acciones que minimicen esta vulnerabilidad, de tal forma que repercutan en una mejor calidad de vida de los habitantes de este sector.
- En lo que se refiere a la vulnerabilidad institucional, se puede decir que a pesar de que el municipio conoce los lugares en los que se presentan riesgos por inundación y cuenta con un Plan de Emergencias, la falta de continuidad en las personas que se encuentran a cargo de este tema en los diferentes entes territoriales involucrados y la poca documentación del tema, crea una pérdida de memoria institucional y una baja continuidad de las acciones. De otra parte, no se cuenta con sistemas de alarma y no se realiza una sistematización de los registros y reportes que se generan en cada uno de los eventos que ocurren, con el fin de estimar los daños ocurridos y las pérdidas ocasionadas por ellos, adicional a esto, los recursos disponibles resultan insuficientes en muchos de los casos para la renovación y adquisición de equipos, así como para realizar obras de mitigación.

- Dentro de las medidas de mitigación no estructurales consideradas se encuentran la regulación del uso del suelo en las terrazas bajas inundables, en los sectores afectados por inestabilidad de márgenes y en los sectores en donde se debe adelantar programas de reubicación de familias porque se localizan en zonas de alta amenaza y/o en áreas de restricción geomorfológica o ambiental. Otras medidas de este tipo corresponden a la reubicación de viviendas, la adecuación paisajística del área, la realización de campañas de información pública y la delimitación de la ronda y zona de protección y manejo ambiental del Río Sucio y Quebrada La Desmontadora.
- Dentro de las medidas de mitigación estructurales se encuentra el diseño y construcción de obras de protección y control contra los procesos de socavación lateral que ocasionan deslizamientos y afectaciones a las obras de protección existentes, así como al control de ascensos del nivel de agua durante las crecientes. Para la mitigación de los efectos de eventos de avenidas torrenciales se debe llevar a cabo la revegetalización de las laderas de las cuencas de las corrientes que presenten tendencia a la ocurrencia de estos eventos, y la implementación de obras transversales en las partes medias y altas de las cuencas. El dimensionamiento y espaciado de estas obras deben obedecer a diseños específicos no considerados en el alcance del presente estudio en vista de que se trata de zonas que se encuentran en la parte rural del municipio.

## 1 BIBLIOGRAFÍA

ASIAN TECHNICAL COMMITTEE ON GEOTECHNOLOGY FOR NATURAL HAZARDS (1997). Manual for Zonation on areas susceptible to rain-induced Slope Failure. Touchin Insatsu Co. Ltd, Japan.

CABALLERO, H., MEJIA. I. 1993. Investigación histórica y de campo del derrumbe el Revenidero ocurrido en octubre de 1970, municipio de Uramita, departamento de Antioquia. Revista de Ingeominas N° 2, Bogotá

CARDENA CAMILO, Agosto de 2005. Gestión para la Reducción del Riesgo de Desastres. III Curso Latinoamericano de Movimientos en Masa.

DECLARACIÓN DE MANIZALES. 2004. Conferencia Interamericana sobre reducción del riesgo de los desastres. Reflexiones y propuestas para mejorar la efectividad de la gestión. Noviembre 17, 18 y 19, Manizales, Colombia.

DANE, 1993. Mapa zona urbana municipio de Dabeiba sectores, secciones, manzanas y vías.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE HYOGO. Erosión control in Hyogo.

DIRECCIÓN DE DESARROLLO TERRITORIAL, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía metodológica 1 Incorporación y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial. Bogotá, 2005.

D.N.P.A.P., 1988. Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá.

GONZALEZ A., MILLAN J., SOLER F., VESGA L., 1998. Evaluación de Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa en Santa Fe de Bogotá Artículo, X Jornadas geotécnicas.

GONZALEZ GARCIA ALVARO J., Agosto de 2005. Evaluación de Amenaza por Fenómenos de Remoción en Masa III Curso Latinoamericano de Movimientos en Masa. Bogotá, Colombia.

HAFFER, J. & BEATTIE, D. 1959. On the Geology of the Uraba (Northwest Colombia). Mobil GGR 483. Bogotá.

HAFFER, J. 1967. On the Geology of the Uraba and northern Chocó report. 357 (mecanografiado). p. 1-105. Ecopetrol. Bogotá.

IGAC, 1987. Fotografías aéreas 23,24. Escala 1:33820. Vuelo C-2303.

IGAC, 1976. Fotografías aéreas 289, 290, 291. Escala 1:9250. Vuelo R-735-9-76.

IGAC, 1979. Plancha topográfica 114-I-D, 114-II-C Escala 1:25000.

IGAC - ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS. Proyecto Darién: Estudio para la orientación del desarrollo integral de la región del Darién colombiano, Medellín, 1978. 171 p.

IGAC . INGEOMINAS. 2006. Estudio Integral del Andén Pacífico Colombiano, Tomo I Geología, 168 p.; Tomo II Geomorfología, 66 p. Bogotá.

INGEOMINAS, 1995. Base de datos de desastres naturales de Colombia, 1920 - 1990. Mem. IV. Conferencia Colombiana de Geología Ambiental, Armenia.

INGEOMINAS, 1995.- Evaluación del agua subterránea en la región de Urabá, Antioquia.

INGEOMINAS, 1999. Geología del departamento de Antioquia. Plancha Escala 1:400000.

INGEOMINAS, 2001. Mapa geológico del departamento de Antioquia Escala 1:400000. Memoria explicativa.

INSTITUTO DE ESTUDIOS REGIONALES. 1994. Plan de desarrollo de Urabá con énfasis en lo ambiental. Universidad de Antioquia. Medellín.

JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE E.U., 2006. Guía Metodológica para la Evaluación, Zonificación y Reducción de Riesgos por Fenómenos de Remoción en Masa a Escala de Detalle.

JAMES, MICHAEL, 1991. Contribución al análisis de las amenazas geológicas en el Municipio de Dabeiba y la influencia en el desarrollo urbano. INGEOMINAS, Medellín

LEONE F., 1996. Concept de Vulnerabilite Applique a L. Evaluation Des Risques Generes par les Phenomenes de Mouvements de Terrain. Université Joseph Fourier Grenoble; These de Doctorat, Grenoble.

MILLAN J., 1988. Lineamientos Metodológicos Para la Evaluación de la Amenaza por FRM.

MILLAN J. GONZALEZ A, 2000. Evaluación Sistemática de Procesos y Efectos de Fenómenos de Remoción en Masa en Santa Fe de Bogotá - Propuesta Metodológica, VIII Congreso Geotecnia.

MILLAN J., VESGA L., 1998. Inventario de Procesos de Remoción en Masa en los Estudios de Amenaza y Riesgo en Santa Fe de Bogotá. Artículo X Jornadas Geotécnicas.

PCU Ltda, 2000. Plan de ordenamiento territorial municipio de Dabeiba.

SANCHEZ SILVA, MAURICIO, 2005. Introducción a la Confiabilidad y Evaluación de Riesgos, U. de los Andes.

TERLIEN M.T.J. 2005. Modelling Spatial and Temporal Variations in Rainfall - Triggered Landslides. The Integration of Hydrology Models Slope Stability Models and Geographic Information Systems for the Hazard Zonation of Rainfall - Triggered Landslides with Examples from Manizales (Colombia) ITC, Publication NO. 32.

VARNES, D.J. (1978). Slopes Movement Types and Processes in: Landslides, Analysis and Control+ TRB Special Report 176, Washington D.C., 1978.