



**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 RIOFRÍO**

**Santiago de Cali, Septiembre de 2010**

## TABLA DE CONTENIDO

<i>1. INTRODUCCIÓN</i>	<i>3</i>
<i>2. OBJETIVO GENERAL</i>	<i>4</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 AFECTACIÓN	7
4.3. ANEXOS	10
<i>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	<i>10</i>
5.1. CONCLUSIONES	10
5.2. RECOMENDACIONES	12
<i>6. GRUPO DE TRABAJO</i>	<i>17</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>18</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 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.



*Figura 1. Panorámica del Municipio de Riofrío.*

## **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 Riofrío se encuentra situado en la parte centro occidental del Departamento del Valle del Cauca a los 4° 09' 23" de latitud Norte y 76° 17' 26" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich; limita por el Norte con el municipio de Trujillo, por el Oriente con el municipio de Tuluá, por el Sur con los municipios de Yotoco y Darién y por el Occidente con el Departamento del Chocó.

Su superficie es de 29,597 Hectáreas, de las cuales 25,031 son área de ladera que representan el 84% del total y 4,680 Hectáreas que están en la zona plana y que representan el 16 % de la superficie total. Posee variados pisos térmicos que van desde el clima cálido hasta el frío. Su diversidad de pisos térmicos va de la mano con la topografía y orografía; posee desde valles hasta montañas y cordilleras de alturas considerables.

La zona urbana y de expansión de la cabecera municipal cuenta con un área de 92,42 Hectáreas está conformada por los Barrios: Piedra Pintada, El Samán, El Lago, Belén Pinar del Río, El Centro, El Castillo, La Paz, Fundevir, Las Delicias, La Acequia, San Alfonso y El Naranjo. Su zona urbana tiene una extensión aproximada de 1 km en el sentido oriente-occidente, desde la Carrera 1 al este hasta la Carrera 16 al oeste, y de 800 m en sentido norte-sur, desde la Calle 1 a orillas del río Riofrío hasta la Calle 11 al norte. El parque principal, como referente, está enmarcado entre la Carrera 9 al este y la Carrera 10 al oeste, y entre la Calle 5 al sur y la Calle 6 al norte. La Carrera 10 se prolonga en dirección sur hasta cruzar el río Riofrío por el puente Alonso Aragón Quintero.

El área rural está conformada por cinco corregimientos. Ellos son: Fenicia con un área de 9.364 Hectáreas (32% del área total), Salónica con un área de 7.150 Hectáreas (24 % del área total), Portugal de Piedras con un área de 4.932 Hectáreas (17% del área total), La Zulia con un área de 1.927 Hectáreas (6% del área total) y en donde a la Cabecera Municipal pertenecen 6.338 Hectáreas del área rural (21% del área total); para un total de 29.711 Hectáreas.

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. INFORMES**

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

- Guías Metodológicas de cada uno de los Estudios realizados

- Volumen 1. Resumen Ejecutivo

Contiene una breve descripción de los objetivos y alcances del proyecto y de las características y resultados de cada uno de 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 de Riofrío 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 los aspectos fundamentales analizados e investigados en detalle como: Historicidad, Topografía,

Sistemas de Información Geográfica y Cartografía, Geología, Geofísica, Geotecnia, Hidrología e Hidráulica.

- Volumen 4. Informe de Amenazas por Remoción en Masa

Este aspecto no quedo establecido contractualmente en el proyecto pero la Universidad del valle incluyo su estudio como un valor agregado. Contiene la descripción de la metodología utilizada para el análisis y determinación de las Amenazas por Remoción en Masa en tres escenarios posibles y los resultados obtenidos

- Volumen 5. Informe de Amenazas por Inundaciones y Avenidas Torrenciales.

Contiene la descripción de la metodología utilizada para el análisis y determinación de las amenazas por inundaciones y avenidas torrenciales para tres periodos de retorno 10, 30 y 100 años y los respectivos resultados obtenidos con el desarrollo y aplicación del modelos matemático Flo-2D

- 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 escenarios de afectación del municipio.

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

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

- Volumen 8. Mapas y Planos

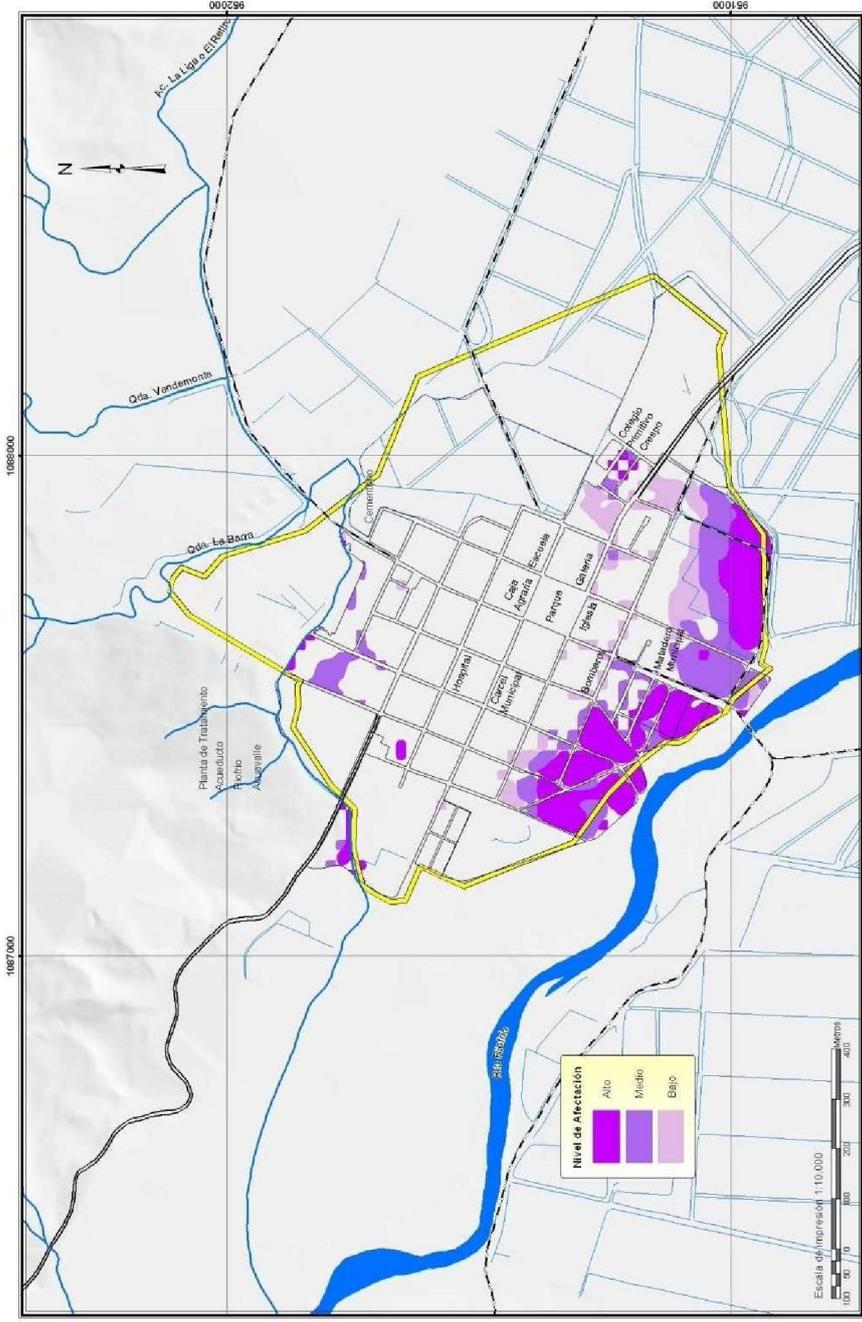
Contienen toda la representación gráfica de los diferentes escenarios espaciales (básicos y temáticos) correspondientes a los estudios realizados en el municipio, tales como: Mapas base, amenazas, vulnerabilidad, escenarios de afectación, entre otros y que se presentan en tamaño pliego

- Volumen 9. Actividades 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 AFECTACIÓN**

Los siguientes mapas muestran solamente los resultados más representativos de los diferentes estudios realizados y que corresponden a la zonificación de escenarios de afectación del municipio de Riofrío. (Figuras 2 y 3).



**UNIVERSIDAD DEL VALLE**  
**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA**  
 Observatorio Sismológico y Geofísico del SurOccidente

**FIGURA 8**  
**AFECCIÓN ANTE INUNDACIONES**  
**MUNICIPIO DE RIOFRIO**

**CONVENCIONES**

- Perimetro Urbano
- Perimetro Institucional
- Drenaje Doble
- Drenaje Sencillo
- Canal Sencillo
- Carretera sin pavimento angosta
- Carretera pavimentada de 60e o más calzadas

**FECHA:** Junio de 2010  
**SISTEMA DE REFERENCIA**  
 Datum Magna      Origen de la Zona  
 Elipsoide de S50      Oeste  
**FUENTE DE LA INFORMACION**  
 Cartografía Básica:  
 CVC - Univalle, Escala 1:2.000  
 CVC - Escala 1:10.000 (Datum Bogotá)



### **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**

En el municipio de Riofrío, las inundaciones se presentan básicamente por la antigüedad de un alcantarillado que capta, tanto aguas residuales como aguas lluvias, a esto se suma la falta de previsión y los usos inadecuados del suelo, que hacen su aporte a la problemática. De otro lado, los afluentes mencionados (río Riofrío, Cuancua, etc.) en este informe, son desencadenantes de inundaciones afectando a los habitantes de varios barrios, que ven como sus casas cada vez son más vulnerables a las inundaciones durante la ola invernal.

Geológicamente el área de estudio en el Municipio de Riofrío presenta pocos afloramientos en estado fresco de las unidades litológicas Gabro de Riofrío y Complejo Ultramáfico de Bolívar presentes en la parte Norte del municipio y que son la fuente principal del aporte de sedimentos de diferentes tamaños a los cauces que actúan en la zona, en especial del río Riofrío. Concordante con esto, predominan los suelos residuales de tamaños de grano de arena media a gruesa, producto de la meteorización química y física de estas unidades.

La base de las colinas conformadas por la litología cristalina y los suelos residuales de estas, se encuentran constituidas por depósitos coluviales tipo talud, en los que predominan los cantos subangulosos de hasta 1m de diámetro, denominados derrubios, rodeados por una matriz de arena gruesa a media. Estos Suelos Coluviales son afectados por procesos de remoción en masa y erosión concentrada, en los que sobresalen reptación, desprendimiento

de bloques, surcos, cárcavamiento, entre otros, afectando diferentes zonas importantes del municipio como el barrio FUNVIVIR y la carretera a Trujillo.

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 Riofrío, 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.

Con base en los mapas de amenazas por inundaciones y avenidas torrenciales generados para los diferentes escenarios considerados (es decir, para las crecientes de periodos de retorno de 10, 30 y 100 años) se determinó la extensión de las zonas del perímetro urbano expuestas a los niveles de amenaza alto, medio y bajo, arrojando los siguientes resultados:

Considerando el fenómeno de inundaciones originadas por los desbordamientos de los cauces y las lluvias, el 35.1% del área urbana del municipio de Riofrío se encuentra expuesta a algún grado de amenaza; es decir, un poco más de la tercera parte del área urbana se encuentra amenazada. Por otra parte, el 22.4% de la zona urbana del municipio se encuentra expuesta a un nivel de amenaza alto o medio.

Para el fenómeno de avenidas torrenciales el 16.7% del área urbana se encuentra expuesta a un nivel de amenaza alto, el 12% a un nivel de amenaza medio y el 9% a un nivel de amenaza bajo. El área urbana amenazada por Avenidas Torrenciales representa el 37.7% del área urbana total, y el 28.7% del área urbana se encuentra expuesta 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 del municipio de Riofrío.

Según los resultados alcanzados, el 40% del área urbana del municipio se encuentra expuesta a algún grado de amenaza por inundaciones o avenidas torrenciales (es decir, 33.91 ha), lo cual representa un porcentaje relativamente alto de toda el área urbana.

Igualmente se debe destacar que el 30.8% del área urbana (o sea 26.12 ha) se halla expuesta a un nivel de amenaza alto o medio. Así se establece que, 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.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

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.

Es necesario Implementar y optimizar 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.

Deben diseñarse 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.

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 Riofrío teniendo en cuenta los diferentes grados o niveles de amenaza establecidos, así:

Nivel de amenaza alto: zona 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 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 la reubicación de las construcciones existentes en esta zona a largo plazo si no se contempla el diseño y construcción de estructuras de protección.

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

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 de los ríos Riofrío y Cuancua; 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: continuación del dique marginal existente sobre la margen izquierda del río Riofrío hacia aguas arriba del puente Alfonso Bonilla Aragón; áreas de almacenamiento, las cuales permiten amortiguar las crecientes al retener temporalmente

una fracción del volumen de agua transportado por el río; y, desviación de parte del caudal del río Riofrío a su paso por el municipio.

Debido a que se encontró en la parte noroccidental del casco urbano y la zona de expansión del municipio una importante área con un nivel bajo de amenaza por inundaciones y avenidas torrenciales, ocasionado especialmente por el escurrimiento superficial originado por las aguas lluvias en las laderas de la zona montañosa adyacente a la cabecera municipal, se recomienda plantear, dimensionar y evaluar la construcción de un canal interceptor que permita captar los caudales de escorrentía superficial correspondientes a lluvias de periodos de retorno de 100 años; adicionalmente estos caudales podrían ser utilizados para el riego de cultivos de las parcelas y haciendas localizadas próximas a este sector.

En las zonas localizadas por fuera de la cabecera municipal y zona de expansión urbana adyacentes a los cauces Riofrío y Cuancua se recomienda plantear y analizar la construcción de diques marginales para la protección de los terrenos aledaños para un periodo de retorno de 30 años; estos terrenos pueden ser utilizados para fines agropecuarios.

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 y los ríos Riofrío y Cuancua) 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:

***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.

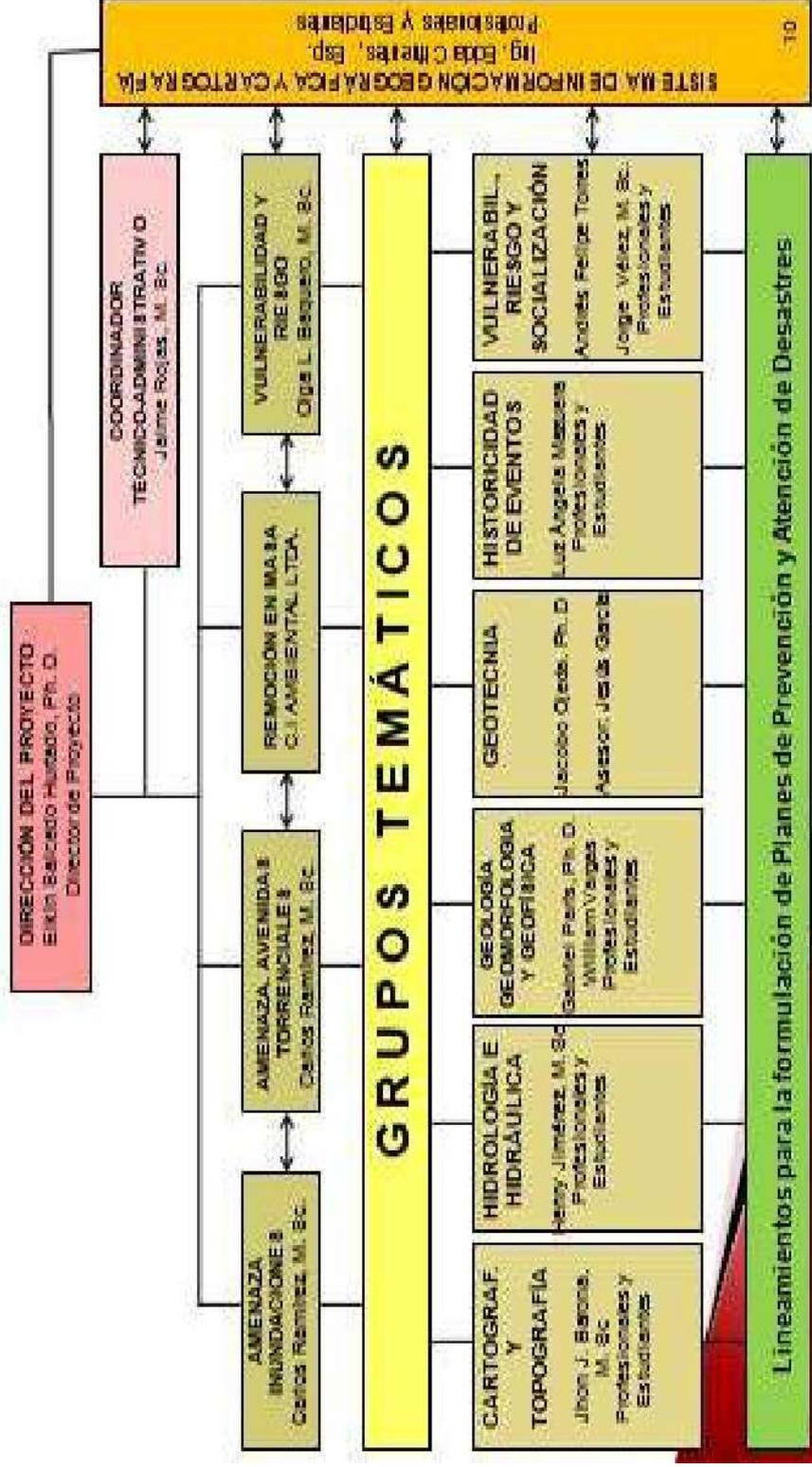
***Zona de amenaza media:*** las áreas expuestas a este nivel de amenaza pueden tener los siguientes usos: (a) parques, actividades de recreación y deportivas cuyo mantenimiento, después de cada crecida, sea simple y de bajo costo; normalmente una simple limpieza restablece rápidamente su condición de 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.

***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 Riofrío: 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 lodos implementados en el presente estudio.

## 6. 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, CORPOSERRANIAGUA, entre otras por su colaboración y participación significativa.