



***CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC-UNIVALLE 188 DE 2008***

**ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS Y ESCENARIOS DE RIESGO POR  
MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIONES Y CRECIENTES  
TORRENCIALES DEL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DE LOS  
MUNICIPIOS DE BUGA, RIOFRÍO, DAGUA, EL CAIRO Y LA  
UNIÓN**

**RESUMEN EJECUTIVO**

**MUNICIPIO DE DAGUA**

**Santiago de Cali, Agosto de 2010**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2. OBJETIVO GENERAL</b>	<b>4</b>
<b>3. ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>4</b>
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>5</b>
<b>4.1. INFORMES</b>	<b>5</b>
<b>4.2. MAPAS DE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN</b>	<b>7</b>
<b>4.3. ANEXOS</b>	<b>10</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>10</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES</b>	<b>10</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES</b>	<b>14</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>17</b>

## **1. INTRODUCCIÓN**

La falta o el inadecuado nivel de conocimiento de las amenazas y riesgos en los municipios del Valle del Cauca y, por supuesto, la ausencia de soporte para proyectar su ordenamiento territorial, llevó a que la CVC incluyera en el Plan de Acción Trienal 2007-2009 un proyecto en este sentido, es decir sobre la realización de la zonificación de amenazas y escenarios de riesgo direccionada hacia los centros o cabeceras municipales que es donde se focalizan las mayores vulnerabilidades y posibilidades de situaciones de desastre o afectación. De esta manera, se ha priorizado la acción de la CVC hacia las áreas urbanas de las cabeceras municipales, que han presentado estadísticamente mayor número de desastres, y sobre las cuales el estado del conocimiento es nulo o bastante deficiente.

Las cabeceras de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión han sido incluidas en el presente proyecto, con el fin de que mancomunadamente con sus administraciones municipales, y bajo la ejecución del Observatorio Sismológico y Geofísico de la Universidad del Valle, entidad de carácter científico y con experiencia en este tipo de estudios, se obtengan las herramientas de juicio necesarias para la planificación del territorio.

## **2. OBJETIVO GENERAL**

- Realizar estudio de zonificación de amenazas y escenarios de riesgo por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión pertenecientes al Departamento del Valle del Cauca.

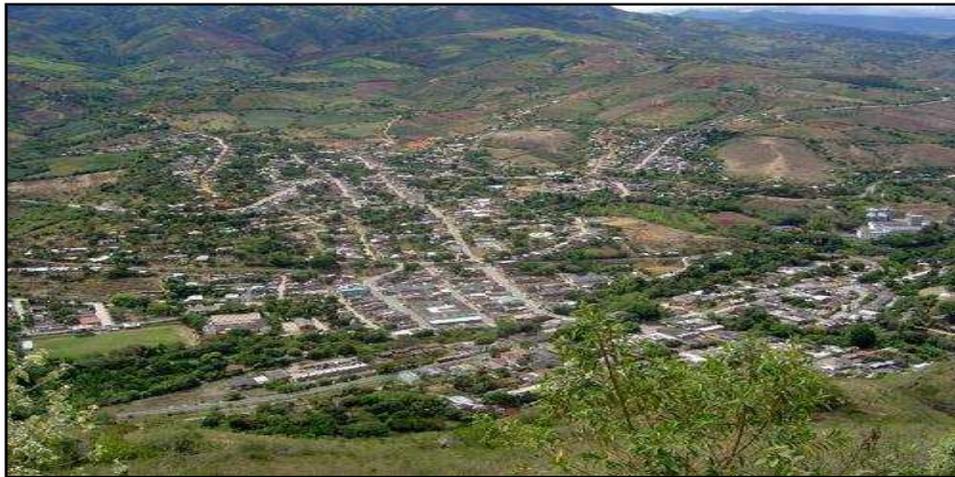
## **3. ÁREA DE ESTUDIO**

El municipio de Dagua se encuentra localizado en el piedemonte de la Cordillera Occidental a 3°38'45" de Latitud Norte y 76°41'30" de Longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Limita al norte con el municipio de Calima, al oriente con Restrepo, La Cumbre y Santiago de Cali, al sur con Santiago de Cali, al occidente con Buenaventura.

A la fecha posee una población aproximada de 40.510 en un área de 866 Km, repartidos en población urbana 9.700 habitantes y población rural 30.810 habitantes. Se encuentra a una altura de 828 msnm, con una temperatura promedio de 24°C.

Está enclavado sobre una hondonada del costado izquierdo de la Cordillera Occidental al sur occidente de la República de Colombia, en una amplia zona del occidente del Departamento del Valle del Cauca, a orillas del río Dagua, dentro del área del Chocó Biogeográfico en el Sector del Litoral Pacífico de Colombia, cubriendo gran parte de la Cuenca hidrográfica del río Dagua. Figura 1.

Es el tercer municipio más grande del Valle del Cauca, después de Buenaventura y Calima. El territorio es montañoso y su relieve corresponde a la Cordillera Occidental; entre sus accidentes orográficos cuenta con los Farallones de Cali, Las Cuchillas de Las Brisas y Palo Alto, Los altos de Doña Mariana y Panecillo y Los cerros de Clorinda, Cubilete, La Virgen y Palo Alto. Es un ecosistema muy seco, con bajas precipitaciones y largos periodos de verano donde crece el bosque seco caracterizado por cactus y matorrales espinosos; las plantas y los animales que allí habitan se han adaptado para vivir en zonas áridas.



*Figura 1. Panorámica del Municipio de Dagua.*

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. INFORMES**

Los diferentes estudios y actividades realizadas en el desarrollo del proyecto correspondiente al Municipio de Dagua, se encuentran consignados en los siguientes informes finales.

- Guía Metodológica de los Estudios Realizados
- Volumen 1. Resumen Ejecutivo

Contiene información precisa sobre los objetivos y alcances del proyecto, en este se listan de manera esquemática los principales volúmenes de los informes correspondientes a los estudios realizados.

- Volumen 2. Resumen General

Presenta una descripción que incorpora los elementos centrales que componen cada uno de los estudios y actividades correspondientes a la ejecución del proyecto en el municipio y el listado del personal participante y los grupos que por ejes temáticos se conformaron.

- Volumen 3. Informes Temáticos

Contiene la descripción y caracterización de la zona de estudio, incluyendo aspectos fundamentales como: Historicidad, Topografía, Sistemas de Información Geográfica y Cartografía, Geología, Geofísica, Geotecnia, Hidrología e Hidráulica.

- Volumen 4. Informe de Amenazas

Contiene la descripción de la metodología utilizada para el análisis y determinación de las amenazas por Remoción en Masa y Avenidas Torrenciales y los resultados de la zonificación.

- Volumen 5. Informe de Vulnerabilidad y Escenarios de Afectación

Contiene la evaluación de la vulnerabilidad de elementos (corporales y estructurales) expuestos a un fenómeno particular y termina con la evaluación de los escenarios de afectación del municipio.

- Volumen 6. Lineamientos para la construcción o actualización del Plan de Emergencias y Contingencias (PLEC) del municipio y del plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT).

Presenta las orientaciones y recomendaciones necesarias para la actualización del PLEC y del PBOT del municipio, considerando el tema de la gestión del riesgo, acorde con la normatividad colombiana en especial los Decretos 919 de 1989, 879 de 1998, 93 de 1998, ley 388 de 1997, lo cual se constituye en aporte fundamental del proyecto para el desarrollo de los procesos de planeación del municipio.

- Volumen 7. Mapas y Planos

Contienen la representación de los diferentes escenarios espaciales (básicos y temáticos) correspondientes a los estudios realizados en el municipio, tales como: Mapas base, amenazas, vulnerabilidad, escenarios de afectación, entre otros.

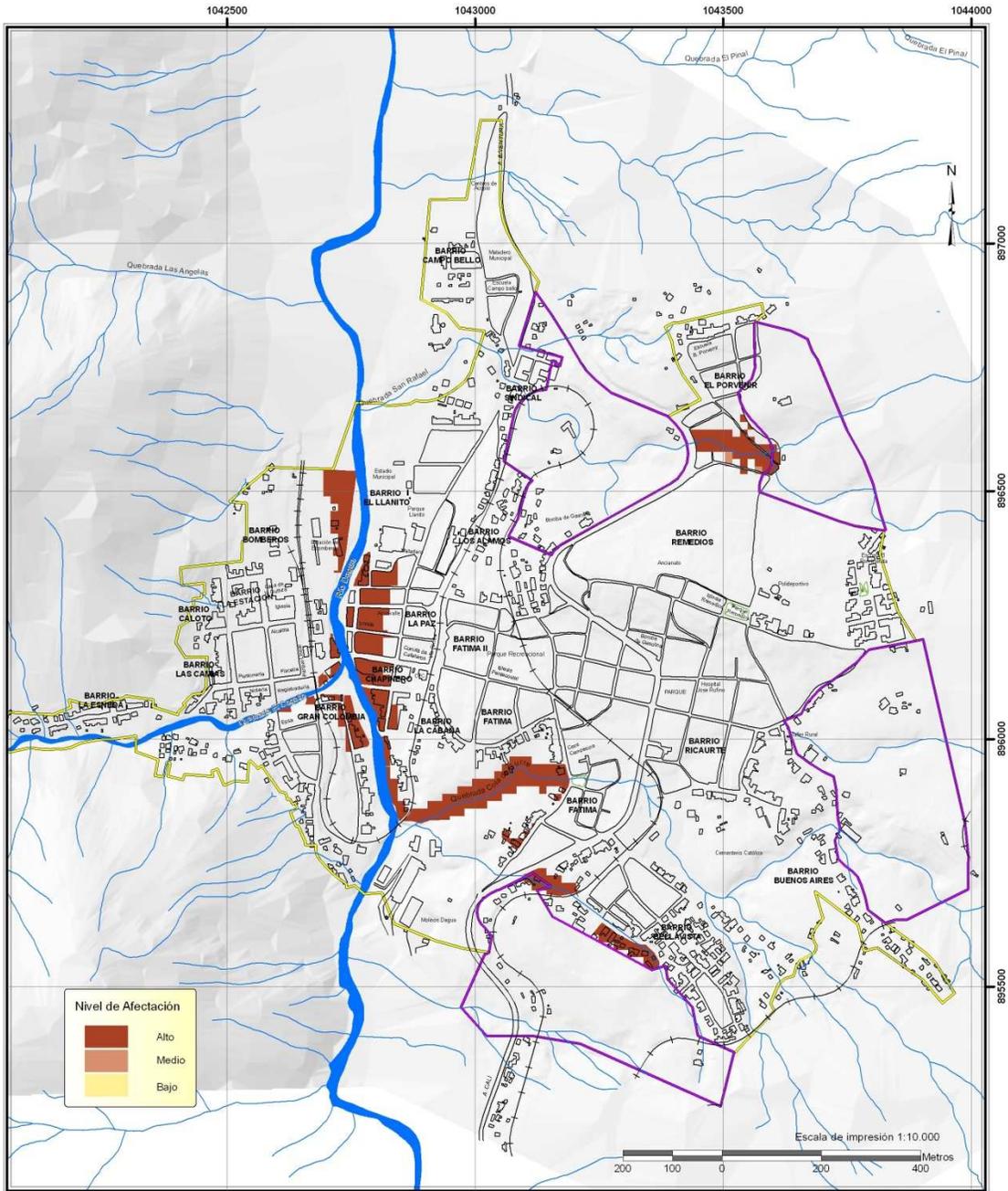
- Volumen 8. Cartilla de Socialización

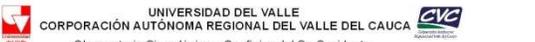
Presenta de manera didáctica los principales resultados de las actividades del proyecto, destacándose los productos de los estudios de amenaza y afectación, incluye actividades pedagógicas para evaluar el manejo de conceptos y una actividad de cartografía social.

#### **4.2. MAPAS DE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN**

Como resultados básicos obtenidos del desarrollo de los estudios, se presentan los mapas de escenarios de afectación susceptibles de presentarse en el área urbana y de expansión del municipio. Figuras 2 y 3.





<p><b>CONVENCIONES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Perimetro Urbano</li> <li><span style="border-bottom: 1px dashed black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Perimetro de Expansión</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Perimetro de Manzana</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid blue; width: 20px; display: inline-block;"></span> Drenaje Doble</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid blue; width: 20px; display: inline-block;"></span> Drenaje sencillo</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Sendero</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Carretera sin pavimentar angosta</li> <li><span style="border-bottom: 1px solid black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Carretera pavimentada de dos o más calzadas</li> </ul>	 <p>UNIVERSIDAD DEL VALLE CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente</p>	<p>FECHA: Julio de 2010  <b>SISTEMA DE REFERENCIA</b>      Datum Magna    Origen de la zona      Elipsoide GRS80    Oeste  <b>FUENTE DE LA INFORMACIÓN</b>      Cartografía Básica:      CVC - Univalle, Escala 1:2.000,      CVC, Escala 1:5.000 (Datum Bogotá)</p>
---	---	--

**FIGURA 8**  
**AFECCIÓN POR AVENIDAS TORRENCIALES**  
**MUNICIPIO DE DAGUA**

Figura 3. Afectación por Avenidas Torrenciales. Municipio de Dagua

### **4.3. ANEXOS**

- Anexo 1. Secciones Transversales. (tamaño carta)
- Anexo 2. Metadatos
- Anexo 3. Informes en Medio Magnético

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

Dada la ubicación del Municipio de Dagua y los problemas del sistema de alcantarillado que comparte con varios municipios del Departamento, se presentan problemas de inundaciones tanto por el desbordamiento del río Dagua y sus afluentes, como por la colmatación de su alcantarillado y deslizamientos por la alta pendiente en que se han construido asentamientos subnormales de la localidad como el caso del Barrio La Esneda y La Cabaña. Entre los eventos más graves se encuentran los ocurridos en los años 2002, 2006, 2007 y 2008, donde por el número de inundaciones y deslizamientos se puede constatar que fueron años donde los inviernos generaron muchos daños tanto en la cabecera municipal, como en los corregimientos. Claro está, los estragos causados por las lluvias del año 2008 son los más recordadas por la comunidad.

Los mayores problemas de riesgo, sin demeritar los que suceden en la cabecera, se presentan por fuera del área de estudio de este proyecto, pero es igualmente importante registrar los problemas de corregimientos y veredas ya que se constituyen en causales de afectación de sectores del casco urbano, en el presente informe los tenemos en cuenta por esa razón. De allí que dentro de la información consultada, aunque corresponden a sectores aledaños a la cabecera municipal, se encuentren los eventos que los han afectado y que hacen parte de la jurisdicción del Municipio de Dagua.

Para finalizar es necesario que se desarrollen proyectos en el municipio encaminados a mitigar los estragos causados por el invierno y los inadecuados usos del suelo, como por ejemplo: recuperar las vías existentes deterioradas por el cauce del río Dagua, disminuir el impacto ambiental ocasionado por la falta de obras de arte en el manejo de las aguas lluvias, proteger a la comunidad del sector aledaño a la estación de Bomberos de posibles desastres, por el deterioro de la estabilidad del terreno aledaño a la cabecera municipal y realizar la construcción de obras de mitigación, como

gaviones, donde el río Dagua a efectuado socavaciones, como recomiendan los estudios técnicos consultados.

Los procesos de remoción en masa del municipio de Dagua, muestran una clara vinculación genética con los factores geológicos y geomorfológicos dominantes.

La falla activa de Dagua-Calima, que corre en dirección N-S, a lo largo de la depresión del río Dagua, separa dos dominios litológicos, estructurales y geomorfológicos diferentes. En cuanto a la litología, al oeste de la falla se tiene la formación Espinal de rocas sedimentarias silíceas, con laderas abruptas y valles encañonados, l este de la falla se tiene la Formación Volcánica conformada por rocas básicas, con suelos residuales espesos, laderas suaves y corrientes de agua poco entalladas. El valle aluvial del río Dagua separa los dos dominios litológicos y morfológicos.

En las montañas occidentales, los procesos morfodinámicos están representados principalmente por *nichos longitudinales de erosión*, anchos y profundos, aparentemente inactivos o con actividad muy lenta, pero que potencialmente pueden ser canales de flujos de lodo, fragmentos de roca y detritus. Aunque las laderas que conforman las facetas triangulares en el frente montañoso o del escarpe, no muestran deslizamientos activos, ni antiguos abundantes; su alta pendiente, la presencia de suelos residuales y la numerosa cantidad de nichos de erosión, podrían representar amenaza para los habitantes expuestos en el borde de las laderas empinadas contra el río Dagua.

En el frente montañoso próximo al escarpe de la falla de Dagua – Calima (barrio Gran Colombia), se presenta un deslizamiento de tipo traslacional, aparentemente inactivo o temporalmente estabilizado, de grandes proporciones, hoy día limitado por antiguos *nichos de erosión* desarrollados en sus bordes laterales. El deslizamiento podría constituir eventualmente una amenaza para el barrio.

Dentro de la parte montañoso, al W de la población, la quebrada Cogollo tiene una cuenca de drenaje que se extiende cordillera arriba, la cual por sus pendientes abruptas, presencia de suelos residuales y deslizamientos antiguos; conduce a pensar que potencialmente puede representar amenaza. La quebrada tiene un *cono de deyección*, conformado por materiales de tamaño irregular, distribuidos de manera caótica, donde no se observa una estratificación ordenada. Esta circunstancia conduce a pensar que pueden corresponder a *depósitos de avalancha* antiguos.

Por otra parte el valle aluvial encañonado, aguas arriba, hacia la parte media de la cuenca, de acuerdo al análisis con fotografías del terreno, parece que ha tenido deslizamientos voluminosos antiguos, en particular desde su ladera izquierda, lo cual también representa un peligro potencial, que al repetirse el fenómeno, originaría el represamiento del cauce y su posterior ruptura, con posible aporte de gran cantidad de agua, fragmentos de roca y suelo. La posibilidad de una avalancha podría afectar notablemente a la comunidad e infraestructura de los barrios La Esneda, La Estación y Gran Colombia, situados en vecindades del cono de deyección de la quebrada, en la zona hace unos 40 a 50 años se presentó un episodio de este tipo que causó serios daños.

La baja calidad de la roca del *macizo rocoso* de la Formación Espinal, que conforma la región montañosa, no está representada por movimientos de masa acordes con esta condición geomecánica del macizo. Posiblemente su inestabilidad potencial, estaría más bien asociada con la excavación y colapso de sitios para obras de ingeniería civil, donde las posibilidades de fallar serían mayores.

La región al este del río Dagua, de morfología suave, conformada por suelos espesos de la Formación Volcánica, presenta numerosas cárcavas de erosión, con mayor concentración hacia el sector SE de la zona. El carcavamiento es un proceso lento, que en la actualidad no parece amenazar de manera sorpresiva a la comunidad ni a su infraestructura. Con algunas excepciones, como al NE del barrio BUENOS AIRES, no existen viviendas regulares cercanas o alrededor de las cárcavas mayores. Próximos a las zonas de expansión urbana, o dentro de ellas, se presentan estos fenómenos que en algunos casos pueden alcanzar los 300m de longitud, con posibilidades de seguir remontando el drenaje aguas arriba.

La zona de reptación del terreno en el barrio FATIMA, en el sector de Telecom, está evidenciada por las rupturas en las paredes y fachadas de las casas, fenómeno muy lento y casi imperceptible, que se ha manifestado durante más de 20 años. Cerca de esta zona existe una cárcava antigua, estabilizada, y aún colonizada en su parte baja, que puede ser, entre otros, la causante del problema.

La zona occidental del municipio de Dagua es altamente susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa, y como se observó en campo el mecanismo de falla dominante es el planar, con consecuencias desfavorables en especial hacia la zona occidental de cerros montañosos escarpados, en donde la presencia de algún agente o ambos agentes detonantes, se ve reflejado en la inestabilidad del terreno y como consecuencia amenaza alta en toda esta zona. Dada la fuerte pendiente del terreno, se recomienda restringir el uso del suelo.

En los estudios de Hidráulica se pudo observar que los caudales correspondientes a las crecientes analizadas se calcularon a través de la modelación hidrológica a partir del análisis de los registros de las precipitaciones en las estaciones climatológicas ubicadas en la cuenca del río Dagua, considerando lluvias críticas de 10 horas de duración. Para la generación de los mapas de avenidas torrenciales se construyó e implementó un modelo matemático bidimensional (FLO-2D) mediante el cual se simuló diferentes crecientes correspondientes a periodos de retorno de 10, 30 y 100 años.

La metodología propuesta establece tres niveles de amenaza según los rangos de frecuencia del fenómeno (representada en el periodo de retorno de la creciente) y el rango de magnitud o intensidad (representada por la profundidad de agua en las áreas inundadas, la velocidad de la corriente y el valor del producto de la profundidad por la velocidad, es decir, el caudal unitario). Las áreas sometidas a un nivel de amenaza alto se consideran no urbanizables, en las zonas expuestas a una amenaza media se prohíbe toda construcción, excepto parques, instalaciones agropecuarias, líneas de transmisión y conductos hidráulicos y en las zonas de amenaza baja se permite la construcción de viviendas y edificaciones de dos o más pisos, parques, instalaciones agropecuarias, industriales y comerciales, estacionamientos, áreas de almacenamiento, servicios básicos, líneas de transmisión, calles y puentes, siempre y cuando estén correctamente proyectados.

Para el fenómeno de avenidas torrenciales el 17.46% (23.41 ha) del área urbana se encuentra expuesto a algún grado de amenaza. Sin embargo, es importante recalcar que la gran mayoría del área urbana amenazada está expuesta a amenaza alta (17.09%). Además, el 17.41% del área urbana se encuentra expuesto a un nivel de amenaza alto o medio. Por otra parte, el 7.82% del área de expansión urbana se halla expuesto a solamente un nivel de amenaza alto por el fenómeno de avenidas torrenciales.

En conclusión, el mapa global de amenaza por avenidas torrenciales debería ser tenido en cuenta para el reordenamiento territorial del municipio y el planteamiento de medidas de protección y mitigación necesarias.

## 5.2. RECOMENDACIONES

El estudio geotécnico debe extenderse hacia las laderas de la MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO DÁGUA, en el borde inferior de las facetas triangulares y zonas de acumulación de talus, donde hay presencia de *asentamientos humanos*. En especial el barrio GRAN COLOMBIA.

Es importante, analizar la CUENCA DE LA QUEBRADA COGOLLO, en el aspecto geológico, geomorfológico, hidrológico y geotécnico, para identificar la posible *amenaza* y la probabilidad de tener movimientos de remoción en masa en las paredes de la cuenca y de avalanchas o de avenidas torrenciales a lo largo del cauce.

Un estudio, que se debe realizar a mediano plazo es el concerniente con el *aspecto sismogénico* de la FALLA DE DÁGUA- CALIMA, en el *aspecto sismogénico*, pues es considerada como una de las fallas activas más notables en la Cordillera Occidental, en el Valle del Cauca. Es importante definir sus segmentos potencialmente movibles, las magnitudes máximas creíbles, los períodos de recurrencia, aceleraciones, atenuación de la onda y los efectos potenciales en Dagua y ciudades vecinas.

Finalmente, se debe estudiar la estabilidad de la Cuenca de drenaje del río Dagua a escala 1:25000 o menor con el fin de entender su posible amenaza en cuanto a las avenidas torrenciales o inundaciones sobre la cabecera municipal de Dagua.

Los mapas de amenaza generados debido a la posible ocurrencia del fenómeno de avenidas torrenciales deben ser empleados para la determinación de la vulnerabilidad y la cuantificación y evaluación del riesgo, y finalmente para el reordenamiento del territorio del municipio de Dagua teniendo en cuenta los diferentes grados o niveles de amenaza establecidos.

Se recomienda plantear, dimensionar y evaluar, considerando los aspectos social, ambiental, técnico y económico, distintas medidas estructurales (obras) orientadas a la prevención, mitigación y/o control de los desbordamientos durante las avenidas torrenciales del río Dagua y las quebradas El Cogollo, San Rafael y Cola de Gurre (1 y 2); esto con el fin de evitar o reducir magnitud e intensidad de la amenaza por avenidas torrenciales. Entre estas medidas se pueden considerar las siguientes: mejoramiento de las condiciones hidráulicas mediante dragado de los cauces al paso por

la ciudad de Dagua; construcción de áreas de almacenamiento, las cuales permiten amortiguar las crecientes al retener temporalmente una fracción del volumen de agua transportado por los cauces.

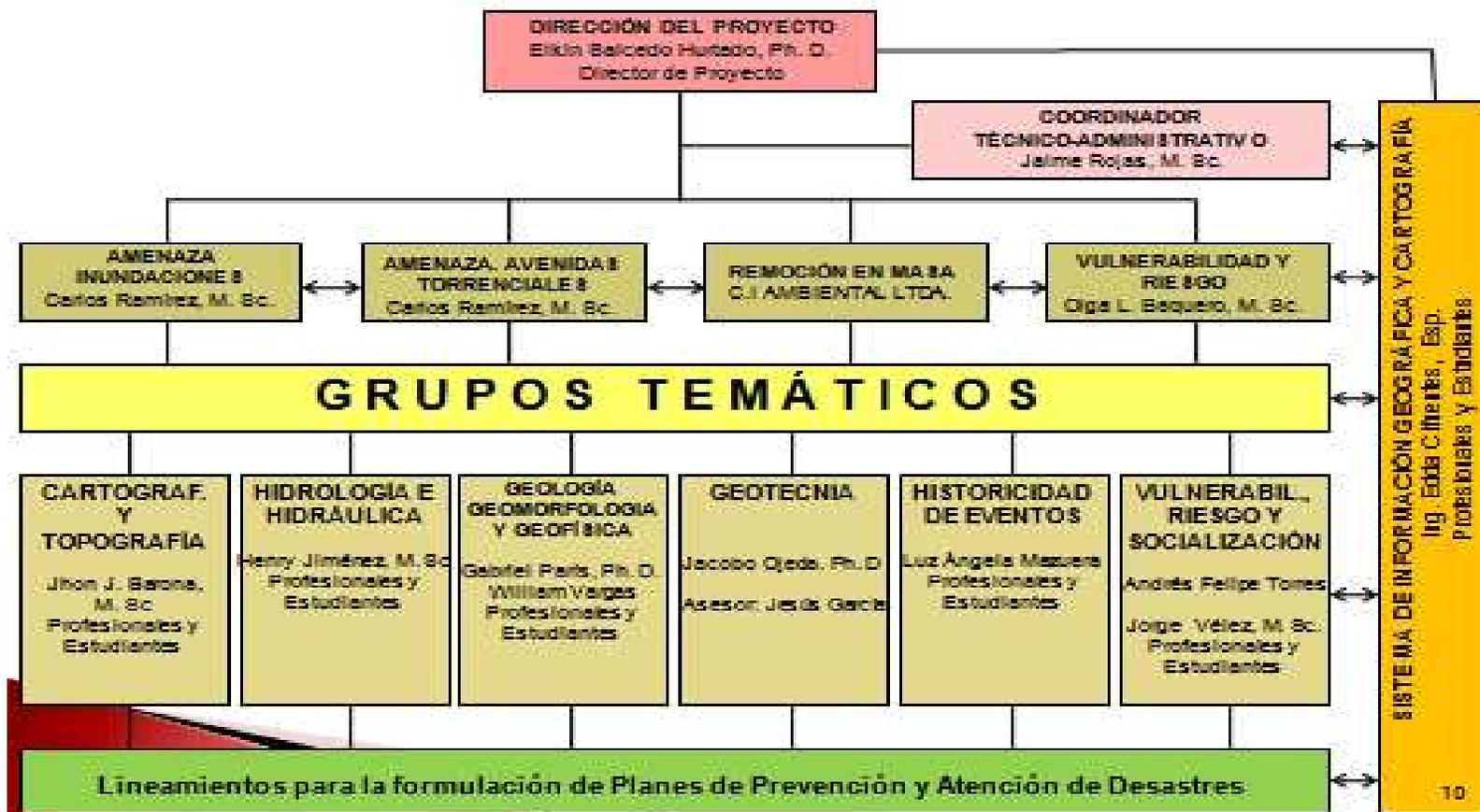
En las quebradas San Rafael y Cola de Gurre (1 y 2) se recomienda realizar un trabajo educativo y de vigilancia para que estos cauces no sigan cumpliendo la función de alcantarilla y depósito de basuras y escombros al paso por la ciudad. Se recomienda realizar un chequeo de las estructuras hidráulicas existentes que se encuentran sobre estas quebradas (box culverts, puentes y tuberías).

Se hace necesario implementar sistemas de pronóstico y alerta temprana: tienen la finalidad de anticiparse a la ocurrencia de la inundación, avisando a la población para la oportuna evacuación de las áreas potencialmente afectadas por el fenómeno y tomando las medidas necesarias para reducir los perjuicios resultantes de la inundación. Para el sistema de pronóstico se requiere de un sistema de monitoreo (registro continuo y permanente de precipitaciones y niveles de agua en la parte alta de la cuenca del río Dagua y las quebradas El Cogollo, San Rafael y Cola de Gurre (1 y 2)) y transmisión telemétrica a un centro de pronósticos.

Es importante elaborar y desarrollar de programas de prevención, educación y alerta, dirigidos a toda la población, incluyendo hospitales, escuelas, instituciones públicas y privadas, industrias, infraestructura.

Se recomienda diseñar e implementar un programa de mediciones de campo orientado a la recolección de información durante la ocurrencia del fenómeno de avenidas torrenciales en el municipio de Dagua: el programa debe permitir la toma de datos e información sobre las características más importantes de los eventos catastróficos, tales como, registro de niveles de agua, duración de las crecientes, límites de áreas inundadas o afectadas, profundidades de agua y lodos en las diferentes zonas afectadas, toma y análisis de muestras de lodos para determinar sus propiedades sedimentológicas (granulometrías, concentraciones, etc.) y reológicas. (esfuerzos cortantes, viscosidad). El análisis de la información recolectada permitirá la optimización y actualización del modelo hidrodinámico y el modelo de lodos implementados en el presente estudio.

# 1. GRUPO DE TRABAJO



## **AGRADECIMIENTOS**

La Universidad del Valle, específicamente el Observatorio Sismológico y Geofísico del Sur Occidente Colombiano expresa su agradecimiento a todas las entidades y personas que en una u otra forma aportaron en la ejecución y desarrollo del proyecto, logrando con ello, el estricto cumplimiento de los objetivos propuestos.

A la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC por la confianza depositada en la Universidad del Valle, representada en el Observatorio Sismológico al asignarle la ejecución del estudio y el apoyo que todas sus dependencias en todo momento prestaron.

A HIDRO-OCCIDENTE por sus valiosos comentarios y sugerencias como entidad interventora del proyecto.

De manera particular a INGEOMINAS, IDEAM, IGAC, Alcaldías Municipales de los municipios objeto de estudio, CENICAFE, Secretarías de Planeación, Defensa Civil, Bomberos, Cruz Roja, entre otras por su colaboración y participación significativa.