



## **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 BUGA**

**Santiago de Cali, Agosto de 2010**

## TABLA DE CONTENIDO

<i>1. INTRODUCCIÓN</i>	<i>3</i>
<i>2. OBJETIVO GENERAL</i>	<i>3</i>
<i>3. ÁREA DE ESTUDIO</i>	<i>4</i>
<i>4. RESULTADOS</i>	<i>5</i>
4.1. INFORMES	5
4.2. MAPAS DE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN	7
4.3. ANEXOS	11
<i>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	<i>11</i>
5.1. CONCLUSIONES	11
5.2 RECOMENDACIONES	15
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>20</i>

## **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 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 Buga está ubicado en la zona centro del Departamento del Valle del Cauca, en el frente montañoso occidental de la Cordillera Central donde se hace más angosto el valle geográfico (Figura 1), gozando no solamente de la belleza del paisaje, de su variada y hermosa topografía sino también de la fertilidad y productividad de sus tierras, constituyéndose en una verdadera despensa agrícola y ganadera. La ciudad está asentada sobre la margen derecha del Río Guadalajara que en su recorrido atraviesa la ciudad de oriente a occidente; se encuentra a 74 Km de Santiago de Cali, la capital del departamento y a 126 Km del Puerto de Buenaventura, el más importante puerto marítimo del occidente colombiano.

La ciudad de Buga se localiza en la entrada del río Guadalajara al valle geográfico del río Cauca, que se trata de un sector de menor pendiente a la que trae el río en el sector montañoso. El río Guadalajara en su recorrido atraviesa la ciudad de oriente a occidente. Así pues, se puede asegurar que por lo menos un 40% de Buga está construido sobre sedimentos antiguos del río Guadalajara y que como tal, las crecientes en temporada invernal podrían, dependiendo de la magnitud, abarcar áreas del casco urbano.

Cuenta con una extensión total de 832 km<sup>2</sup>, de los cuales 16,2 km<sup>2</sup> corresponden al área urbana, para un total aproximado de 816 km<sup>2</sup> para el área rural del municipio, distribuidos de la siguiente manera: 145 km<sup>2</sup> corresponden a clima cálido, 243 km<sup>2</sup> a clima medio, 243 km<sup>2</sup> a clima frío y 271 km<sup>2</sup> a clima de páramo. Su población es de aproximadamente 150.000 habitantes de los cuales el 90% se encuentra concentrado en el casco urbano y el 10% en la zona rural. Su territorio tiene dos zonas, la Zona Plana en las riberas del río Cauca y la Zona Montañosa en la cordillera Central que es considerado como el centro donde gravita la producción del agua para los Municipios de Buga, Tuluá y aún de San Pedro; sus alturas van desde los 969 hasta los 4.210 m.s.n.m. en el Paramo de las Hermosas.



*Figura 1. Panorámica del Municipio de Buga*

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. INFORMES**

Los diferentes estudios y actividades realizadas en el desarrollo del proyecto correspondiente al Municipio de Buga, 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 y 5. Informes de Amenazas

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

- Volumen 6. 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 posibles escenarios de afectación del municipio.

- Volumen 7. Lineamientos para la construcción o actualización del Plan de Emergencias y Contingencias (PLEC) del municipio y del Plan de Ordenamiento Territorial (POT).

Presenta las orientaciones y recomendaciones necesarias para la actualización del PLEC y del POT 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 8. Mapas y Planos

Contiene la representación gráfica en tamaño pliego 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 posibles escenarios de afectación susceptibles de presentarse en el área urbana y de expansión del municipio. Ver Figuras 2, 3 y 4.

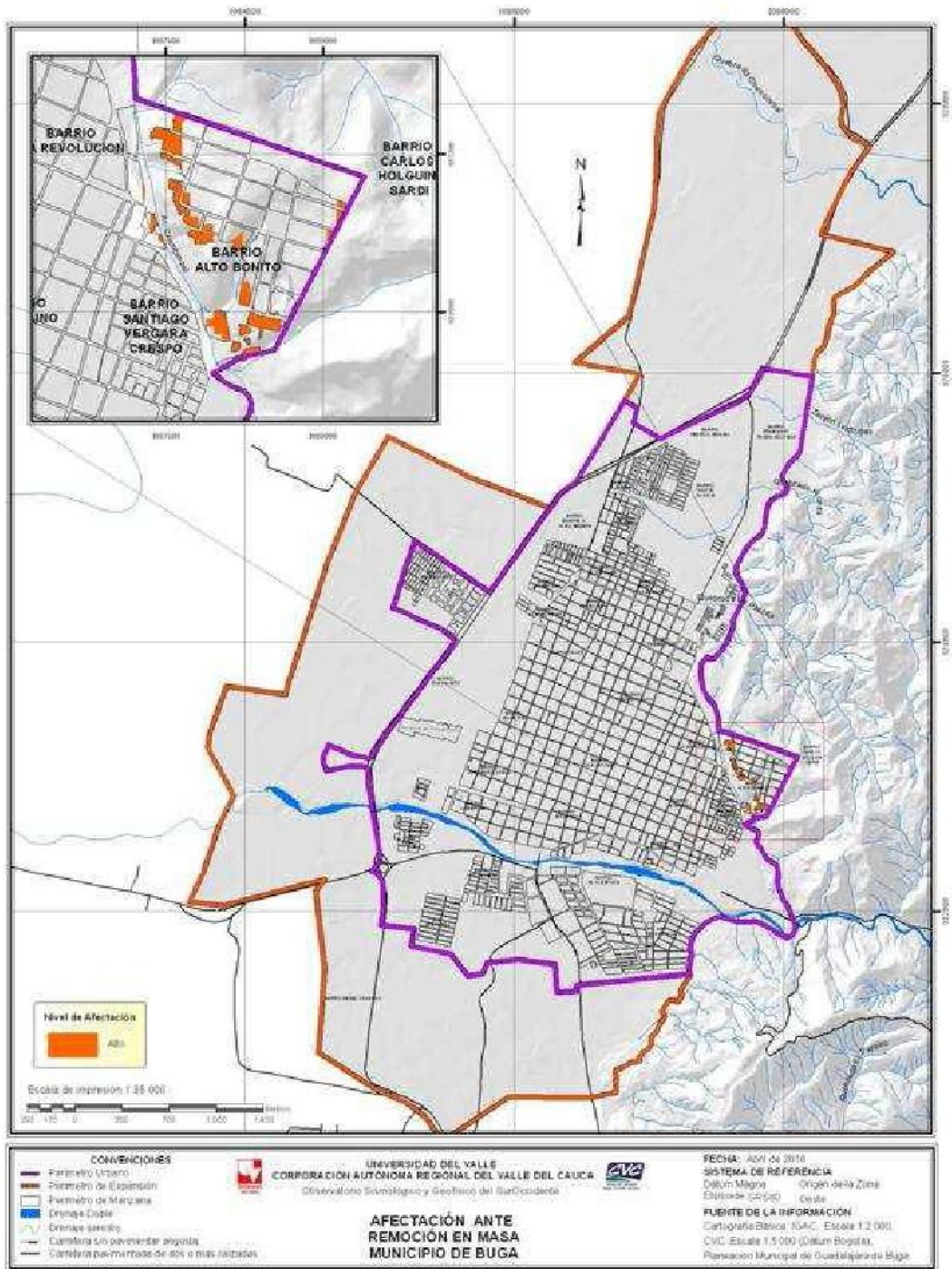
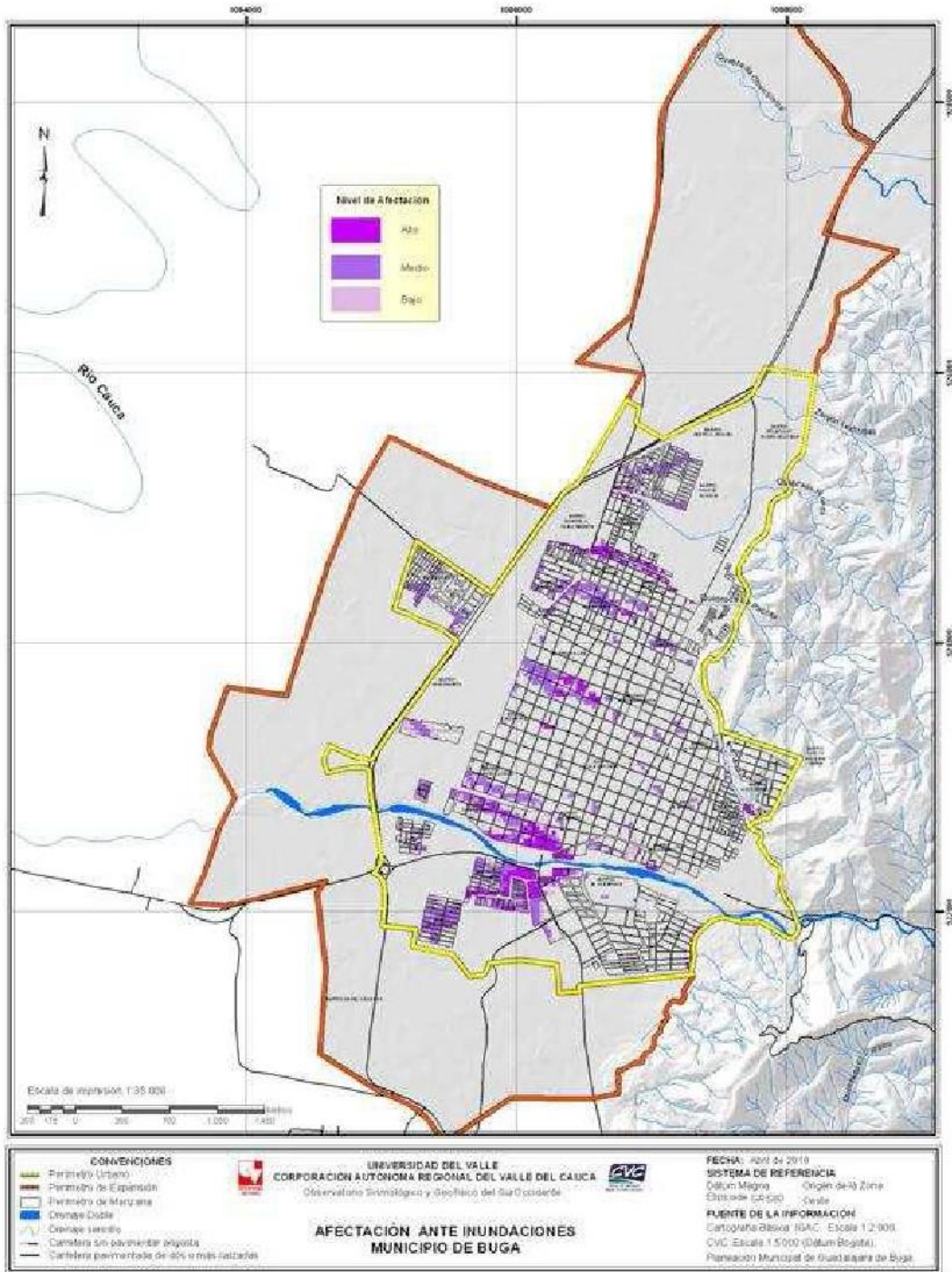


Figura 2. Escenario de posible afectación por Remoción en M.asa. Municipio de Buga





*Figura 3. Escenario de posible afectación por Inundaciones. Municipio de Buga*

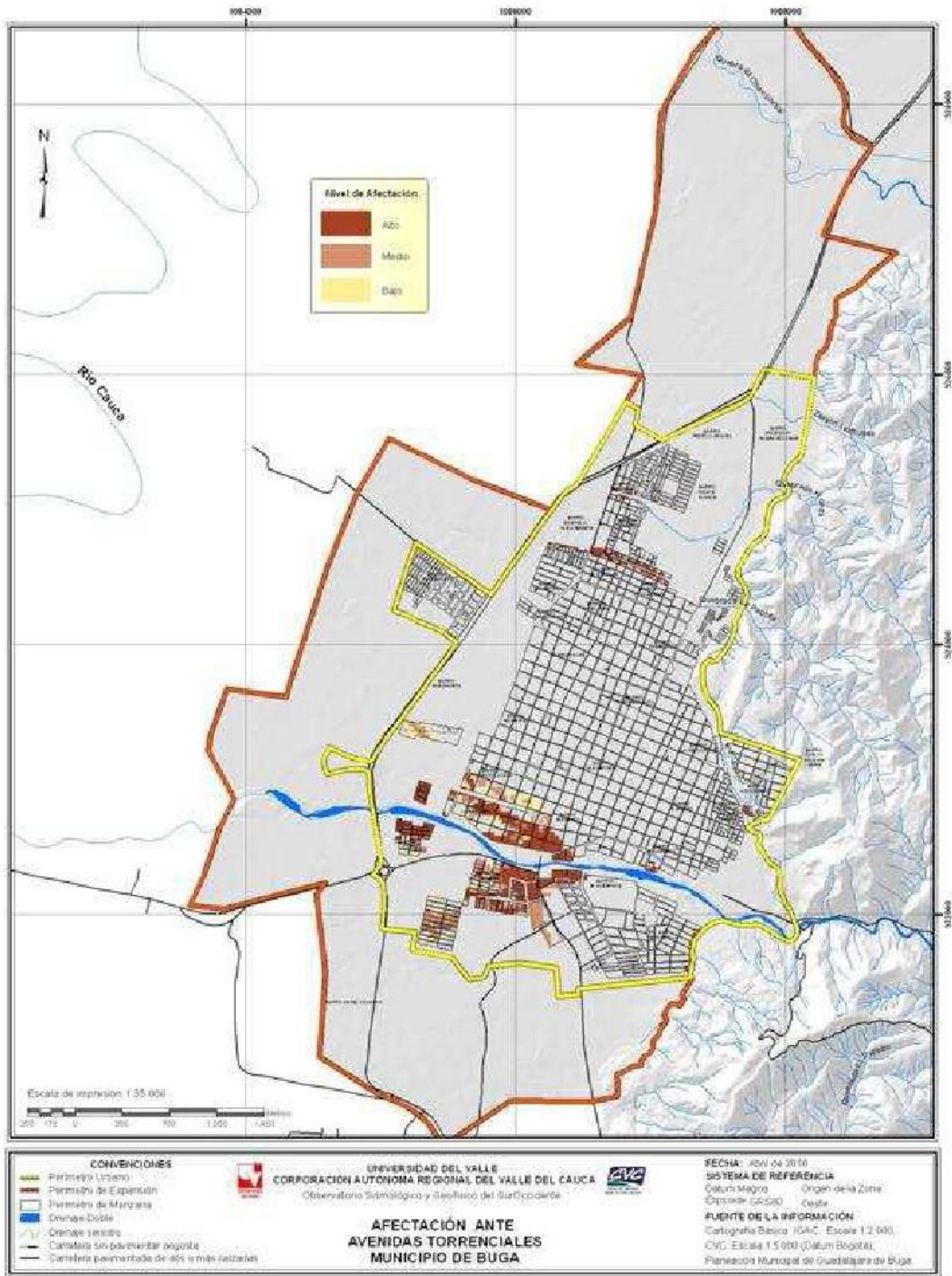


Figura 4. Escenario de posible afectación por Avenidas Torrenciales. Municipio de Buga

### **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**

El Municipio se encuentra expuesto a inundaciones, deslizamientos y avenidas torrenciales, dada la localización de este en el abanico aluvial del río Guadalajara, lo cual se constituye en una de las causas principales de los eventos que se registran históricamente en la zona al estar urbanizadas ambas márgenes del río.

Esta situación se ve agravada en época invernal, donde las altas precipitaciones, durante los meses de febrero a abril y de octubre a diciembre ocasiona el aumento de los caudales de los afluentes, tanto del río Guadalajara y las quebradas que recorren la cabecera municipal, como La Honda y La Pachita; sumado a esto las acequias se ven expuestas al mismo fenómeno, ocasionando la saturación o colapso que produce dichas inundación, en los barrios previamente identificados. Precisamente los barrios aledaños al río son los mas afectados con el desbordamiento del mismo en temporada invernal, lo cual es agravado por los usos inadecuados del suelo por parte de los habitantes de las riberas del río, quienes arrojan basuras a las acequias y ríos.

La deforestación es otra causa de los desbordamientos del río e inundaciones de los sectores aledaños a las quebradas y acequias, al destinar los suelos a la ganadería, los habitantes de estos sectores están contribuyendo a erosionar los suelos, lo cual los convierte en una de las principales causas de los desastres durante las olas invernales.

La zona con mayores rasgos de inestabilidad del terreno, que puede afectar el casco urbano de Guadalajara de Buga y sus zona de expansión, corresponde a las laderas del frente montañoso, entre el sector del barrio las Ferias y el Batallón Palace. El barrio Alto Bonito, por su historia de deslizamientos, reptación de las laderas, y características topográficas; pendiente alta y poca consolidación del material aluvial y suelo que lo conforma, se puede considerar como una zona de *inestabilidad latente*.

Las quebradas La Pachita, Várelas y Chambimbal, localizadas sobre el frente montañoso al noreste del barrio las Ferias, presentan conos aluviales difusos en cuanto a su extensión, pero indican la posibilidad de que estas corrientes de agua puedan eventualmente producir avenidas torrenciales de corrientes de agua cargadas con sólidos en suspensión de variado tamaño, pero principalmente lodos de acuerdo a la estratigrafía de la geoforma. La erosión activa y los pequeños deslizamientos, presentes en casi todas las cabeceras de estas quebradas y sus afluentes, y que afectan los suelos residuales de la formación La Paila, suministran el material propicio para que estos fenómenos potencialmente puedan ocurrir aguas abajo.

La cartografía de amenaza por inundaciones y avenidas torrenciales generada se constituye en una importante herramienta de apoyo que puede ser utilizada para la optimización de los planes de ordenamiento territorial del municipio de Buga, la optimización de los sistemas de alerta y emergencia, el diseño y construcción de obras de protección y, en general, la gestión del riesgo. La cartografía de amenaza generada representa una medida no estructural para el control de estos fenómenos naturales.

Considerando el fenómeno de inundaciones originadas por los desbordamientos de los cauces y las lluvias, el 31.91% (308.47 ha) del área urbana del municipio de Guadalajara de Buga se encuentra expuesto a algún grado de amenaza; es decir, un poco menos de la tercera parte del área urbana se encuentra amenazada. Por otra parte, el 27.86% del área urbana se encuentra expuesto a un nivel de amenaza alto o medio. Además, el 45.09% (465.99 ha) de la zona de expansión urbana del municipio de Buga se encuentra expuesto a algún grado de amenaza (o sea, un poco menos de la mitad del área de expansión urbana

total). Asimismo, el 34.79% del área de expansión urbana se halla expuesto a un nivel de amenaza alto o medio por el fenómeno de inundaciones.

Para el fenómeno de avenidas torrenciales el 21.21% (205.04 ha) del área urbana se encuentra expuesto a algún grado de amenaza. Además, el 18.88% del área urbana se encuentra expuesto a un nivel de amenaza alto o medio. Por otra parte, el 32.22% del área de expansión urbana se halla expuesto a algún grado de amenazada por el fenómeno de avenidas torrenciales. Asimismo, el 24.71% del área de expansión urbana se encuentra expuesto a un nivel de amenaza alto o medio. Estas cifras indican que el fenómeno de avenidas torrenciales es un poco más crítico que el de inundaciones para la zona urbana y de expansión urbana del municipio de Buga.

Al considerar conjuntamente los mapas de amenaza globales por inundaciones y avenidas torrenciales se obtuvo el mapa de amenaza integrado por estos dos fenómenos. Este mapa indica o representa la condición o nivel de amenaza más crítico que se puede tener en cada punto del área urbana al considerar tanto el fenómeno de inundaciones como el de avenidas torrenciales. Este mapa integrado arrojó las siguientes áreas de la zona urbana y de expansión urbana del municipio de Guadalajara de Buga expuestas a los niveles de amenaza alto, medio y bajo.

Según los resultados obtenidos, el 33.70% del área urbana del municipio se encuentra expuesta a algún grado de amenaza por inundaciones o avenidas torrenciales (es decir, 325.74 ha), lo cual representa un porcentaje relativamente alto de toda el área urbana. Igualmente se debe destacar que el 14.86% del área urbana (o sea 143.67 ha) se halla expuesto a un nivel de amenaza alto. También se observa que el 48.82% del área de expansión urbana del municipio de Buga se encuentra expuesto a algún grado de amenaza por inundaciones o avenidas torrenciales (es decir, 504.58 ha), lo cual representa un porcentaje considerablemente alto de toda el área de expansión urbana. Igualmente se debe destacar que el 14.64% del área de expansión urbana (o sea, 151.25 ha) se encuentra expuesto a un nivel de amenaza alto.

El mapa integrado de amenaza por inundaciones y avenidas torrenciales presenta condiciones más críticas que los resultados de los mapas de amenaza individuales por cada uno de los dos fenómenos, razón por la cual este mapa debería ser tenido en cuenta para el reordenamiento territorial del municipio y el planteamiento de medidas de protección y mitigación necesarias.

Los mapas de amenaza por inundaciones y avenidas torrenciales constituyen una importante herramienta de apoyo que puede ser utilizada para diferentes propósitos, tales como:

- Optimización de los planes de ordenamiento territorial del municipio, de acuerdo con los niveles de amenaza. Los mapas permiten identificar las zonas que presentan un mayor grado de amenaza, en las cuales se deben establecer fuertes restricciones de uso del suelo.
- Implementación y optimización de los sistemas de alerta y emergencia ante la ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales. La predicción de la profundidad que alcanzaría el agua en la planicie de inundación, así como la velocidad del flujo y el producto de la profundidad por la velocidad, permiten estimar el posible impacto generado por una creciente y, en consecuencia, establecer prioridades en las actividades a implementar (medidas no estructurales) antes, durante y después de los desbordamientos.
- Diseño de obras de protección, mitigación y/o control. Los mapas de amenaza indican las zonas potencialmente inundables y las características de los flujos en dichas zonas en caso de presentarse un evento extremo, por lo cual permiten plantear y analizar diferentes alternativas de obras (medidas estructurales) que conduzcan a la prevención, mitigación y/o control del fenómeno y definir finalmente la alternativa más apropiada considerando los diferentes aspectos sociales, ambientales, técnicos y económicos.
- La cartografía de inundaciones generada constituye una herramienta útil para el análisis de la amenaza asociada a inundaciones y avenidas torrenciales que resulta indispensable para la determinación de la vulnerabilidad y la cuantificación del riesgo (escenarios de

afectación) por estos fenómenos. Esta cuantificación representa el paso inicial para la evaluación del riesgo.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

Evaluar mediante estudios geotécnicos apropiados, la estabilidad del Barrio Alto Bonito, en particular el sustrato aluvial antiguo que lo sustenta. De igual manera se debe realizar un estudio de control de erosión, en las laderas situadas entre el barrio La Feria y el sector del polideportivo La Bombonera, en el sector del denominado “Lomo”, la cual podría eventualmente afectar la acequia Chambimbal. Evaluar, la incidencia de la erosión y los movimientos de remoción en masa, y en general la inestabilidad potencial de la cuenca media y alta del río Guadalajara, como posible factor de avalanchas, flujos o avenidas torrenciales, y su posible aporte de detritos finos y gruesos a la dinámica del río, que pueda llegar a afectar el casco urbano de la ciudad.

Los mapas de amenaza generados debido a la posible ocurrencia de los fenómenos de inundaciones y 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 Buga teniendo en cuenta los diferentes grados o niveles de amenaza establecidos, así:

- Nivel de amenaza alto: zonas de desbordes frecuentes e intensidad alta en la cual podrían generarse graves daños a núcleos urbanos, por lo cual se considera que no debe ser urbanizable y debe contar con una protección especial. Si no se contempla el diseño y construcción de estructuras de protección para las zonas donde existan construcciones (casas, edificios, bodegas, hospitales, instituciones educativas, etc.) es necesario planear a mediano y largo plazo su reubicación.

- Nivel de amenaza medio: zona de desbordes frecuentes e intensidad media en la cual podrían ocurrir daños significativos a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos; por tal motivo se debe prohibir la construcción de viviendas, granjas, hoteles,

centros escolares o sanitarios, hospitales, bomberos, cementerios y actividades de naturaleza similar. Se debe considerar a largo plazo el cambio de uso del suelo en cuanto a las construcciones existentes en esta zona, si no se contempla el diseño y construcción de estructuras de protección (con el fin de minimizar los daños que se puedan ocasionar por las inundaciones)

- Nivel de amenaza bajo: zona de desbordes poco frecuentes e intensidad baja en la cual podrían presentarse daños leves a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos, por lo cual se puede permitir la construcción de viviendas y hoteles, adoptando las medidas de seguridad correspondientes.

### ***Medidas estructurales***

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 crecientes y avenidas torrenciales del río Guadalajara, las quebradas Chambimbal, La Pachita y La Honda y las acequias El Albergue, Chambimbal, La Julia y El Chircal; esto con el fin de evitar o reducir magnitud e intensidad de la amenaza por inundaciones y 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 Buga; construcción de áreas de almacenamiento, las cuales permiten amortiguar las crecientes al retener temporalmente una fracción del volumen de agua transportado por los cauces; y, mejorar las condiciones de acometida de las diferentes acequias que toman agua del río Guadalajara.

En las quebradas La Pachita y La Honda 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.



### ***Medidas no estructurales***

Las medidas no estructurales, solas o en conjunto con las estructurales, pueden minimizar significativamente las afectaciones de los elementos expuestos en las áreas amenazadas y, por ende, disminuir los costos de los posibles daños. Entre las principales medidas estructurales recomendadas se tienen las siguientes:

- 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 Guadalupe y las quebradas Chambimbal, La Pachita y La Honda) y transmisión telemétrica a un centro de pronósticos.

- Elaboración y desarrollo de programas de prevención, educación y alerta, dirigidos a toda la población, incluyendo hospitales, escuelas, instituciones públicas y privadas, industrias, infraestructura.

- Realizar una zonificación técnica de las áreas sometidas a diferentes niveles o grados de amenaza, así:

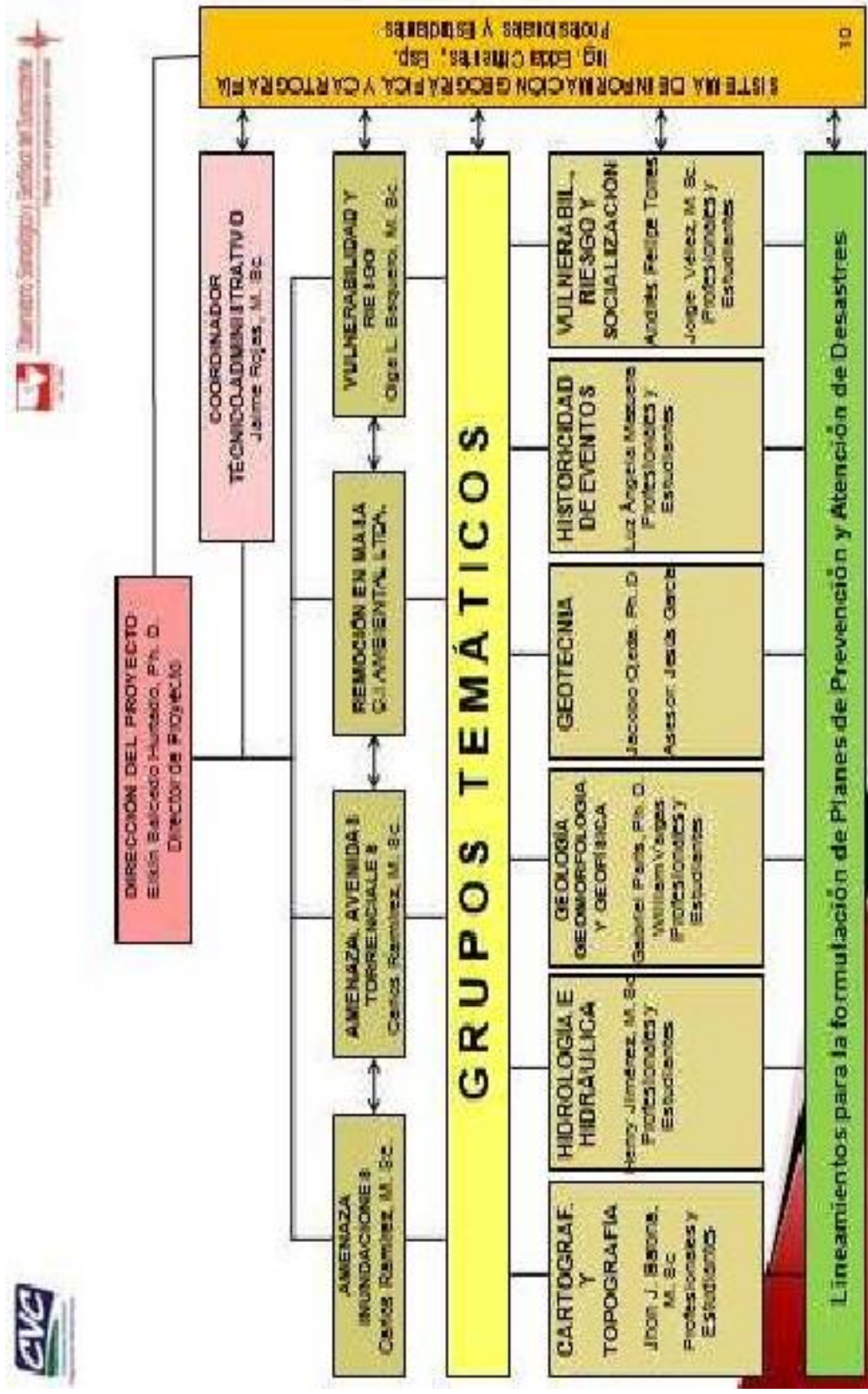
- (i) Zona de amenaza alta: cualquier construcción que exista en esta área reduce el área de escurrimiento, elevando los niveles de aguas arriba de esta sección; esta zona debe quedar libre para evitar daños importantes y represamientos; no se debe permitir ninguna nueva construcción en esta zona y el municipio podrá, paulatinamente, trasladar las construcciones existentes; esta área puede ser usada para la agricultura u otro uso similar; adicionalmente, se puede permitir la instalación de líneas de transmisión y conductos hidráulicos o cualquier tipo de obra que no produzca obstrucción al escurrimiento, como por ejemplo, estacionamientos, campos de deportes, entre otros.

(ii) Zona de amenaza media: las áreas expuestas a este nivel de amenaza pueden tener los siguientes usos: (a) parques, actividades de recreación y deportivas cuyo mantenimiento, después de cada crecida, sea simple y de bajo costo; normalmente una simple limpieza restablece rápidamente su condición de uso; (b) agropecuario; (c) viviendas con más de un piso, donde el piso superior quedará por lo menos en el nivel del límite de la crecida y estructuralmente protegida contra crecidas; (d) industrial y comercial, como áreas de cargas, estacionamiento, áreas de almacenamiento de equipos o maquinaria fácilmente removible o que no estén sujetos a los daños que genera una crecida; en este caso no se debe permitir el almacenamiento de artículos perecederos y principalmente tóxicos; (e) servicios básicos, líneas de transmisión, calles y puentes, siempre y cuando estén correctamente proyectados.

(iii) Zona de amenaza baja: teniendo en cuenta la baja probabilidad de ocurrencia y las pequeñas láminas de agua y bajas velocidades de las inundaciones que pueden presentarse en esta zona no se requiere una reglamentación especial debido a que los posibles daños se considera pueden ser de menor cuantía.

Se recomienda diseñar e implementar un programa de mediciones de campo orientado a la recolección de información durante la ocurrencia de los fenómenos de inundaciones y avenidas torrenciales en el municipio de Buga: 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 de los modelos hidrodinámicos y de los 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.