



## **CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVALLE 188 DE 2008**

### **PROYECTO MIDAS**

**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**

**ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y  
ESCENARIOS DE AFECTACIÓN O DAÑO  
MUNICIPIO DE RIOFRÍO**

**SUPERVISIÓN A CARGO DE  
HIDRO-OCCIDENTE**

**Santiago de Cali, Julio 2010**

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>6</b>
<b>1. ASPECTOS CONCEPTUALES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN</b>	<b>8</b>
<b>2. ASPECTOS METODOLÓGICOS</b>	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
<b>3. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN</b>	<b>21</b>
<b>3.1. GENERALIDADES</b>	<b>21</b>
<b>3.2 DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE AMENAZA CRÍTICO PARA EL MUNICIPIO DE RIOFRÍO</b>	<b>22</b>
<b>3.3 IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS</b>	<b>25</b>
3.3.1. Elementos corporales	26
3.3.2 Elementos Estructurales	36
<b>3.4. EVALUACIÓN DEL GRADO DE EXPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y CORPORALES</b>	<b>49</b>
<b>3.5 EVALUACIÓN DEL GRADO DE FRAGILIDAD DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS</b>	<b>60</b>
<b>3.6. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESPECÍFICA Y GLOBAL ANTE CADA AMENAZA PRESENTE</b>	<b>64</b>
<b>3.7 ESTIMACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN POR INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES</b>	<b>72</b>
<b>3.8 DETERMINACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE AFECTACIÓN DIURNO Y NOCTURNO</b>	<b>76</b>
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>80</b>
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>84</b>
<b>6. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES</b>	<b>88</b>
<b>7. ANEXOS</b>	<b>93</b>
Anexo 1.1 Guía metodológica para diligenciar el formulario para la evaluación de vulnerabilidad y de escenarios de afectación corporales y estructurales.	94
Anexo 2.1 Encuesta	97



<b>Anexo 2.2 Métodos de clasificación</b>	<b>101</b>
<b>Anexo 3.1. Censo para evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de afectación corporales y estructurales</b>	<b>107</b>

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 2.1 Asignación de importancias relativas entre variables	12
Tabla 2.2 Ponderación de la Exposición	12
Tabla 2.3 Ponderación de la Fragilidad Estructural	14
Peso_var: Peso de la variable; peso_par: peso del parámetro	14
Tabla 2.5 Escala numérica-Grados de Vulnerabilidad	17
Tabla 2.6 Índices de afectación	17
Tabla 2.7 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Remoción en Masa	18
Tabla 2.8 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Inundaciones	18
Tabla 2.9 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Avenidas Torrenciales	18
Tabla 2.10 Relación entre modo de daño y densidad de población/escenario	19
Tabla 3.1 Representación estadística de la información a nivel de manzana	26
Tabla 3.2. Escenario de afectación nocturno.	76
Tabla 3.3. Escenario de afectación Diurno.	77
Tabla 3.4. Viviendas afectadas.	77

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 3.1 Localización general de Riofrío.	21
Figura 3.2 Vista al parque e iglesia principal, municipio de Riofrío. Mayo 28 de 2009.	22
Figura 3.3 Amenaza por avenidas torrenciales.	23
Figura 3.4 Amenaza por inundaciones.	24
Figura 3.5 Densidad de Habitantes. Municipio de Riofrío.	27
Figura 3.6 Distribución de frecuencia de edades del jefe de hogar.	28
Figura 3.7 Mapa de distribución espacial de la edad del jefe del hogar.	29
Figura 3.8 Distribución espacial de la jefatura del hogar por género.	31
Figura 3.9 Distribución espacial de la escolaridad del jefe del hogar.	33
Figura 3.10 Distribución espacial del indicador de dependencia infantil.	35
Figura 3.11 Distribución de frecuencia de dependencia infantil.	36
Figura 3.12 Densidad de viviendas.	37
Figura 3.13 Distribución porcentual del tipo estructural de las viviendas.	38
Figura 3.14 Distribución espacial del tipo de construcciones.	39
Figura 3.15 Distribución porcentual del tipo de cubierta de las viviendas.	41
Figura 3.16 Distribución geográfica del tipo de cubierta.	42
Figura 3.17 Distribución porcentual del estado estructural de las viviendas.	43
Figura 3.18 Distribución espacial del estado estructural de las viviendas.	44
Figura 3.19 Distribución de las viviendas según número de pisos.	47
Figura 3.20 Número de personas expuestas a inundaciones en jornada diurna.	50
Figura 3.21 Número de personas expuestas a inundaciones en jornada nocturna.	50
Figura 3.22 Niveles de exposición corporal ante inundaciones.	52
Figura 3.23 Número de viviendas expuestas a inundaciones.	53
Figura 3.24 Exposición estructural ante inundaciones.	54
Figura 3.25 Número de personas expuestas a avenidas torrenciales en jornada diurna.	55
Figura 3.26 Número de personas expuestas a avenidas torrenciales en jornada nocturna.	55
Figura 3.27 Niveles de exposición corporal ante avenidas torrenciales.	57
Figura 3.28 Número de viviendas expuestas a avenidas torrenciales.	58
Figura 3.29 Niveles de exposición estructural ante avenidas torrenciales.	59
Figura 3.30 Distribución espacial de la fragilidad corporal.	61

<i>Figura 3.31 Distribución espacial de la fragilidad estructural ante inundaciones.</i>	62
<i>Figura 3.32 Distribución espacial de la fragilidad estructural ante avenidas torrenciales.</i>	63
<i>Figura 3.33 Distribución espacial de la vulnerabilidad corporal ante inundaciones.</i>	65
<i>Figura 3.34 Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural ante inundaciones.</i>	66
<i>Figura 3.35 Distribución espacial de la vulnerabilidad global ante inundaciones.</i>	67
<i>Figura 3.36 Distribución espacial de la vulnerabilidad corporal ante avenidas torrenciales.</i>	69
<i>Figura 3.37 Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural ante avenidas torrenciales.</i>	70
<i>Figura 3.38 Distribución espacial de la vulnerabilidad global ante avenidas torrenciales.</i>	71
<i>Figura 3.39 Distribución porcentual de la afectación ante inundaciones.</i>	72
<i>Figura 3.40 Distribución geográfica de los niveles de afectación ante inundaciones.</i>	73
<i>Figura 3.41 Distribución porcentual de la afectación ante avenidas torrenciales.</i>	74
<i>Figura 3.42 Distribución geográfica de los niveles de afectación ante avenidas torrenciales.</i>	75
<i>Figura 3.43 Porcentaje de población en nivel de afectación alto.</i>	77
<i>Figura 3.44 Porcentaje de población en nivel de afectación medio.</i>	78
<i>Figura 3.45 Porcentaje de población en nivel de afectación baja.</i>	78

## CONTENIDO DE FOTOS

<b>Foto 3.1</b> Vista al parque e iglesia principal, municipio de Riofrío. Mayo 28 de 2009.	22
<b>Foto 3.2</b> viviendas de tipo mampostería, en ellas predominan materiales mampuestos tipo ladrillo.	40
<b>Foto 3.3</b> Tejas de barro empleadas en las cubiertas de las viviendas.	41
<b>Foto 3.4</b> Viviendas en buen estado estructural. Los elementos portantes (vigas, columnas y muros estructurales) no presentan fisuras ni grietas; tampoco se encuentra deteriorada por efectos de intemperización.	45
<b>Foto 3.5</b> Viviendas en mal estado estructural. Avanzado deterioro de los elementos portantes, presentándose desniveles en toda la estructura. Agrietamiento de las paredes por acción de la intemperie.	45
<b>Foto 3.6</b> Predominio de las viviendas de un solo nivel. Sector del barrio La Paz.	46
<b>Foto 3.7</b> Viviendas asentadas sobre un andén de 45 cm altura sobre la calle el cual reduce la probabilidad de que el agua penetre en las viviendas.	48

## INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de fenómenos naturales, tales como deslizamientos, inundaciones, avenidas torrenciales, representan un retraso en el desarrollo de las comunidades afectadas y una carga económica significativa para los gobiernos que las respaldan. Esta situación se ve agravada por una condición de vulnerabilidad, en la que amplios sectores de la población carecen de las herramientas necesarias para recuperarse e incluso prepararse adecuadamente para afrontar un desastre. Los fenómenos naturales, como es bien sabido, no constituyen *per se* un riesgo, sino que se transforman en tal cuando interactúan con una comunidad expuesta. La presencia de personas y bienes materiales en áreas sujetas a procesos naturales potencialmente desastrosos dan lugar a que se produzcan daños y pérdidas relativas; esto significa que en la medida en que se genere un aumento de los elementos expuestos (nuevas construcciones y aumento de población), habrá un incremento considerable en los posibles daños provocados.

Queda en evidencia, pues, la necesidad de una correcta evaluación de los daños y pérdidas que se pueden generar a partir de la interacción entre un fenómeno natural y una comunidad expuesta al mismo, con miras a la creación de acciones y políticas para la gestión del riesgo desde el punto de vista del desarrollo, entendido éste como una condición social en la cual las necesidades de una población son satisfechas con el uso racional y sostenible de los recursos de que dispone. Conceptualmente el *Riesgo* ó *Escenarios de Afectación* se considera como una condición social en función de dos factores, a saber: *la peligrosidad* ó *Amenaza* y *la Vulnerabilidad*, de igual forma éste último factor depende del *grado de exposición* y del *nivel de fragilidad* de los distintos elementos que la conforman:

$$R = A \times V$$

El presente informe pretende aportar elementos de juicio para la toma de decisiones y medidas para la prevención de daños debido a los fenómenos de remoción en masa, para ello se realiza un acercamiento integral al riesgo desde la vulnerabilidad y los posibles escenarios de afectación que se presentan en la cabecera del municipio de Riofrío; para modelar tales factores se hace uso de técnicas y herramientas de análisis espacial tales como la estadística y los Sistemas de Información Geográfica, SIG, los cuales facilitan una mayor comprensión de los resultados enfocados a la gestión local del riesgo

# **1. ASPECTOS CONCEPTUALES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN**

## **1. ASPECTOS CONCEPTUALES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN**

En este estudio se propone un modelo conceptual de la vulnerabilidad y los escenarios de afectación o pérdidas, el cual considera no solamente parámetros o indicadores estructurales, sino también algunos indicadores corporales que permiten un acercamiento mucho más acertado y real a la situación de emergencia de una comunidad.

El grado de afectación se define como el resultado del producto escalado del factor de amenaza y del factor de vulnerabilidad (Cardona, 2001); esto significa que la existencia de un escenario de afectación se debe a que los descriptores de la amenaza y de la vulnerabilidad son condicionantes y concomitantes entre sí. A continuación se definen dichos descriptores y se relacionan sus indicadores y variables asociadas:

### **1.1. AMENAZA DEL CONTEXTO**

Definida como una agregación de valores que expresan un nivel de peligrosidad en función de la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino en un espacio y momento determinado.

### **1.2. VULNERABILIDAD DEL CONTEXTO**

Definida como una suma de valores que expresan aspectos relacionados con la exposición y la fragilidad de un conjunto de elementos estructurales y corporales de un área o comunidad específica. Para su determinación se definen los siguientes componentes:

*A) Exposición:* definida como el volumen y concentración normalizada de viviendas y habitantes en contacto directo con un nivel determinado de amenaza. Dicha exposición está en función de dos componentes, a saber, la densidad estructural y la densidad corporal, entendidas como el número de viviendas y personas por el área de la unidad de análisis, en este caso el área de la manzana. Un número mayor de elementos significa un nivel de exposición mayor y por lo tanto un nivel de vulnerabilidad también mayor.

*B) Fragilidad:* definida como la debilidad intrínseca de los elementos expuestos, tanto estructurales como corporales, para absorber el impacto de una crisis; en términos generales es la falta de capacidad para responder en casos de emergencias. Para su determinación se definen los siguientes componentes:

- *Material de construcción:* hace referencia al tipo de material empleado para la edificación de las paredes y muros de las viviendas; se definen tres grandes grupos: rústico o rudimentario, mampostería y concreto, la definición de cada uno de ellos se encuentra en el anexo 1.1.

- *Tipología de cubiertas*: hace referencia a los materiales empleados para elaborar los techos de las viviendas; se definen tres grupos: liviano, tejas de barro y loza, definidos en el anexo 1.1.
- *Estado de la vivienda*: hace referencia al estado físico en que se encuentran las paredes y columnas de las viviendas; de acuerdo al grado de deterioro que presentan, el estado puede ser bueno, regular o malo (especificados en el anexo 1.1).
- *Adopción de medidas de mitigación*: hace referencia al tipo de medidas artesanales o estructurales construidas con el objetivo de reducir el impacto causado por una inundación o una avenida torrencial tales como altillos, andenes de altura, etc.
- *Sexo del jefe de hogar*: hace alusión al género del que participa el jefe del hogar bien sea masculino ó femenino.
- *Edad del jefe de hogar*: hace alusión a la edad actual del jefe del hogar, la cual puede agruparse en edades menores a 18 años, 18 a 55 años y mayores a 55 años.
- *Escolaridad del jefe de hogar*: hace referencia al nivel educativo alcanzado por el jefe de hogar, de acuerdo con el último año cursado, que bien puede ser básico primaria, secundaria, técnico, universitario y más.
- *Dependencia infantil*: Este indicador establece la proporción que existe entre la población infantil con respecto a la población adulta sobre una base de 100 habitantes, es decir, el número de niños que hay en una unidad de análisis espacial por cada 100 adultos.

## **2. ASPECTOS METODOLÓGICOS**



## 2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

La base metodológica para el estudio de la vulnerabilidad y los escenarios de afectación se fundamenta en una visión integral del riesgo planteado como un problema complejo el cual requiere una solución desde una perspectiva holística. La vulnerabilidad ha sido definida en este proyecto como una condición intrínseca de una comunidad en términos del grado de exposición y del nivel de fragilidad frente a la ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente dañino; la exposición hace alusión al grado de sometimiento de un determinado elemento frente a un nivel de peligrosidad dada, es decir la zona de contacto entre el elemento expuesto y la amenaza; por su parte, la fragilidad es una medida de la capacidad de un elemento para anticipar, responder, sobrevivir y recuperarse de los efectos causados por un fenómeno. Para ello, metodológicamente se ha tomado como punto de partida una expresión lineal que ha sido ampliamente desarrollada y aplicada en otras regiones (Londoño, 2007; Barrenechea et al., 2000; Cardona, 2001), cuyas modificaciones en este estudio conducen a proponer la siguiente fórmula:

$$V = C_1 (Exp_{(est)} + Frag_{(est)}) + C_2 (Exp_{(corp)} + Frag_{(corp)})$$

Donde:

$C_1$  es el coeficiente de importancia para la vulnerabilidad estructural normalizada.

$C_2$  es el coeficiente de importancia para la vulnerabilidad corporal normalizada.

$Frag_{estr}$  y  $Frag_{corp}$  representan la fragilidad de las estructuras y de la población respectivamente.

$Exp_{est}$  y  $Exp_{corp}$  corresponden al grado de exposición para las estructuras y la población respectivamente.

La normalización de la vulnerabilidad, tanto para los elementos estructurales como para los elementos corporales, se hace necesaria para tener una dimensión proporcional de una con respecto a la otra, es así como, dentro de una escala de importancia relativa de 1 a 10 (ver tabla 2.1), para  $C_1$  se asume el valor de 7 mientras que para  $C_2$  se asume el valor de 3, lo cual significa que la vulnerabilidad estructural es “muy fuertemente más importante”, mientras que la vulnerabilidad corporal es “moderadamente más importante”; por su parte, la combinación lineal de la exposición y la fragilidad para cada elemento, mediante un análisis multicriterio dentro de un panel de expertos como técnica útil para la asignación de factores de participación o de importancia relativa a través de comparaciones sucesivas entre variables, permite una aproximación integral y sistemática a la vulnerabilidad y el riesgo.

**Tabla 2.1** Asignación de importancias relativas entre variables

<b>Juicio de importancia</b>	<b>Puntaje</b>
	<b>10</b>
<b>Extremadamente más importante</b>	<b>9</b>
	<b>8</b>
<b>Muy fuertemente más importante</b>	<b>7</b>
	<b>6</b>
<b>Fuertemente más importante</b>	<b>5</b>
	<b>4</b>
<b>Moderadamente más importante</b>	<b>3</b>
	<b>2</b>
<b>Igualmente más importante</b>	<b>1</b>

Utilizando esta tabla para la asignación de importancias o preferencias se puede asignar un puntaje de importancia por indicador teniendo como referencia qué tanto, de manera comparativa, cada indicador refleja el aspecto que se desea representar.

El método más riguroso para obtener los valores de exposición y fragilidad para cada uno de los elementos involucrados se realiza mediante la siguiente formulación:

$$\boxed{Exp_e = Dens_e \cap A} \quad ; \quad \boxed{Frag_e = \sum (var * par)}$$

Donde:

$Exp_e$ : Representa la exposición del elemento en función de la densidad del mismo.

$Dens_e$ : sobre la amenaza  $A$ ; cabe mencionar que los escenarios de amenaza para evaluar la exposición corresponden a los casos más críticos que se presentan en cada municipio con el objetivo de cubrir la mayor área expuesta.

$Frag_e$  Representa la fragilidad del elemento en función de la variable  $var$  multiplicado por el parámetro  $par$  que se esté evaluando.

Los parámetros, variables y pesos asociados a ellos para evaluar la exposición y la fragilidad estructural-corporal se obtuvieron a partir de un trabajo de campo en las zonas de interés, el cual se estructuró en un levantamiento predio a predio aplicando la encuesta de elementos expuestos (ver anexo 2.1); dichos parámetros y variables aparecen referenciados en las Tablas 2.2, 2.3 y 2.4.

**Tabla 2.2** Ponderación de la Exposición

	Densidad Habitantes	Amenaza	Peso variable			Condición de exposición	Peso Expo Estr			Peso Expo Corpo		
			FRM	AT	I		FRM	AT	I	FRM	AT	I
Exposición	$V_{min} \leq Clase 1 \leq CN1$	Alta	6	6	6	alta	0,5	0,175	0,20	0,2	0,2	0,2
		Media	5	5	5	media						
		Baja	2	2	2	baja						
	$Corte 1 < Clase 2 \leq CN2$	Alta	7	7	7	alta						
		Media	6	6	6	media						
		Baja	3	3	3	baja						
	$Clase 3 > CN2$	Alta	8	8	8	alta						
		Media	7	7	7	media						
		Baja	4	4	4	baja						

*V<sub>mín</sub>*: Valor mínimo registrado; *CN*: Corte Natural (ver métodos de clasificación en el anexo 2.2)

*Peso Expo Estr*: peso de la exposición del elemento estructural para cada fenómeno

*Peso Expo Corpo*: peso de la exposición del elemento corporal para cada fenómeno

*FRM*: fenómeno de remoción en masa; *AT*: Avenida Torrencial; *I*: Inundaciones

Los criterios empleados por los expertos a la hora de asignar los pesos dentro de cada parámetro, tanto estructural como corporal, responden al nivel de importancia relativa que tienen unas variables con respecto a otras en términos de fragilidad; así, para las variables correspondientes al parámetro “*material de construcción*” se asignaron unos determinados pesos que indican que las viviendas cuyas paredes han sido levantadas con materiales rústicos, son más frágiles ante la acción provocada por cada uno de los distintos fenómenos naturales estudiados, en contraste con las viviendas cuyos materiales son de concreto, los cuales son mucho más resistentes a dicha acción. De igual forma sucede con las variables del parámetro “*Cubierta*” donde aquellas viviendas cuyos techos están contruidos de materiales livianos o entrepuestos son mucho más frágiles e incapaces de resistir la acción de cualquiera de los fenómenos tenidos en cuenta sin percibir ningún tipo de daño, contrario con lo que sucede en las viviendas cuyas cubiertas son mucho más firmes y resistentes, tipo losas de concreto, las cuales pueden resistir mucho más la acción dichos fenómenos naturales; por su parte, los pesos asignados a las variables del parámetro “*Estado de Conservación*” indican claramente que una vivienda que se encuentra en mal estado es mucho más frágil desde el punto de vista estructural, razón por la cual no tiene la capacidad suficiente de resistir el impacto que caracteriza un determinado fenómeno natural, en contraste con lo que ocurre con viviendas cuyo estado estructural es relativamente bueno, lo que le garantiza una mayor resistencia física ante un fenómeno potencialmente dañino.

**Tabla 2.3** Ponderación de la Fragilidad Estructural

Parámetro	Tipo	Variable	Peso_var			Condición de vulnerabilidad	Peso_par		
			FRM	AT	I		FRM	AT	I
Material de construcción	I	Rústico	10	10	9	Alta para madera burda, desechos, zinc, cartón, esterilla, guadua			
	II	Mampostería	7	5	4	Moderada para adobe, ladrillo, piedra, roca pulida, cantos	0,25	0,35	0,35
	III	Concreto	5	2	1	Baja para armado, en masa, ordinario			
Cubierta	I	Liviana	10	10	0	Alta para materiales livianos y entrepuestos			
	II	Teja de barro	8	7	0	Moderada	0,1	0,05	0
	III	Loza	5	2	0	Baja para techos			
Estado de la vivienda	I	Mal estado	10	10	9	Alta para Avanzado estado de afectación de los elementos portantes, inclinación y agrietamiento			
	II	Regular estado	8	6	5	Moderada por ligero envejecimiento de los elementos portantes con leves fisuras	0,15	0,25	0,25
	III	Buen Estado	5	2	1	Baja para Los elementos portantes no presentan fisuras, ni agrietamiento			
Medida de mitigación	I	Tiene algún tipo de medida estructural	0	3	3	Baja para viviendas que han realizado algún tipo de medida estructural para evitar inundaciones			
	II	No tiene ninguna medida estructural	0	8	8	Alta para viviendas que no tienen ningún tipo de medida estructural para evitar inundaciones	0	0,175	0,20

*Peso\_var: Peso de la variables; peso\_par: peso del parámetro*

De igual forma, y bajo los mismos criterios se asignaron pesos de importancia relativa a las variables correspondientes a cada parámetro corporal; así, para las variables correspondientes al parámetro "*Sexo del jefe de hogar*" se asignaron unos determinados pesos que indican que las mujeres jefes de hogares monoparentales son mucho más frágiles en términos socioeconómicos puesto que ante situaciones de emergencia les cuesta un poco más de trabajo desplazarse con sus hijos o personas a cargo y huir fácilmente del peligro; por lo general son hogares donde se dan los casos de viudez o separaciones. En términos de fuerza física, un hombre puede resistir mucho más el impacto de un fenómeno natural (bien sea inundaciones, deslizamientos o avenidas torrenciales) que una mujer. En cuanto a al parámetro "*Edad del jefe de hogar*" los pesos de las variables indican que un joven menor de edad cabeza de hogar es mucho más frágil o vulnerable que un adulto, puesto que no tiene ni la solidez económica ni la experiencia necesaria para afrontar situaciones de emergencia en las cuales deba tomar decisiones determinantes para resguardar su vida y la de los suyos. En cuanto al parámetro "*Dependencia infantil*" los pesos altos sugieren que hogares cuyos índices de dependencia se encuentran por encima de 75 son muchos más vulnerables o mucho más frágiles debido a la "carga" social y económica que ello representa para un adulto a cargo; en otras palabras, es mucho más difícil resguardar y proteger la vida de 3 niños o más que la de 1 o dos niños durante situaciones de emergencia.

Por último, los pesos asignados a las variables del parámetro "*escolaridad del jefe de hogar*" sugieren que los más altos corresponden a hogares cuyos jefes no han alcanzado los niveles educativos básicos necesarios que le garanticen una fácil comprensión y entendimiento de las distintas situaciones de emergencia que puedan presentarse para, de esta forma, lograr una buena respuesta ante las mismas.

**Tabla 2.4 Ponderación de la Fragilidad Corporal**

Parámetro	Tipo	Variable	Peso_var	Descripción	Peso_par
Sexo del jefe de hogar	I	Mujer	10	Se propone una mayor vulnerabilidad cuando el jefe es mujer	0,2
	II	Hombre	8	Se propone una menor vulnerabilidad cuando el jefe es hombre	
Edad del jefe de hogar	I	< 18 años	10	Se Propone alta vulnerabilidad cuando el jefe es menor de edad	0,2
	II	18-55 años	6	se propone baja vulnerabilidad cuando el jefe es adulto	
	III	> 55 años	8	Se propone moderada vulnerabilidad cuando el jefe es adulto mayor de 55 años	
Dependencia infantil	I	[Vmin-25]	2	Se propone baja vulnerabilidad cuando la razón es de 25 o menos niños por cada 100 adultos	0,2
	II	(25-75]	6	Se propone moderada vulnerabilidad cuando está entre 25 y 75 niños por cada 100 adultos	
	III	(75-Vmax]	8	Se propone alta vulnerabilidad cuando la razón está por encima de los 75 niños por cada 100 adultos	
Escolaridad del jefe de hogar	I	Técnico-Universitario	4	Se propone baja vulnerabilidad para jefes técnicos-universitarios y mas	0,2
	II	Bachiller	8	Se propone vulnerabilidad moderada para jefes de hogar que han terminado el bachillerato	
	III	Primaria	10	Se Propone Vulnerabilidad alta para jefes con nivel de educación primaria y menos	

Una vez obtenida la vulnerabilidad, se adopta una escala numérica que indica los grados de vulnerabilidad, lo cual nos permitirá realizar la clasificación de la misma, de la siguiente manera (Tabla 2.5).

**Tabla 2.5** Escala numérica-Grados de Vulnerabilidad

<b>Grado de vulnerabilidad</b>	<b>Rango</b>	<b>Descripción</b>
Baja (I)	[0-30]	Elementos que presentan un nivel de exposición relativamente bajo ante un determinado fenómeno, con una condición de fragilidad baja caracterizada por una tipología estructural resistente y en buen estado y una población socioeconómicamente capaz de recuperarse ante un cambio drástico en su medio
Media (II)	(30-60]	Elementos que presentan un nivel de exposición moderado ante la amenaza, con unos niveles de fragilidad intermedio caracterizados por elementos estructurales cuyo estado físico y resistencia son aceptables y una población con limitaciones desde el punto de vista socioeconómico para responder y adaptarse a los cambios generados por un evento
Alta (III)	(60-100]	Elementos que presentan un nivel de exposición elevado ante una amenaza y condiciones de fragilidad elevadas caracterizadas por elementos estructurales poco dúctiles, sistemas constructivos inadecuados y estado de deterioro avanzado y una población incapaz de sobreponerse por sí mismos a los efectos provocados por un fenómeno

Posteriormente, se procede a la determinación de los niveles y modos de afectación; esta labor permite evaluar los modos de daño o grados de afectación esperados para los elementos expuestos según el nivel o grado de amenaza dado. Se proponen tres opciones (ver Tablas 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9).

**Tabla 2.6** Índices de afectación

		<b>Grado de vulnerabilidad</b>			<b>Modo de daño ó Afectación</b>
		<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	
<b>Grado de Amenaza</b>	<b>I</b>	I	I	II	
	<b>II</b>	I	II	III	
	<b>III</b>	II	III	III	

**Tabla 2.7** Modo de daño o afectación por Fenómenos de Remoción en Masa

ELEMENTOS EXPUESTOS	INDICADOR	MODO DE DAÑO Ó AFECTACIÓN
HABITANTES	I	Heridas leves sin secuelas
	II	Heridas importantes (fracturas, invalidez)
	III	Fallecimiento en el sitio
CONSTRUCCIONES (viviendas)	I	Daños ligeros no estructurales (estabilidad no afectada)
	II	Daños importantes Fisura y agrietamiento
	III	Daños graves, destrucción parcial y/o total de las estructuras

**Tabla 2.8** Modo de daño o afectación por Fenómenos de Inundaciones

ELEMENTOS EXPUESTOS	INDICADOR	MODO DE DAÑO Ó AFECTACIÓN
HABITANTES	I	No se presentarían daños directos sobre las personas
	II	Pérdida de la vida en la población infantil
	III	Personas atrapadas, pérdida de la vida y desapariciones
CONSTRUCCIONES (viviendas)	I	Humedad en las paredes de las viviendas
	II	Descascaramiento en los muros de las viviendas
	III	Desestabilidad de viviendas por erosión del suelo, y daños importantes en viviendas de tipo rudimentario y mampostería en estado regular-malo

**Tabla 2.9** Modo de daño o afectación por Fenómenos de Avenidas Torrenciales

ELEMENTOS EXPUESTOS	INDICADOR	MODO DE DAÑO Ó AFECTACIÓN
HABITANTES	I	Daños directos sobre la población infantil y senil
	II	Personas atrapadas y arrastradas
	III	Fallecimiento en el sitio
CONSTRUCCIONES (viviendas)	I	Daños estructurales en viviendas frágiles
	II	Daños directos sobre viviendas tipo mampostería y rústico
	III	Daños estructurales y en cubiertas en todas las viviendas

El siguiente paso es la modelación de escenarios de afectación, cuantificación de daños y pérdidas potenciales. Esta etapa recoge la información necesaria para modelar los escenarios de afectación y cuantificar los daños y pérdidas esperadas para un fenómeno ya caracterizado. Debido a la complejidad de los fenómenos de remoción en masa que se presentan en el municipio de El Cairo, y la dinámica que presentan los elementos corporales expuestos en función del espacio-tiempo, existe una variedad de posibilidades de manifestación del daño. En este sentido se adopta la propuesta de complementar el análisis mediante la concepción de escenarios de afectación, lo que permite un acercamiento al daño específico en función del número y porcentaje de personas damnificadas y viviendas afectadas. Para generar dicho modelo se efectúa el cruce de información correspondiente al



modo de daño con la densidad de personas en la vivienda por escenario (diurno y nocturno), tal como se muestra en la Tabla 2.10.

**Tabla 2.10** Relación entre modo de daño y densidad de población/escenario

		DENSIDAD DE POBLACIÓN/ESCENARIO		
		ALTA	MEDIA	BAJA
MODO DE DAÑO	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO
	MEDIO	ALTO	MEDIO	BAJO
	BAJO	MEDIO	BAJO	BAJO
ESCENARIO DE AFECTACIÓN				

### **3. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN**

### 3. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN

#### 3.1. GENERALIDADES

El municipio de Riofrío está ubicado a mas o menos 112.1 km de la ciudad de Cali y está situado sobre la margen izquierda del rio Cauca, ubicado en la zona plana del Valle, junto a las estribaciones de la cordillera Occidental (Figura 3.1); 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. Se encuentra a 969 metros de altura sobre el nivel del mar con una temperatura media de 23°C.

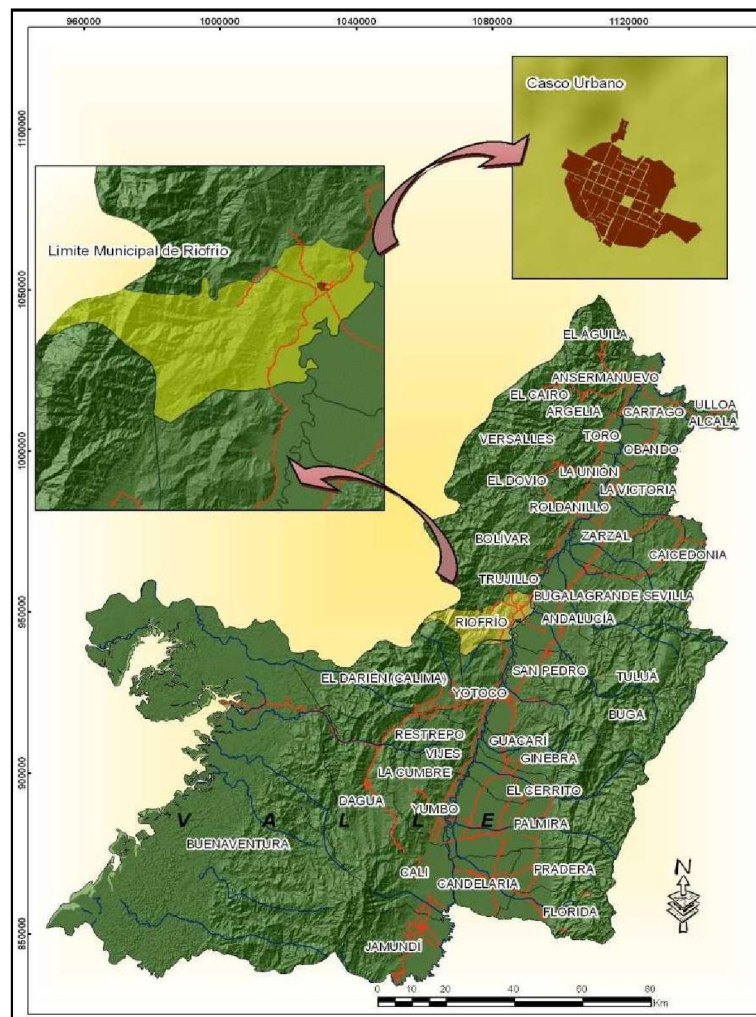


Figura 3.1 Localización general de Riofrío.

La Figura 3.2 muestra la vista del parque central de la ciudad, fotografía tomada durante una de las visitas de campo al municipio



*Figura 3.2 Vista al parque e iglesia principal, municipio de Riofrío. Mayo 28 de 2009.*

### **3.2 DEFINICIÓN DEL ESCENARIO DE AMENAZA CRÍTICO PARA EL MUNICIPIO DE RIOFRÍO**

Tal como se ha planteado conceptualmente, la evaluación del riesgo o escenario de afectación requiere de una correcta evaluación de los fenómenos naturales que se traducen en amenaza para una comunidad expuesta. En el municipio de Riofrío, debido a las condiciones geográficas del entorno, convergen dos diferentes tipos de amenaza, a saber: por un lado, las inundaciones y, por otro lado, las avenidas torrenciales; de esta forma, se configuran dos escenarios de peligrosidad bastante complejos.

La evaluación de los diferentes tipos de amenaza presentes en este municipio, fue realizada, dentro del proyecto, por el grupo de Hidráulica para caracterizar los fenómenos de inundaciones y avenidas torrenciales. Las Figuras 3.3 y 3.4 representan la distribución espacial del comportamiento de la peligrosidad para cada uno de los fenómenos mencionados anteriormente. Para cada uno de los fenómenos analizados (inundaciones y avenidas torrenciales) se determinó el mapa de amenaza global, considerando en cada espacio del territorio (o celda de la malla computacional) la situación o nivel de amenaza más crítico establecido para los tres periodos de retorno evaluados (10, 30 y 100 años).

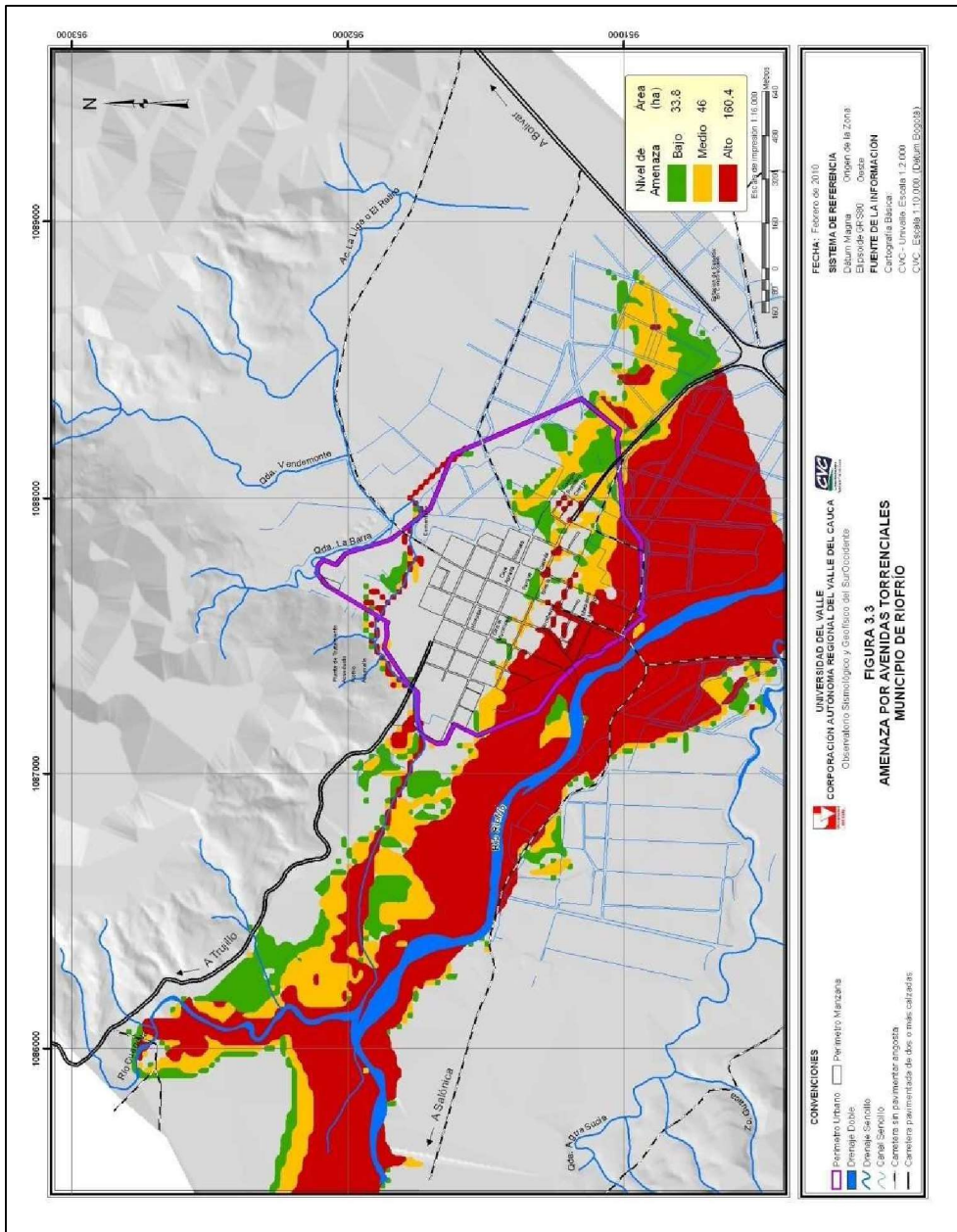


Figura 3.3 Amenaza por avenidas torrenciales.



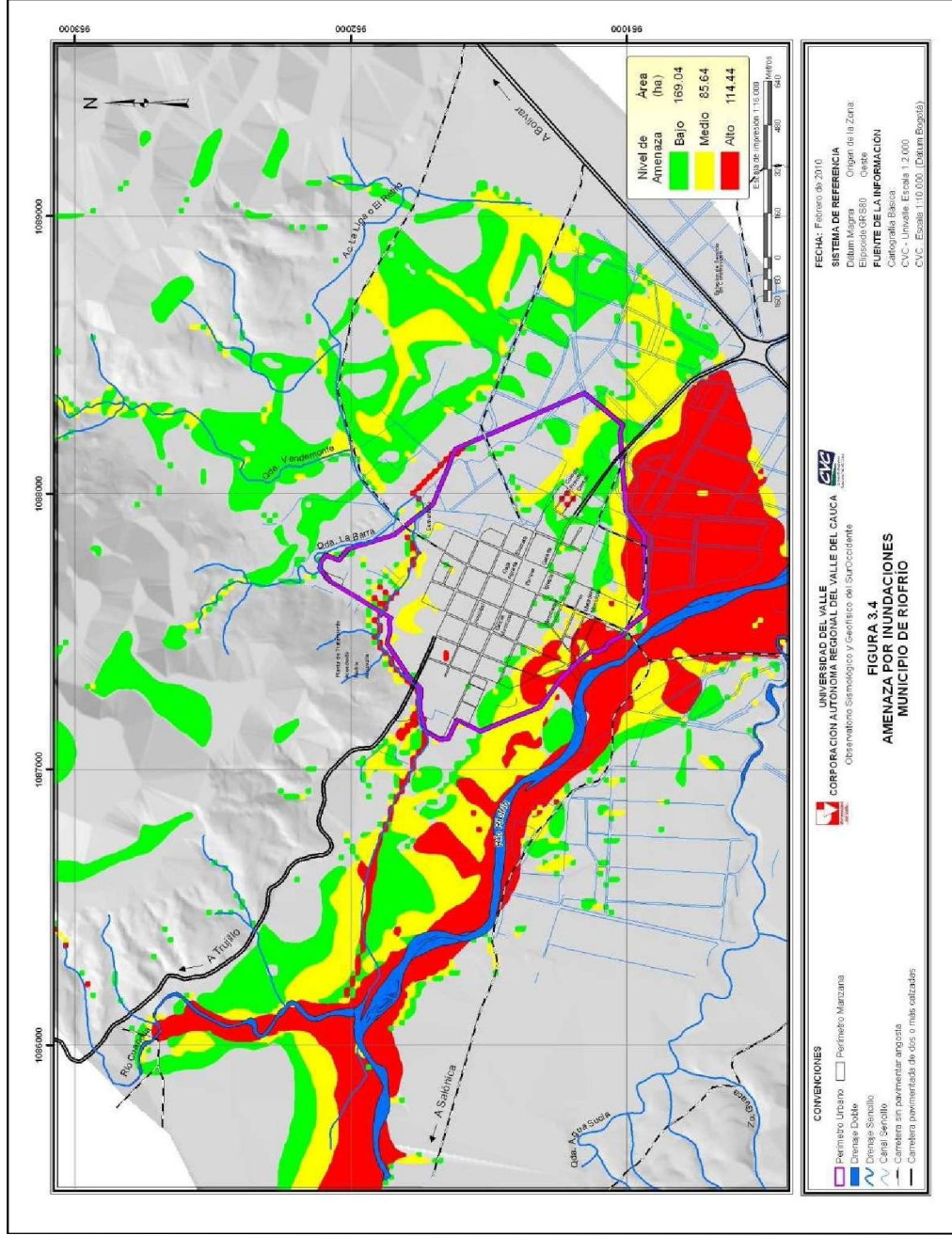


Figura 3.4 Amenaza por inundaciones.

Los mapas de amenaza representan para los estudios de vulnerabilidad y afectación, uno de los insumos principales a partir de los cuales se puede determinar cuáles son las áreas y los elementos que se encuentran expuestos ante los distintos niveles de peligrosidad determinados; de igual manera permite estimar los efectos o daños esperados sobre cada uno de los elementos involucrados en el análisis.

### **3.3 IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS**

El modelo conceptual y metodológico planteado, sugiere que la estimación del riesgo o afectación implica necesariamente la incorporación y la evaluación de los distintos elementos que se consideran expuestos o que se encuentran localizados dentro del área de influencia de un determinado fenómeno; por tal motivo, es importante realizar un inventario que facilite la localización espacial y caracterización de dichos elementos, como base para la estimación de la exposición y la fragilidad previas a la vulnerabilidad y el riesgo. De acuerdo con los alcances del proyecto, los elementos expuestos se clasifican en dos grupos: por una parte, los corporales, es decir, los habitantes y, por otra parte, los estructurales, correspondiente a las viviendas; sin embargo se hace una breve mención del grado de exposición de otros elementos estructurales de tipo institucional-dotacional tales como hospitales, escuelas, y otros elementos esenciales.

La información necesaria sobre los elementos citados se obtuvo de diferentes fuentes, entre ellas la Oficina de Catastro Municipal y SISBEN-2009; dicha información fue complementada con un trabajo de campo planificado en el que se recopiló la información pertinente para caracterizar y localizar los distintos elementos expuestos dentro del casco urbano del municipio de Riofrío.

Entre otras actividades, el trabajo de campo contempló la inspección ocular de las viviendas identificando su estructura física y estado de conservación, y la entrevista con un informante idóneo por cada vivienda, capaz de suministrar la información pertinente (ver anexo 2.2).

Presentar la información con un nivel de detalle predial (vivienda por vivienda) puede no ser muy práctico en términos de planificación, razón por la cual la localización y caracterización de las distintas variables relativas a los elementos expuestos son globalizadas a nivel de manzana, y estructurados dentro de un motor de gestión de datos como ACCESS, es así como el paso de la información predial a unidad de manzana se realizó mediante métodos estadísticos, tal como se muestra en la Tabla 3.1)

**Tabla 3.1** Representación estadística de la información a nivel de manzana

<b>Elementos corporales</b>	
<b>Variable</b>	<b>Estadístico a nivel de manzana</b>
Densidad poblacional	Número de habitantes por área de manzana
Edades del jefe del hogar	Moda
Sexo del jefe del hogar	Moda
Escolaridad del jefe del hogar	Moda
Dependencia infantil-senil	(Niños+ancianos/adultos)*100
<b>Elementos Estructurales</b>	
<b>Variable</b>	<b>Estadístico a nivel de manzana</b>
Densidad de viviendas	Número de viviendas por área de manzana
Tipología constructiva	Moda
Estado de conservación	Moda
Tipología de cubiertas	Moda
Número de pisos	Moda

Tal como se planteó en la metodología, la selección de las variables que caracterizan los elementos tanto estructurales como corporales se realizó en función del fenómeno estudiado, puesto que una variable puede ser relevante cuando se está evaluando la afectación frente a inundaciones o avenidas torrenciales, como puede ser totalmente inoficiosa frente a fenómenos de remoción en masa.

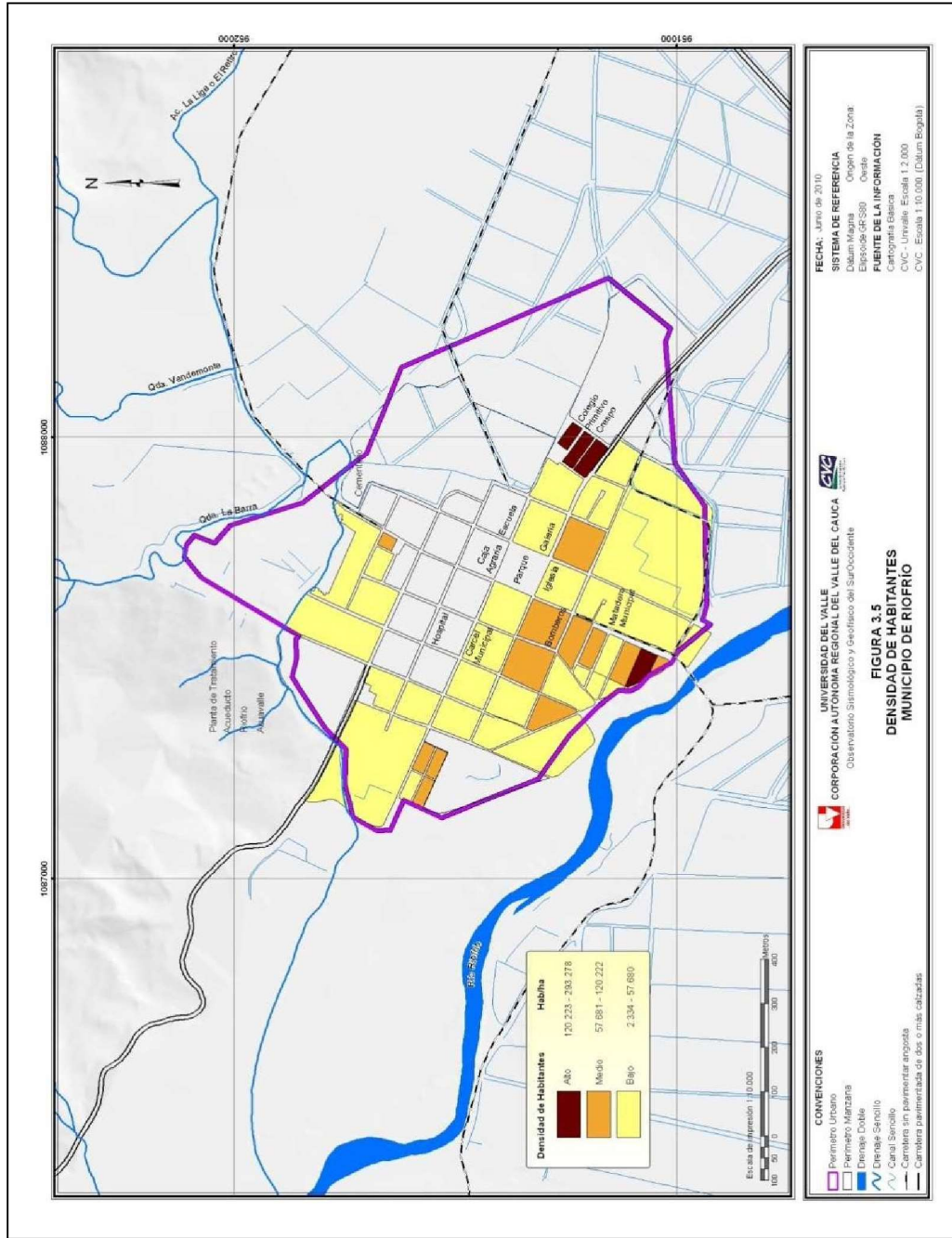
### **3.3.1. Elementos corporales**

#### *A) Densidad Poblacional*

La densidad de población es indicador descriptivo muy importante para el estudio de la exposición, en el sentido de concentración o dispersión de las personas en el territorio frente a la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno natural que caracteriza una amenaza. Se asume la hipótesis de que existe una fuerte correlación espacial positiva entre la densidad de habitantes y los niveles de exposición, para lo cual se tienen niveles de exposición elevados para densidades de población igualmente elevadas. A partir de los datos obtenidos, se pudo caracterizar demográficamente la población en función del área ocupada por cada manzana. La Figura 3.5 representa las áreas con mayor densidad de población permanente.

La mayor concentración de habitantes por manzana se presenta hacia el sur y hacia los límites este y oeste de la cabecera del municipio.





**Figura 3.5** Densidad de Habitantes, Municipio de Riofrio.

### B) Edades del jefe del hogar

Este indicador social permite identificar el rango de edades correspondientes a los jefes cabeza de hogar. Al considerar éste indicador y su relación con la vulnerabilidad y el riesgo, se muestra como los niveles de fragilidad social presentan un comportamiento en forma de campana invertida, lo que nos permite inferir que en los hogares cuyos jefes son menores de edad los niveles tienden a ser altos, en comparación con los hogares en que los jefes son adultos y se presentan niveles relativamente bajos, mientras que en los hogares cuyos jefes de hogar son adultos mayores (65 años y más) los niveles de fragilidad tienden a aumentar. Ahora bien, esta situación adquiere mucho más sentido cuando la edad del jefe del hogar se considera como una variable proxy<sup>1</sup> del ciclo de vida familiar, por lo cual podríamos interpretar que la fragilidad social tiende a aumentar para los hogares en dos etapas de su ciclo vital: cuando está formándose el núcleo familiar y en su etapa final. En el caso específico del municipio de Riofrío la distribución típica de las edades presenta una concentración mayor de población dentro de un rango de edades que van de los 40 a 63 años (ver Figura 3.6).

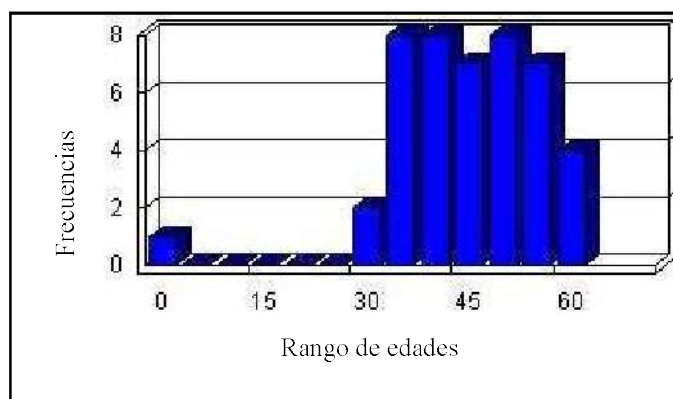


Figura 3.6 Distribución de frecuencia de edades del jefe de hogar.

---

<sup>1</sup> Una variable **proxy** de por sí no tiene gran interés, pero de la cual se pueden obtener otras de mucho interés. Para que esto sea posible, la variable proxy debe poseer una fuerte correlación, pero no necesariamente lineal o positiva, con el valor inferido. No tiene ningún valor si los datos no ajustan a alguna relación (los datos se representan en una nube de certidumbre).

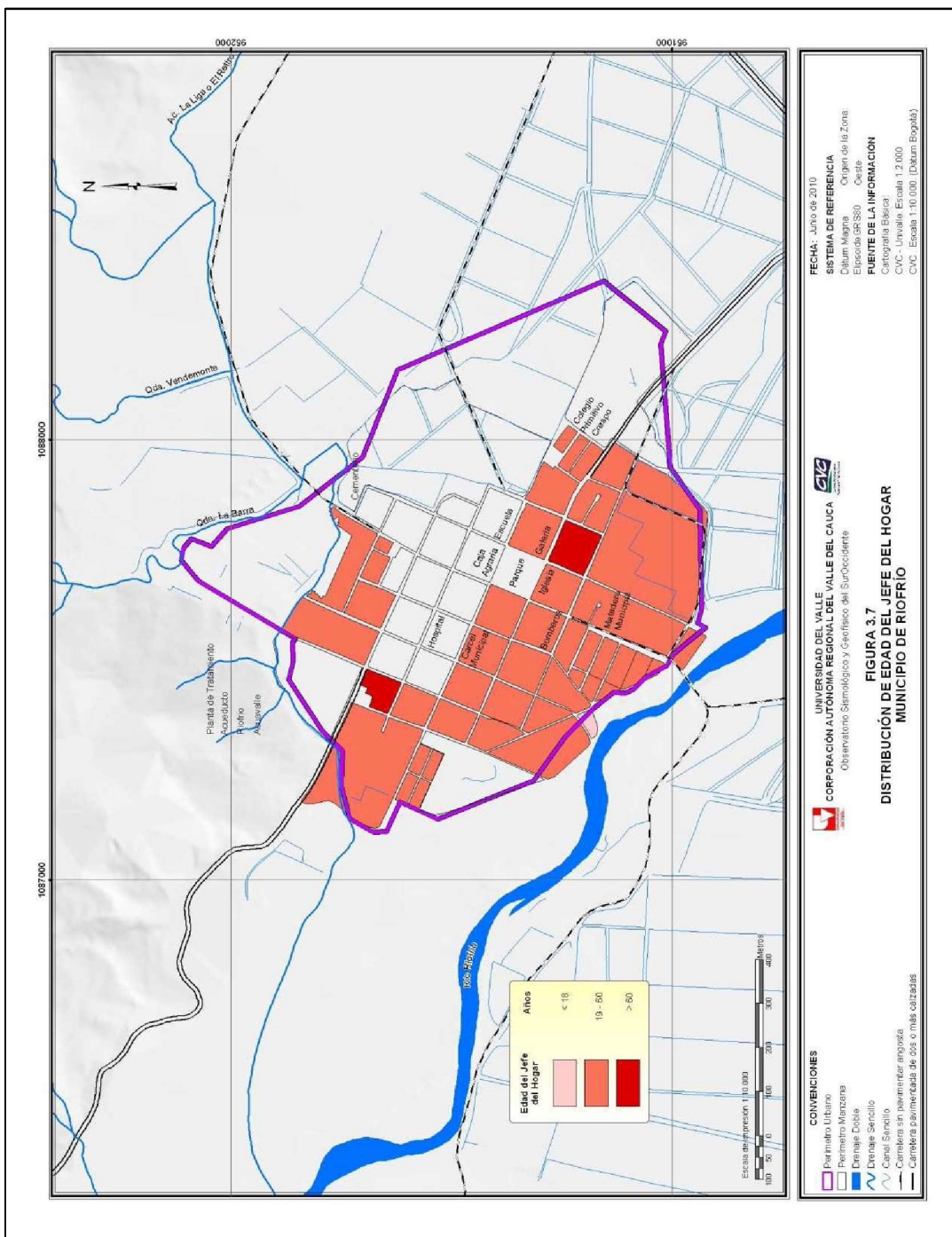


Figura 3.7 Mapa de distribución espacial de la edad del jefe del hogar.

La Figura 3.7 representa la distribución espacial de los rangos de edades de los jefes de hogar a nivel de manzana. En ella se puede apreciar un predominio de la clase dos en la cual se encuentran los jefes de hogar cuyas edades varían entre los 18 y 60 años.

*C) Sexo del Jefe del Hogar.*

Con relación a la condición de género del jefe de hogar se tiene que, mientras en los hogares donde el jefe es de sexo masculino tienen niveles de fragilidad relativamente menores que en los hogares con jefe de sexo femenino, donde la fragilidad tiende a aumentar considerablemente. Esto indica de acuerdo con los modelos propuestos, una mayor prevalencia de la vulnerabilidad en los hogares cuyo jefe es mujer. Algunas de las razones del por qué la mujer se ha transformado en un grupo vulnerable son el hecho de que la mujer con una familia o un hogar a cargo se ve mucho más limitada en cuanto a su movilidad, puesto que ante eventos extremos le cuesta un poco más de trabajo desplazarse y huir fácilmente del peligro; igualmente las condiciones de desventaja que presenta la mujer en términos de fuerza física determinan en gran medida la posibilidad de salvar su vida dada una situación de emergencia; en términos de gestión del riesgo, los programas de atención y prevención de desastres deben tener claridad sobre cuáles grupos se debe actuar y apoyar de manera prioritaria, es el caso del grupo social de las mujeres cabezas de hogar el cual debe darse mayor importancia dentro de dichos programas. En la cabecera municipal de Riofrío, la distribución de la jefatura del hogar según el género refleja un predominio masculino (ver Figura 3.8). Cerca del 70% de las familias tienen una condición de jefe del hogar masculino, mientras que el restante 30% posee una jefatura femenina en hogares monoparentales donde se hace más probable la viudez o la separación. Éste indicador adquiere mayor relevancia si se asocia con otros indicadores como educación y dependencia infantil.



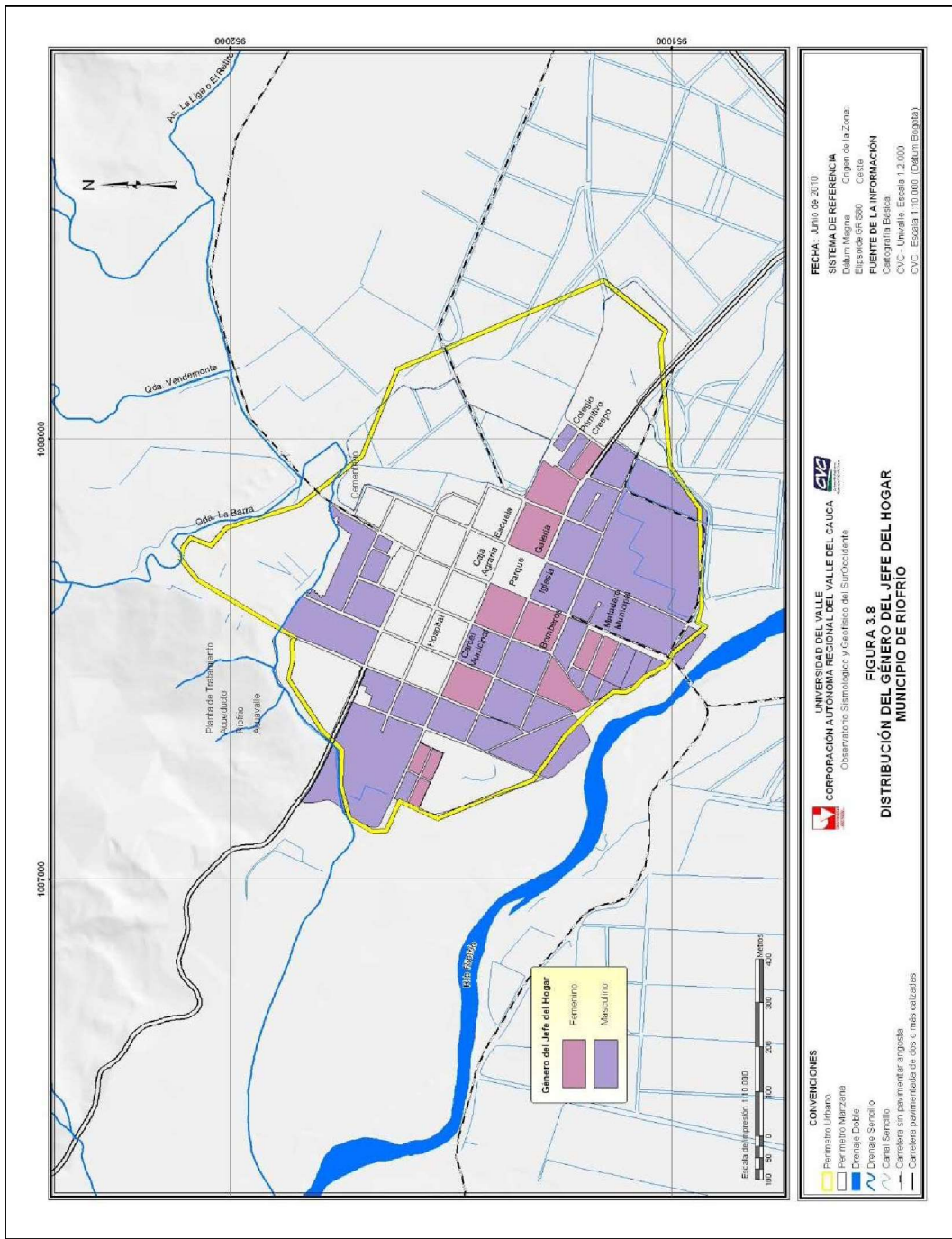


Figura 3.8 Distribución espacial de la jefatura del hogar por genero.

#### *D) Escolaridad del jefe del Hogar*

El analfabetismo o la escasa escolaridad es uno de los rasgos característicos de los colectivos sociales más vulnerables, cuyas posibilidades de acceso al sistema escolar o su permanencia, son inciertas. Esta grave carencia del *saber social* influye negativamente en la educación escolarizada de sus hijos, lo cual añade una desventaja más a sus posibilidades reales de educación. Desarrollar una determinada habilidad durante la niñez puede determinar en gran parte la organización funcional de un cerebro adulto, por lo menos así lo demuestran numerosos estudios realizados con personas ilustradas y personas analfabetas (Briceño, 2000). De acuerdo con los datos obtenidos de las viviendas encuestadas, el municipio de Riofrío se caracteriza, entre otras cosas, por presentar unos niveles de educación Básica primaria y secundaria en igualdad de distribución, tal como se puede apreciar en la Figura 3.9.

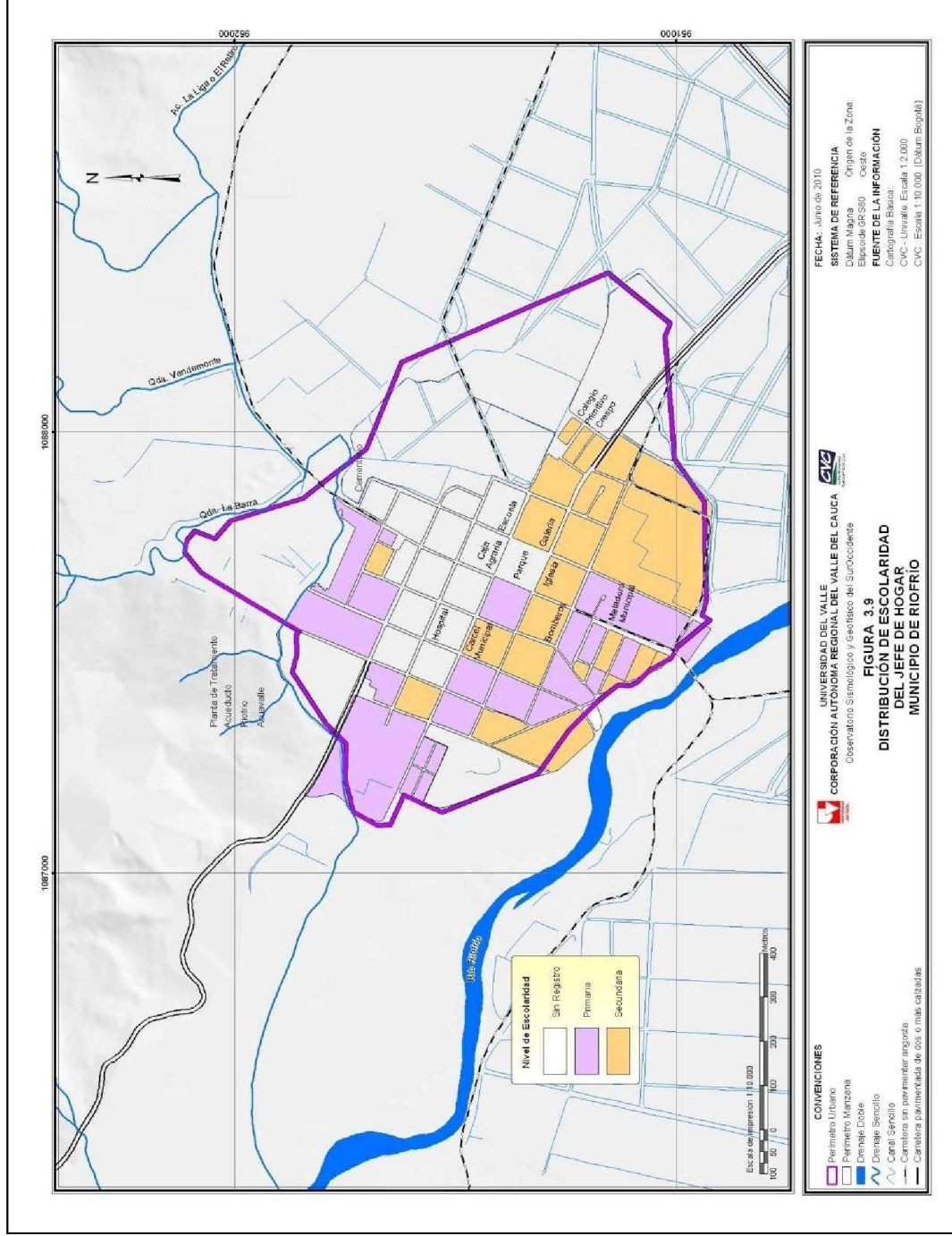


Figura 3.9 Distribución espacial de la escolaridad del jefe del hogar.

### *E) Dependencia Infantil-senil*

Este indicador establece una proporción entre la población económica no activa con respecto al total de la población activa. El índice final indica qué cantidad de personas menores de 18 años y mayores de 60 años están a cargo de una persona de 18 a 60 años referido a cada 100 adultos. Este indicador refleja la “carga” sobre la disponibilidad de adultos de una determinada población y su relevancia en el diagnóstico de la fragilidad social tiene que ver con que se trata de un dato síntesis o de relación entre los tres grupos de edad. En este caso una mayor dependencia potencial (niños más ancianos) será señal de una mayor vulnerabilidad. En términos operativos, desde el punto de vista de la gestión del riesgo en sus diferentes etapas (prevención, respuesta, recuperación, reparación, etc.), estimar cuántas personas están a cargo de otras en la toma de decisiones, resulta ser un dato de gran utilidad al momento de plantear programas de emergencia.

La discriminación por dependencia infantil para el municipio de Riofrío (ver Figura 3.10) se realizó de acuerdo con los datos obtenidos en tres clasificaciones, a saber: valores de dependencia infantil menores ó iguales a 25, valores mayores de 25 y menores o iguales a 75 y valores mayores de 75. Dicha discriminación en tres grupos etáreos (niños, adultos, adultos mayores) supone un rasgo de heterogeneidad poblacional respecto de las debilidades y capacidades potenciales de cada uno de ellos para afrontar las situaciones peligrosas. Se supone que un adulto combina dos aspectos necesarios para afrontar tales situaciones: la energía física y la experiencia que le otorga una mayor capacidad para tomar decisiones; el estrato poblacional transitorio de niños y ancianos supone de antemano la falta de éstas aptitudes. Estos datos son válidos para el diseño de campañas educativas y de comunicación, pero las estrategias varían si se trata de niños, adultos o ancianos



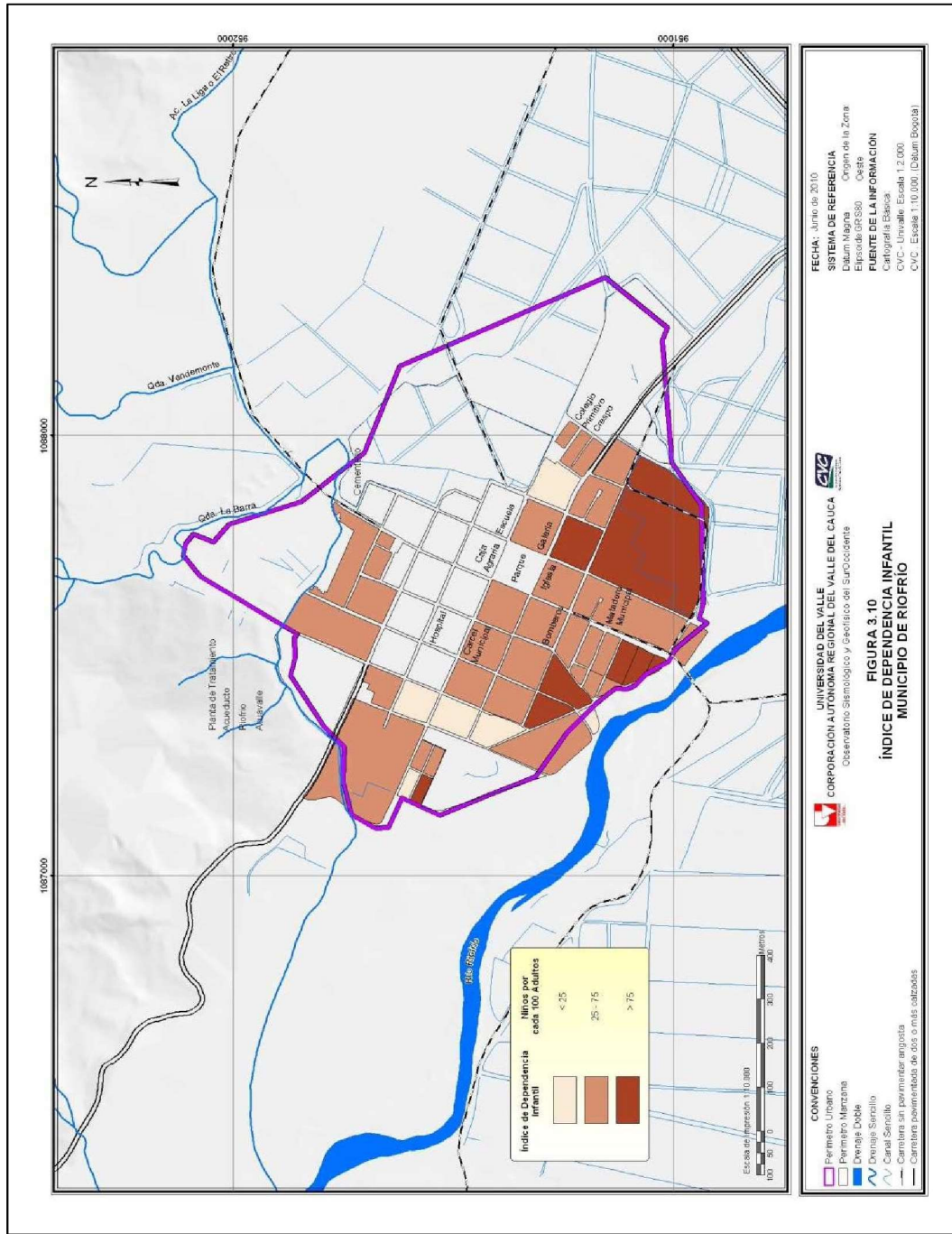
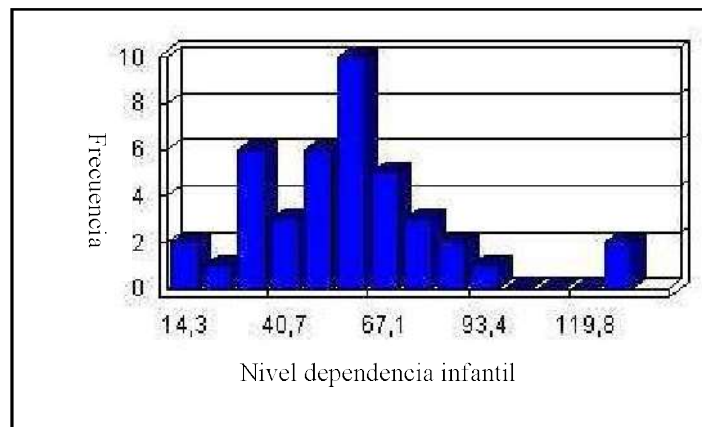


Figura 3.10 Distribución espacial del indicador de dependencia infantil.

La Figura 3.11 refleja la distribución de los datos de dependencia infantil-senil obtenidos por manzana, cuyo comportamiento representa una distribución normal, donde la mayor frecuencia de datos se encuentra en el rango entre 40 y 93 niños y ancianos por cada 100 adultos, lo cual sugiere niveles de fragilidad relativamente moderados.



*Figura 3.11* Distribución de frecuencia de dependencia infantil.

### 3.3.2 Elementos Estructurales

#### *A) densidad de viviendas*

Este indicador se generó a partir de los datos obtenidos en la etapa de recolección y levantamiento de información predial, necesaria para determinar los niveles de exposición estructural. La Figura 3.12 representa la distribución espacial de la densidad relativa de viviendas por hectárea a nivel de manzana dentro del área urbana del municipio de Riofrío.

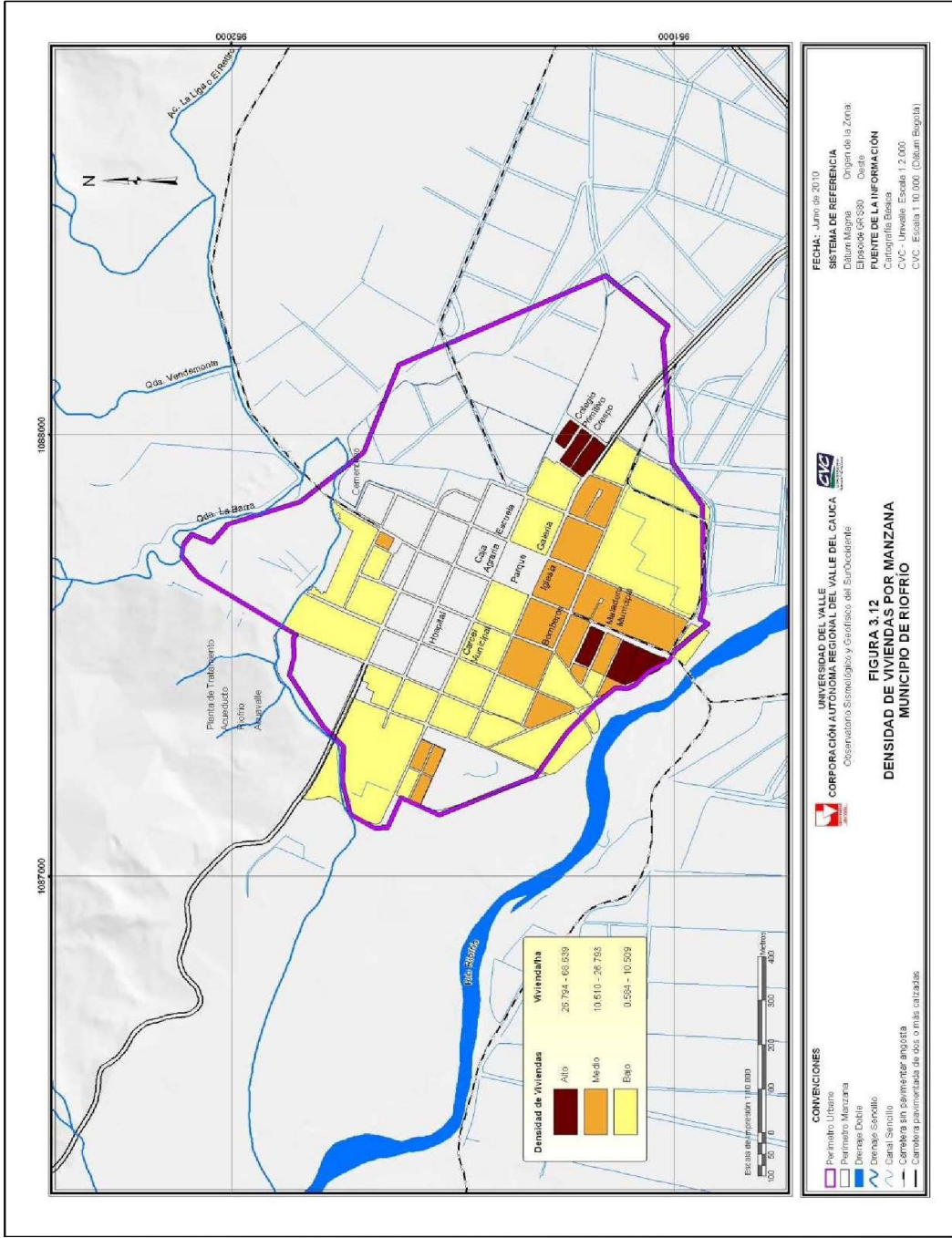
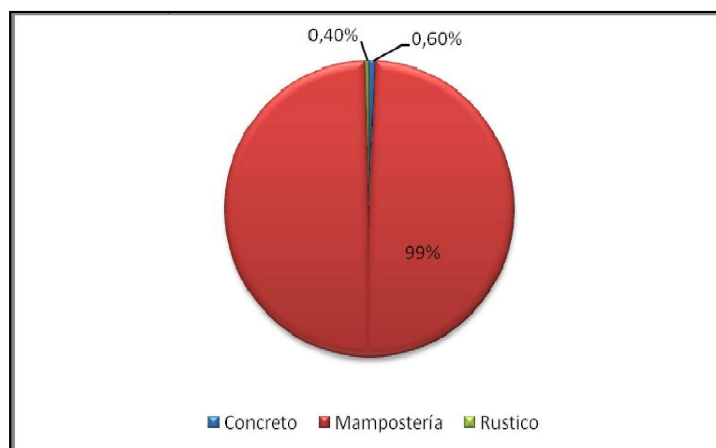


Figura 3.12 Densidad de viviendas.

### B) Tipología estructural

Los diferentes fenómenos naturales, tanto de origen hidrológico como de origen geomorfológico, ocasionan daños masivos en las viviendas; particularmente, las viviendas del municipio de Riofrío pueden sufrir daños graves al producirse alguno de estos eventos, los cuales dependen en buena medida del tipo de material empleado para la edificación de las mismas.

La Figura 3.13, refleja la distribución porcentual de los materiales utilizados para la edificación de la vivienda, en ella se puede apreciar la preferencia de materiales tradicionales y de colocación manual, es decir mampostería, con respecto a otro tipo de estructuras.



*Figura 3.13 Distribución porcentual del tipo estructural de las viviendas.*

El tipo de material de las viviendas determina en gran medida el daño esperado en las mismas; así pues, una vivienda cuyas paredes han sido levantadas con materiales rudimentarios son mucho más frágiles con respecto a una vivienda donde predominan materiales mucho más firmes y resistentes como el cemento o concreto.

Los datos obtenidos en campo reflejan una predominio de viviendas construidas en mampostería, principalmente adobe y bahareque, con algunas excepciones donde el sistema estructural es aporticado, es decir, elementos en concreto reforzado y muros en mampostería. (Ver Figura 3.14)

La Foto 3.1 ilustra los principales materiales empleados en la construcción de las viviendas del municipio.



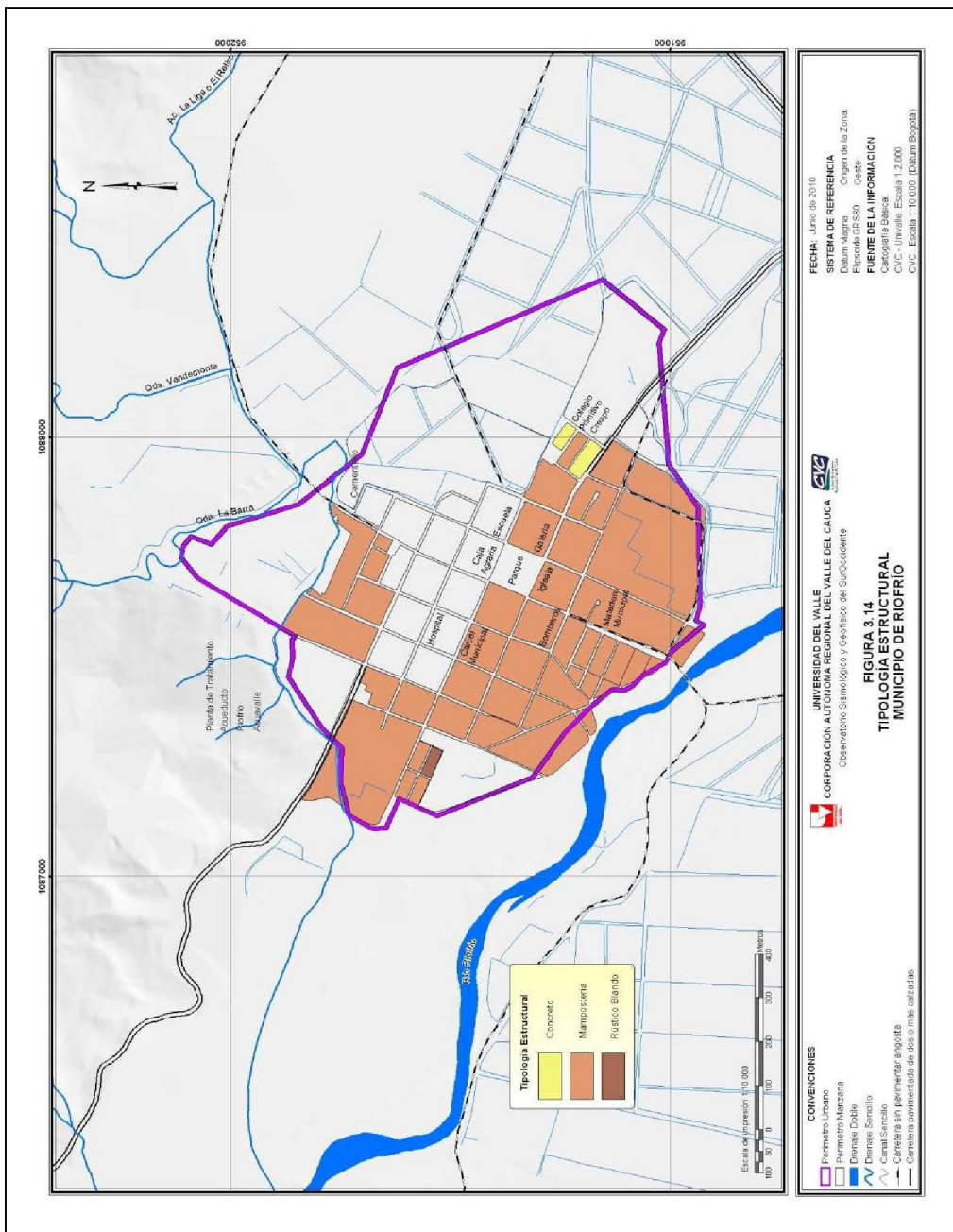


Figura 3.14 Distribución espacial del tipo de construcciones.



**Foto 3.1** viviendas de tipo mampostería, en ellas predominan materiales mampuestos tipo ladrillo.

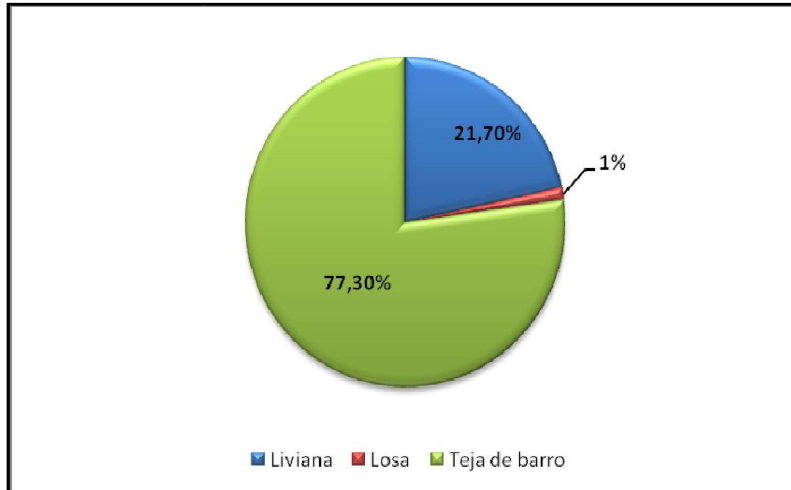
### *C) Tipología de las cubiertas*

Dentro de la vulnerabilidad estructural, éste parámetro señala la importancia que tiene el tipo de material con el cual están contruidos los techos de las viviendas, puesto que en determinadas circunstancias la cubierta deberá soportar cualquier efecto provocado por el impacto de una avenida torrencial. Materiales blandos o livianos empleados para la cubierta significa niveles de fragilidad superlativos, mientras que viviendas cuyas cubiertas están hechas de materiales más resistentes como tejas de barro que han sido amarradas sobre el artesonado<sup>2</sup> para garantizar mayor firmeza ó losas de cemento indican niveles relativamente bajos de fragilidad.

De acuerdo con la figura 3.15 cerca del 77,3% de las cubiertas corresponden a tejas de barro, mientras que el 21,7% de ellas están hechas de materiales livianos, especialmente láminas de zinc, por último, el 1% corresponden a losas de concreto.

---

<sup>2</sup> Estructura hecha de maderas o vigas situadas sobre las paredes o muros de una vivienda cuyos espacios son cubiertos por tejas de barro, láminas, zinc, etc.



*Figura 3.15 Distribución porcentual del tipo de cubierta de las viviendas.*

La foto 3.2 ilustra los materiales empleados en las cubiertas de las viviendas; la moda es la teja de barro la cual se caracteriza por presentar una buena resistencia mecánica.



**Foto 3.2** Tejas de barro empleadas en las cubiertas de las viviendas.

Tal como puede apreciarse en la distribución espacial de las cubiertas en el casco urbano del municipio de Riofrío (ver Figura 3.16), las tejas de barro puestas sobre el artesanado predominan con respecto a las tipologías de cubierta liviana y losas de cemento.

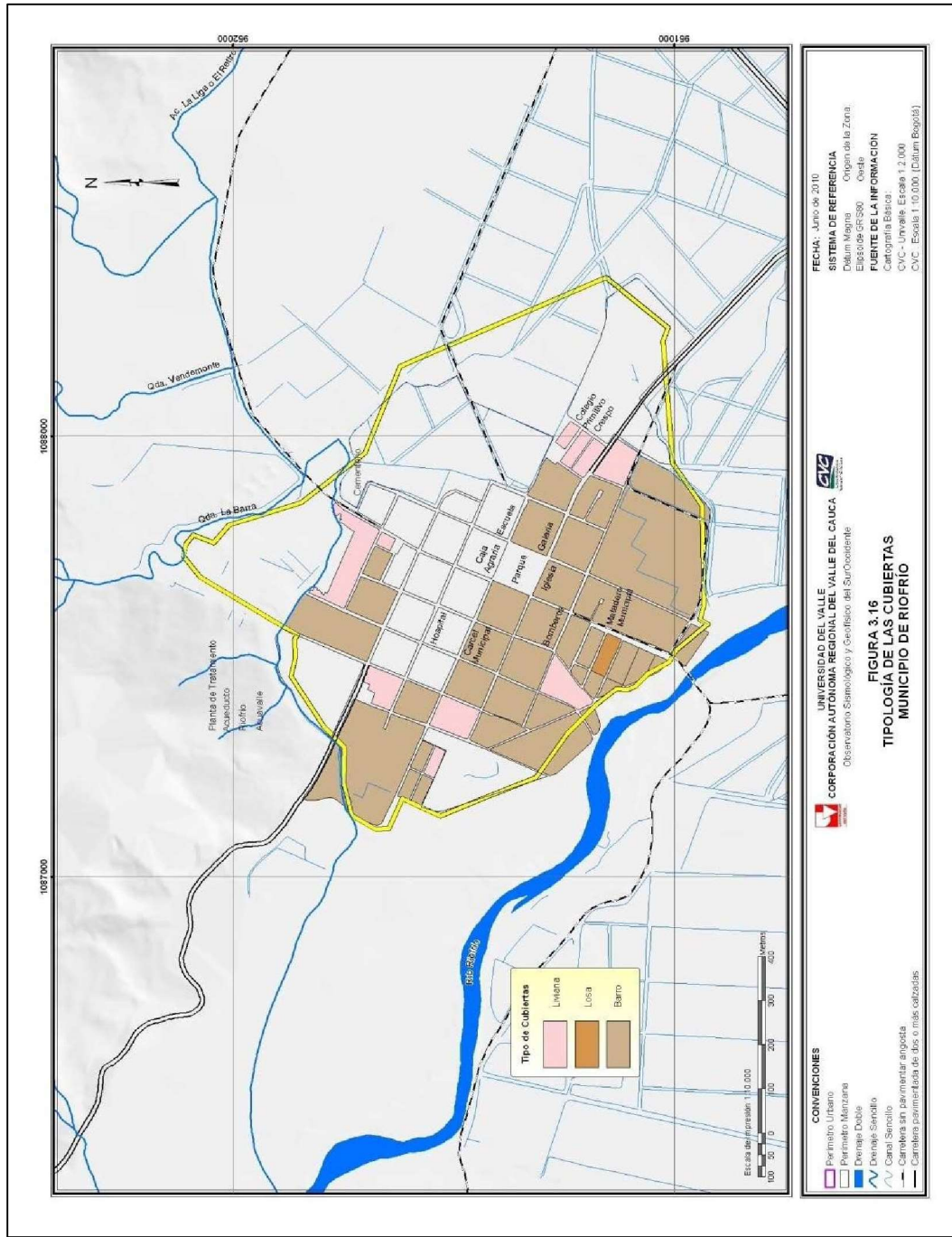
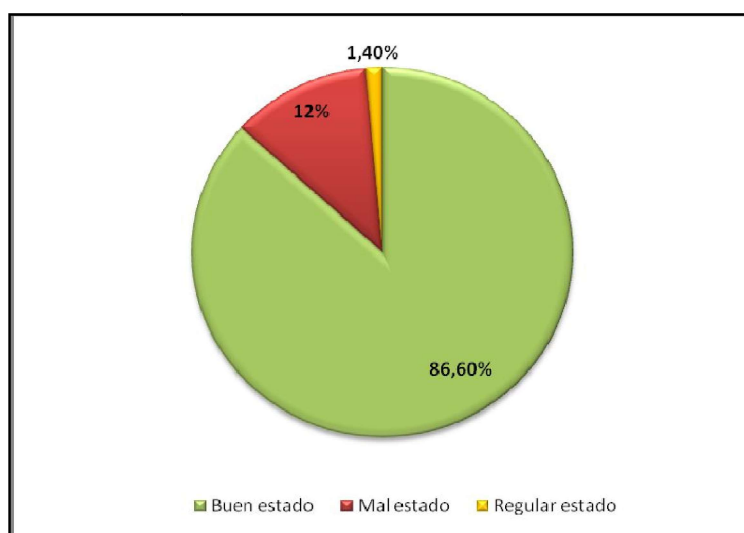


Figura 3.16 Distribución geográfica del tipo de cubierta.



#### *D) Estado de Conservación de las viviendas*

El estado estructural en el que se encuentran las viviendas resulta ser un indicador relevante para determinar el grado de fragilidad intrínseco de las mismas, ya que aquellas viviendas que se encuentren o presenten un estado avanzado de deterioro en sus elementos principales como paredes o muros serán las que perciban mayores daños como consecuencia de la acción de un fenómeno de origen hidrológico. De acuerdo con los datos obtenidos, el 86,6% de las viviendas se encuentran en buen estado, el 1,4% presentan regular estado mientras que 12% de las viviendas presentan un mal estado (ver figura 3.17);



*Figura 3.17 Distribución porcentual del estado estructural de las viviendas.*

La distribución del estado estructural de las viviendas nivel de manzana se refleja en la Figura 3.18.

Las Fotos 3.3 y 3.4 ilustran los diferentes estados estructurales en que se encuentran algunas de las viviendas observadas en el municipio.





**Foto 3.3** Viviendas en buen estado estructural. Los elementos portantes (vigas, columnas y muros estructurales) no presentan fisuras ni grietas; tampoco se encuentra deteriorada por efectos de intemperización.



**Foto 3.4** Viviendas en mal estado estructural. Avanzado deterioro de los elementos portantes, presentándose desniveles en toda la estructura. Agrietamiento de las paredes por acción de la intemperie.

### *E) Número de pisos de las viviendas*

El número de pisos es un indicador muy importante, teniendo en cuenta que uno de los tipos de fenómeno involucrado son las inundaciones. Para efectos de este fenómeno, una casa de más de un piso puede representar la diferencia en el grado de daños sobre las personas puesto que en cierta forma el segundo piso representa un lugar de refugio o protección en caso de que el agua entre en la vivienda. Es decir, una vivienda de dos niveles será menos vulnerable que una de un solo nivel, puesto que en caso de una inundación, se puede utilizar el nivel superior de la vivienda para resguardarse del agua. En el municipio de Riofrío prevalecen las viviendas y construcciones de un piso, tal como se observa en la Foto 3.5.



**Foto 3.5** Predominio de las viviendas de un solo nivel. Sector del barrio La Paz.

La Figura 3.19 representa espacialmente la distribución de la categoría número de pisos, donde predominan casi en un 100% las viviendas de un solo nivel





### *E) Medidas de mitigación*

Las medidas de mitigación son un parámetro importante dentro la evaluación la fragilidad estructural en la medida en que determina cuáles viviendas sufrirán más daños dependiendo de si han incorporado o no medidas en la construcción de las mismas.

El grado de adaptación al medio y sus condiciones, por parte de una comunidad determina en buena medida la capacidad de la misma para resistir cualquier alteración en dichas condiciones y que pueden afectarla directamente. Bajo la necesidad de sobrevivir a ciertas condiciones, las personas desarrollan algunas medidas de autoprotección que van desde construcciones artesanales y rudimentarias hasta obras de ingeniería complejas. Este indicador trata de identificar todo tipo de construcción física que ha sido integrada a la vivienda con el fin último de contrarrestar los impactos provocados por diferentes fenómenos de origen hidrológico.

Las principales medidas de mitigación encontradas en el municipio están asociadas a altillos ó andenes en altura y barreras sobre las puertas de las casas que impiden la entrada del agua, tal como se muestra en la Foto 3.6. Es así como en el municipio de Riofrío se encontraron algunas viviendas que han sido adaptadas para reducir el efecto provocado por una inundación, sin embargo, la mayoría de las viviendas observadas carecen de alguna medida de mitigación, lo cual refleja la poca conciencia que se tiene del riesgo de sufrir daños.

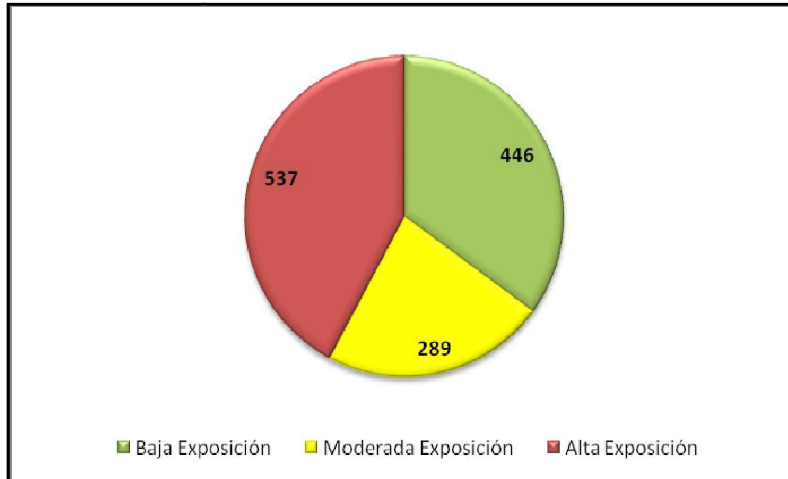


**Foto 3.6** Viviendas asentadas sobre un andén de 45 cm altura sobre la calle el cual reduce la probabilidad de que el agua penetre en las viviendas.

### 3.4. EVALUACIÓN DEL GRADO DE EXPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y CORPORALES

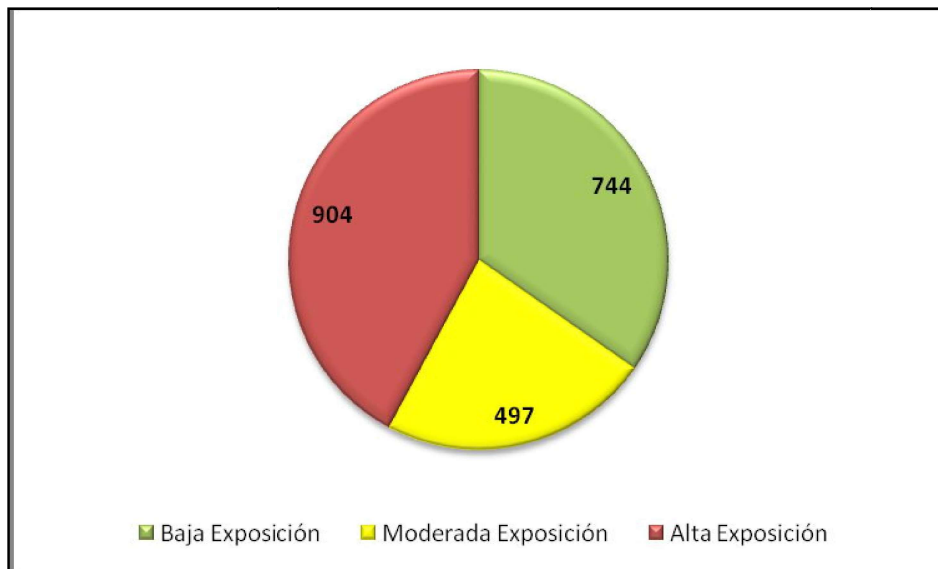
En términos generales, la exposición o concentración hace referencia a los elementos, tanto estructurales como no estructurales de una determinada área geográfica, que son potencialmente afectables ante la ocurrencia de un evento amenazante. Algunos autores introducen un concepto independiente, el concepto de *exposición*, para designar el conjunto de elementos (personas y bienes) que se encuentran en el área de influencia de una determinada amenaza (Ayala-Caicedo, 2000 en Fernández 2006). La exposición es entendida en este proyecto como una relación entre la peligrosidad y la densidad de los elementos en contacto directo con la misma, es decir aquellas viviendas y personas asentadas sobre áreas con un cierto nivel de amenaza. Uno de los principales insumo para determinar el grado de exposición de una zona, es la zonificación de la amenaza (en su escenario más crítico); a partir de un modelo de exposición a la amenaza para los diferentes elementos involucrados, es posible determinar cuántos y en qué medida tales elementos se encuentran expuestos. Desde el punto de vista de la planificación y gestión del riesgo, es necesario contar con el aporte de la exposición de los elementos para determinar quienes, qué, cuántos y dónde están distribuidos dichos elementos y bajo qué condición de amenaza se encuentran, a fin de tomar decisiones y medidas concretas de mitigación. Así pues, se logró obtener un mapa de exposición de cada elemento para el municipio de Riofrío en donde se representa cuáles son las áreas geográficas más expuestas del casco urbano ante los diferentes tipos de fenómenos amenazantes que se presentan. Esto se logró a partir de una intersección espacial entre el escenario más crítico, tanto para inundaciones como para avenidas torrenciales, y la densidad tanto de viviendas como de habitantes clasificadas mediante el método *Natural Breaks* (ampliamente explicado en el anexo 4), pudiendo obtener tres clases distintas, a saber: densidad alta, media y baja.

*A) Exposición corporal ante inundaciones:* La Figura 3.20 refleja el número de personas que se encuentran expuestas ante la posibilidad de que se presente una inundación durante el día entre las 6 A.M y las 6 P.M, tanto para un periodo de retorno de 10 como para uno de 30 y de 100 años.



*Figura 3.20* Número de personas expuestas a inundaciones en jornada diurna.

Por su parte, la Figura 3.21 reflejó el número de personas que se encuentran expuestas ante la posibilidad de una inundación en horario nocturno.



*Figura 3.21* Número de personas expuestas a inundaciones en jornada nocturna.

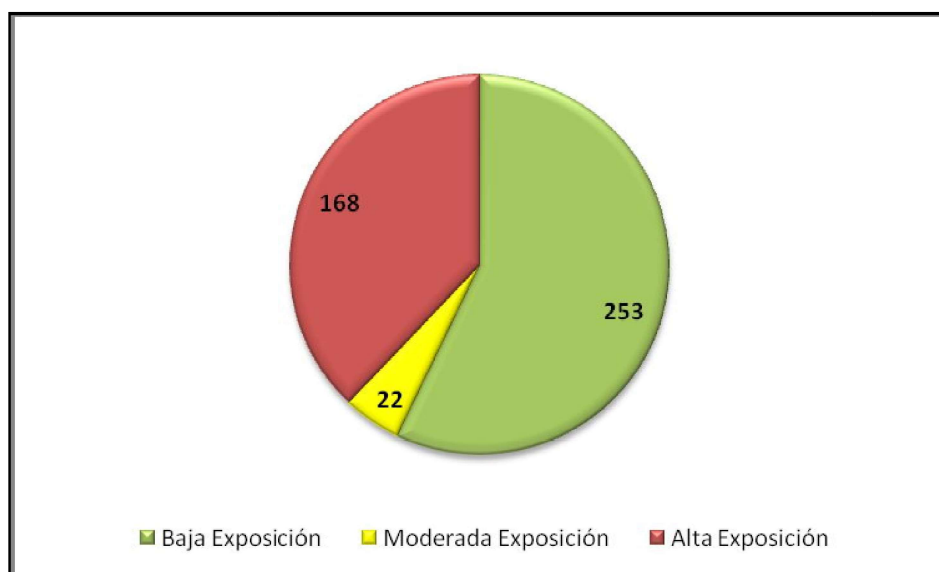
En las anteriores figuras se puede notar claramente un incremento del 40.5% en el número de personas en exposición alta durante la noche; con respecto a niveles moderados, se da un incremento del 42% de la población expuesta; mientras que para los niveles bajos se da un incremento aproximado del 40% de la población expuesta. Como se puede apreciar, el incremento se comporta de manera similar en cada uno de los niveles de exposición corporal, presentándose casi el doble de personas expuestas en la noche con respecto al día. De manera singular, tanto para la noche como para el día, el mayor número de habitantes se



encuentran en un nivel elevado de exposición; los diferentes niveles de exposición corporal ante inundaciones se pueden ver claramente espacializados dentro del área urbana del municipio en la Figura 3.22. En ella se aprecian las zonas que se encuentran bajo exposición alta, media y baja. Geográficamente, las zonas de mayor exposición de personas está asociada a la distancia con respecto a los cuerpos de agua, por lo cual es válido afirmar que entre más cerca se encuentren las personas de las fuentes hídricas, mayor será su nivel de exposición a inundación.



B) *Exposición Estructural ante inundaciones*: La Figura 3.23 refleja el número de viviendas que se encuentran expuestas ante la posibilidad de que se presente una inundación, tanto para un periodo de retorno de 10 como para uno de 30 y de 100 años.



*Figura 3.23* Número de viviendas expuestas a inundaciones.

Cerca del 39% de las viviendas presentan niveles bajos de exposición, el 34.5% presenta niveles moderados, mientras que el 26.5% de las viviendas están en alto nivel de exposición ante inundaciones.

Los diferentes niveles de exposición se pueden ver claramente distribuidos espacialmente sobre el casco urbano del municipio en la Figura 3.24; Los barrios que presentan mayores niveles de exposición corresponden a El Castillo, situado al sur del casco urbano de Riofrío, y El Samán, ubicado al este del casco.

C) *Exposición corporal ante Avenidas Torrenciales*: La figura 3.25 refleja el número de personas que se encuentran expuestas ante la posibilidad de que se presentase una avenida torrencial durante el día entre las 6 A.M y las 6 P.M, tanto para un periodo de retorno de 10 como para uno de 30 y de 100 años.

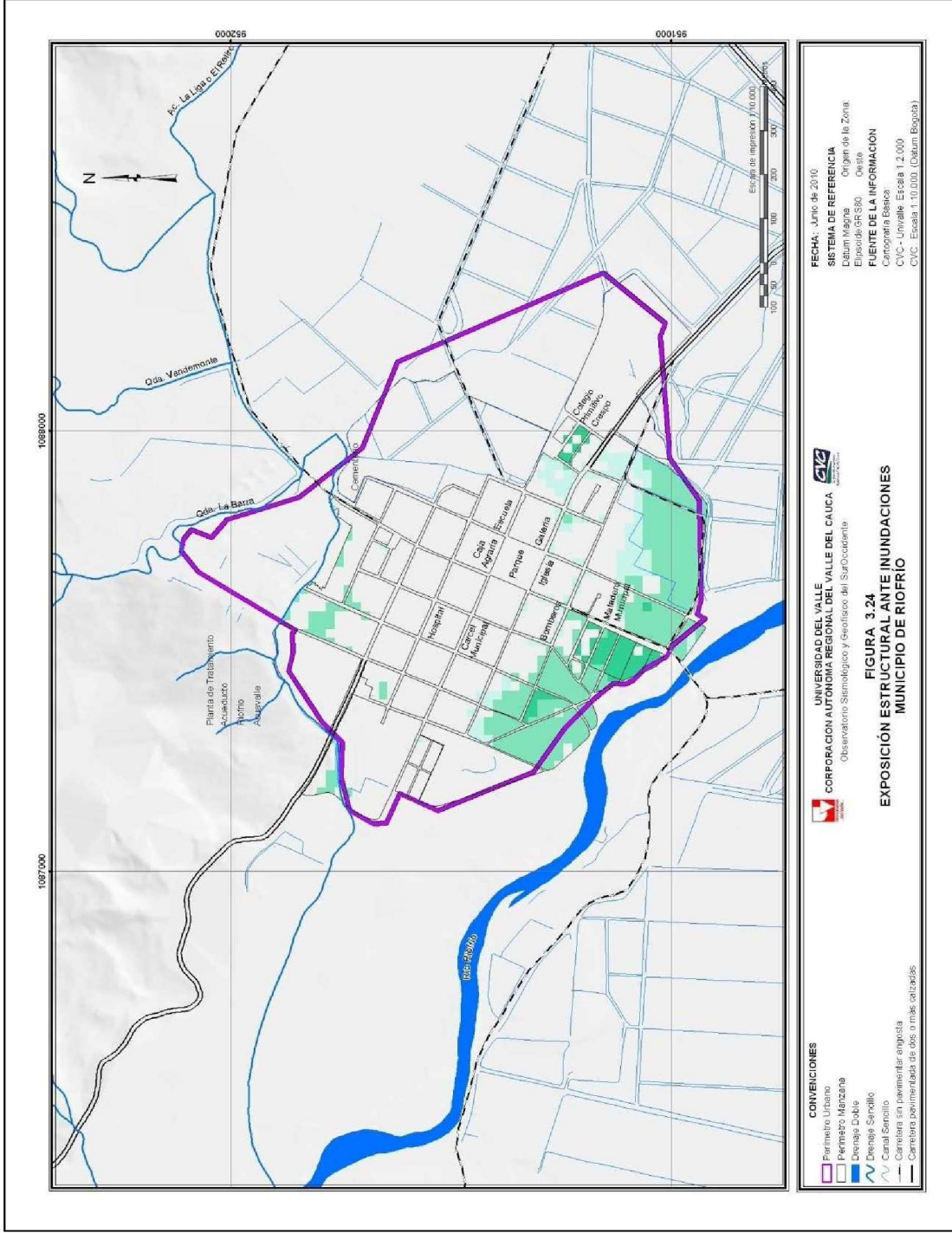
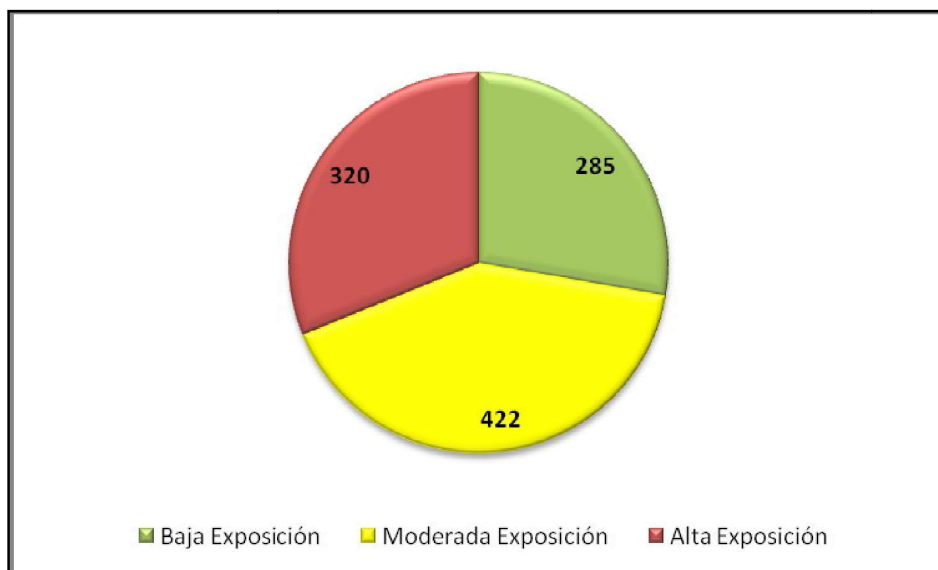
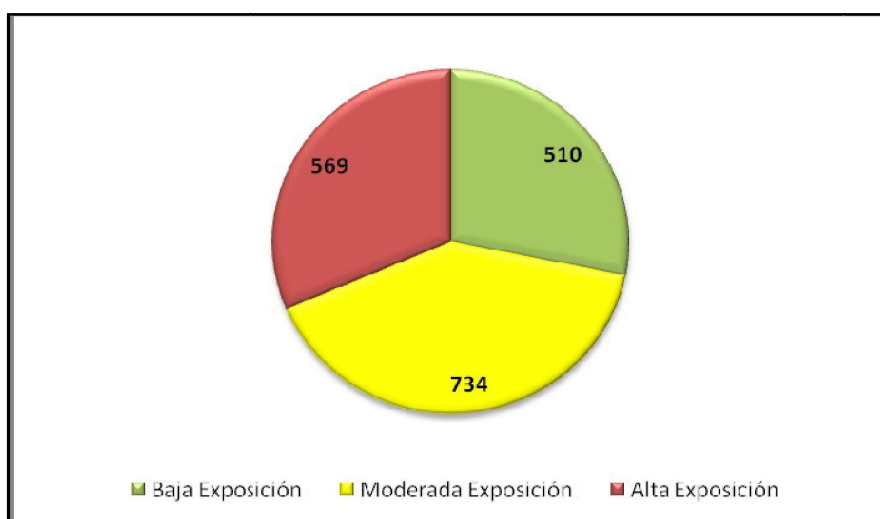


Figura 3.24 Exposición estructural ante inundaciones.



*Figura 3.25* Número de personas expuestas a avenidas torrenciales en jornada diurna.

Por su parte, la Figura 3.26 reflejó el número de personas que se encuentran expuestas ante la posibilidad de una inundación en horario nocturno.



*Figura 3.26* Número de personas expuestas a avenidas torrenciales en jornada nocturna.

En las anteriores figuras se puede notar claramente un incremento del 44.1% en el número de personas en exposición baja durante la noche; con respecto a niveles moderados, se da un incremento del 42.5% de la población expuesta; mientras que para los niveles altos se da un incremento aproximado del 42.8% de la población expuesta. Como se puede apreciar, el incremento se comporta de manera similar en cada uno de los niveles de exposición corporal, presentándose casi el doble de personas expuestas en la noche con respecto al día y con una mayor tasa en las zonas de exposición alta. De manera singular, tanto para la

noche como para el día, el mayor número de habitantes se encuentran en un nivel moderado de exposición; los diferentes niveles de exposición corporal ante avenidas torrenciales se pueden ver claramente espacializados dentro del área urbana del municipio en la Figura 3.27. En ella se aprecian las zonas que se encuentran bajo exposición alta, media y baja. Geográficamente, las zonas de mayor exposición de personas está asociada a la distancia con respecto a los cuerpos de agua, por lo cual es válido afirmar que entre más cerca se encuentren las personas de las fuentes hídricas, mayor será su nivel de exposición a inundación.



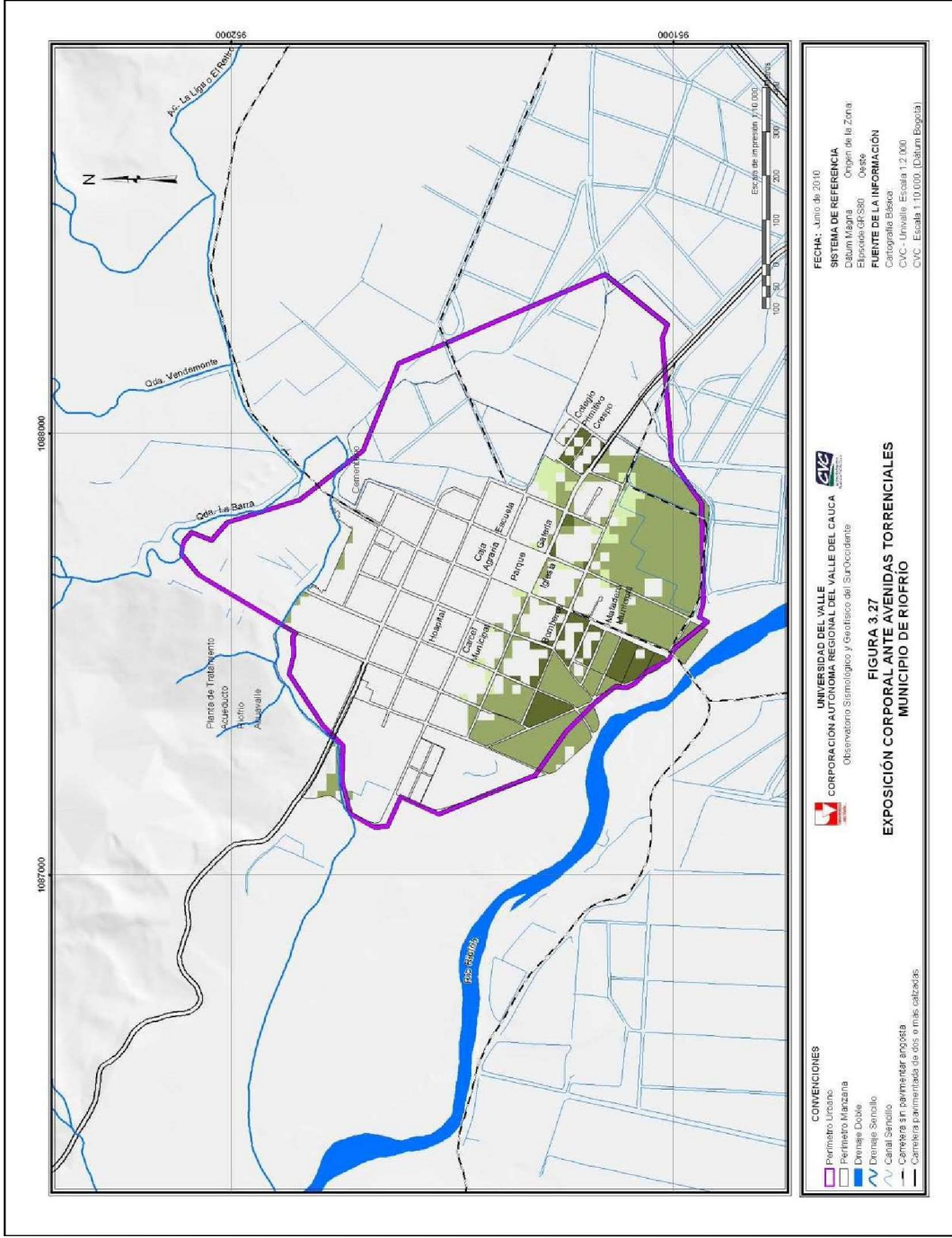


Figura 3.27 Niveles de exposición corporal ante avenidas torrenciales.

D) *Exposición Estructural ante avenidas torrenciales*: La figura 3.28 refleja el número de viviendas que se encuentran expuestas ante la posibilidad de que se presente una avenida torrencial, tanto para un periodo de retorno de 10 como para uno de 30 y de 100 años.



*Figura 3.28* Número de viviendas expuestas a avenidas torrenciales.

Cerca del 27% de las viviendas presentan niveles bajos de exposición, el 32.2% presenta niveles moderados, mientras que el 40% de las viviendas presentan un alto nivel de exposición ante avenidas torrenciales.

Los diferentes niveles de exposición se pueden ver claramente distribuidos espacialmente sobre el casco urbano del municipio en la figura 3.29; Los barrios que presentan mayores niveles de exposición corresponden a El Castillo, situado al sur del casco urbano de Riofrío, El Samán, ubicado al este del casco, algunos sectores del barrio El Centro





De acuerdo con los mapas anteriores en las cuales se presentan las zonas cuyos elementos se encuentran expuestos en diferentes medidas ante inundaciones y avenidas torrenciales, existen áreas en la cabecera municipal que están expuestas no solo a uno sino a los dos fenómenos naturales de origen hidrológico; por tal motivo le dan un valor agregado al nivel de exposición que presentan. Estas áreas se caracterizan por presentar valores de densidad de habitantes y de viviendas elevados además de presentar condiciones geográficas propicias para la ocurrencia de los fenómenos mencionados anteriormente con un nivel de peligrosidad relativamente alto.

### **3.5 EVALUACIÓN DEL GRADO DE FRAGILIDAD DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS**

Como se ha mencionado anteriormente, la fragilidad es una medida de la capacidad de un elemento para anticipar, responder, sobrevivir y recuperarse de los efectos causados por un fenómeno; para ello es importante determinar cuáles son las características propias que hacen que un elemento sea débil o no. La combinación lineal de los parámetros ponderados y presentados en la metodología permitió identificar claramente el grado de fragilidad o debilidad tanto de las viviendas como de los habitantes del municipio de Riofrío frente a los dos tipos de fenómenos tomados en cuenta (inundaciones y avenidas torrenciales).

En las figuras que se adjuntan en las siguientes páginas se muestran los resultados de la fragilidad estructural y corporal, cuyos criterios fueron desarrollados y justificados en la parte metodológica del presente informe.

La Figura 3.30 muestra el comportamiento espacial de la fragilidad corporal, la cual es una sola independiente del tipo de amenaza en contexto, presentando un patrón de distribución indefinido con un predominio de la fragilidad clase media y alta.

Por su parte la Figura 3.31 muestra los diferentes niveles de fragilidad que presentan las viviendas ante la posibilidad de ocurrencia de una inundación. En ella se puede notar un alto predominio de la fragilidad clase media. Mientras que la Figura 3.32 refleja los diferentes tipos de fragilidad que presentan las viviendas ante la ocurrencia de una avenida torrencial. Dada la naturaleza de este tipo de fenómeno y la capacidad de daño, las viviendas presentan menos resistencia frente al impacto que caracteriza a esta amenaza; claramente puede notarse la aparición de nuevos sectores con fragilidad moderada.

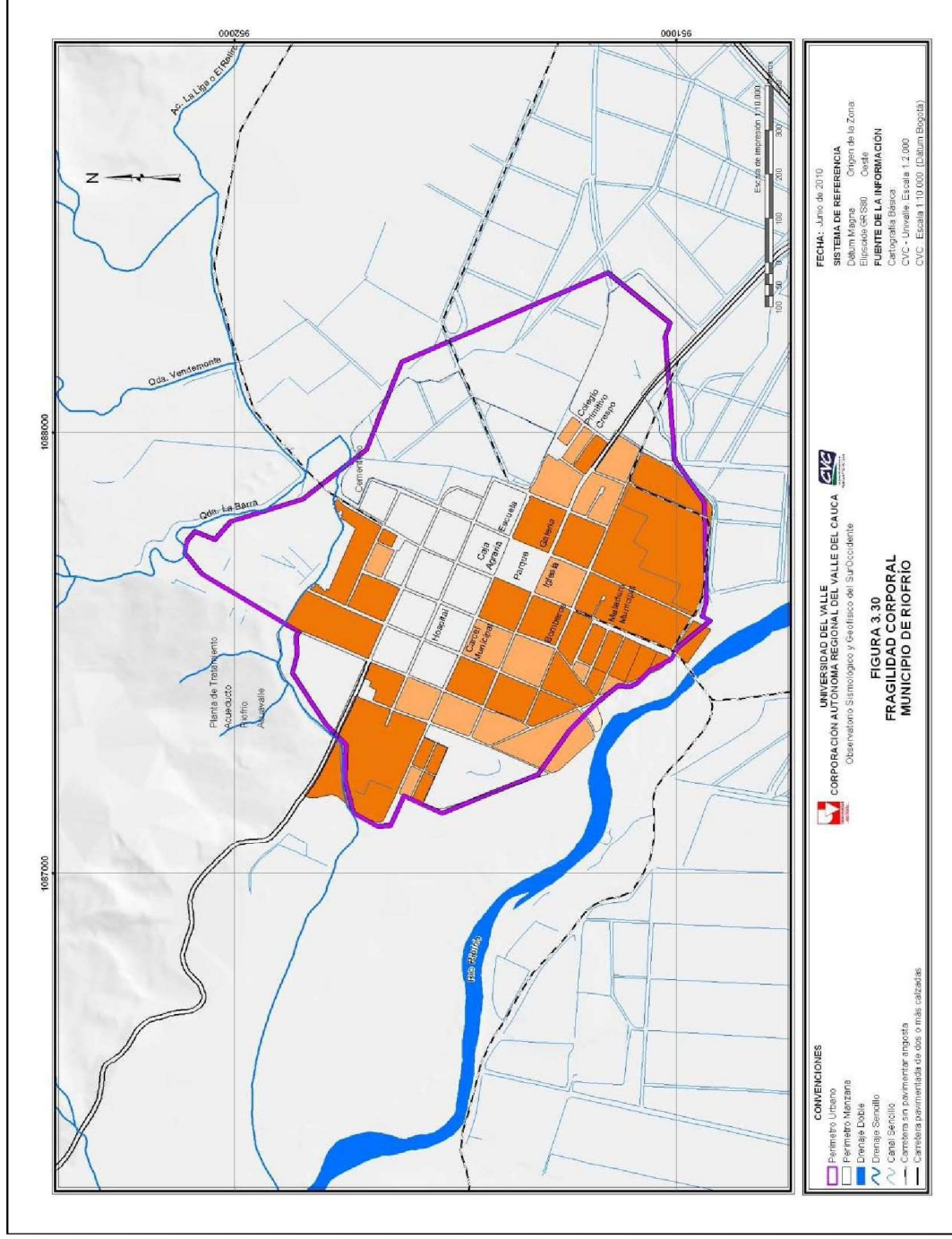


Figura 3.30 Distribución espacial de la fragilidad corporal.

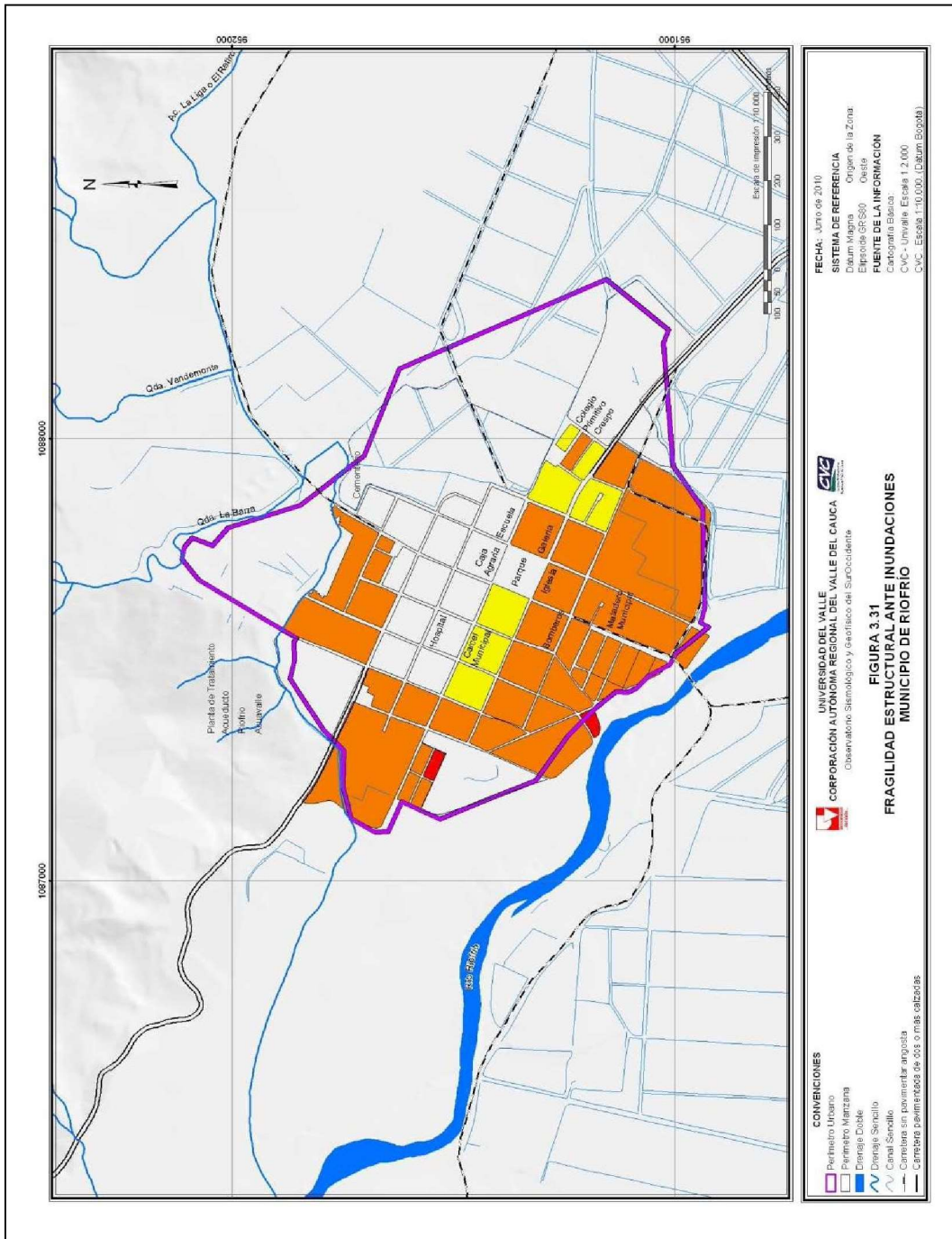
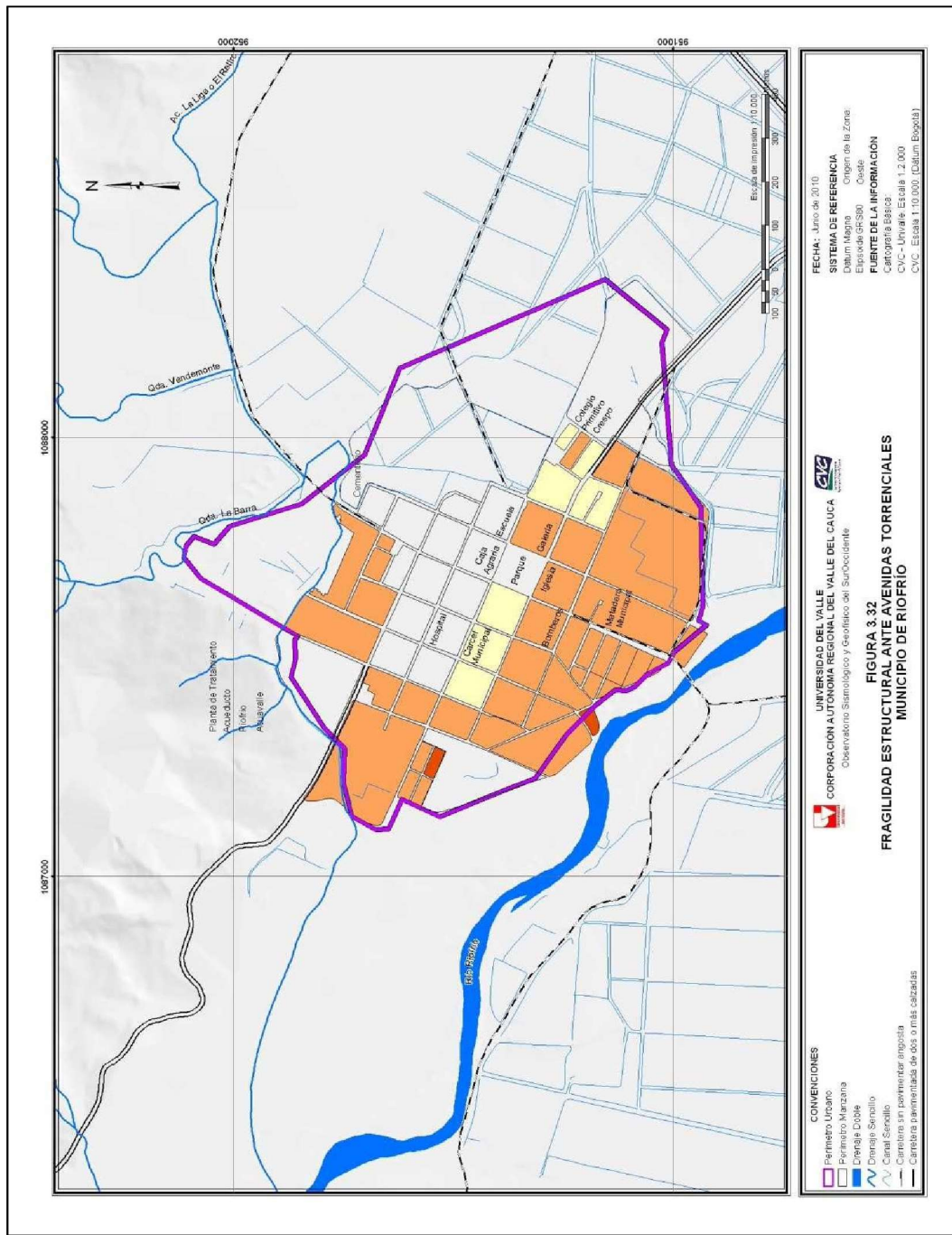


Figura 3.31 Distribución espacial de la fragilidad estructural ante inundaciones.





**Figura 3.32** Distribución espacial de la fragilidad estructural ante avenidas torrenciales.

### **3.6. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESPECÍFICA Y GLOBAL ANTE CADA AMENAZA PRESENTE**

Una vez obtenido los mapas de exposición y fragilidad específicos, es decir, por cada elemento y ante cada amenaza, el paso siguiente es estimar el grado de vulnerabilidad específico y global de acuerdo a los planteamientos metodológicos. A continuación se presentan tres mapas de vulnerabilidad para cada amenaza, es decir, un mapa que representa el nivel de vulnerabilidad estructural, corporal y global tanto para las inundaciones como para las avenidas torrenciales.

Las Figuras 3.33 y 3.34 muestran los diferentes niveles de vulnerabilidad que presenta la cabecera municipal de Riofrio en sus dimensiones corporal y estructural respectivamente, ante inundaciones. En ellas se puede apreciar unos niveles altos de vulnerabilidad corporal; esto significa que las personas que se encuentran bajo estos niveles, carecen de las herramientas necesarias para sobreponerse a la acción negativa de una inundación. Este grupo poblacional se caracteriza por presentar unas condiciones socioeconómicas insuficientes para satisfacer sus necesidades básicas. En cuanto a los niveles de vulnerabilidad estructural, la situación es un poco más estable debido a las condiciones favorables en las que se encuentran la mayoría de las viviendas puesto que los materiales con los cuales han sido levantadas y el estado físico en que se encuentran tienen la capacidad suficiente para resistir los efectos negativos de una inundación.

Por su parte, la Figura 3.35 representa los niveles de vulnerabilidad global ante la eventualidad de una inundación. Este mapa integra la vulnerabilidad corporal y la vulnerabilidad estructural en uno solo dando como resultado un mapa global en el cual se ha otorgado una mayor participación a las viviendas en la medida en que se más importantes dentro de la vulnerabilidad con respecto a las personas, las cuales se consideran moderadamente importantes dentro de la misma. Esta asignación de importancias relativas, en la cual se ha dado mayor peso a las estructuras, se justifica en la medida en que las viviendas pueden hacer las veces de refugio para las personas en caso de inundaciones y el modo de afectación sobre ellas dependerá en buena medida de las condiciones físicas en que se encuentren. Como resultado se aprecia que cerca del 90% de las áreas en estudio presentan niveles de vulnerabilidad media

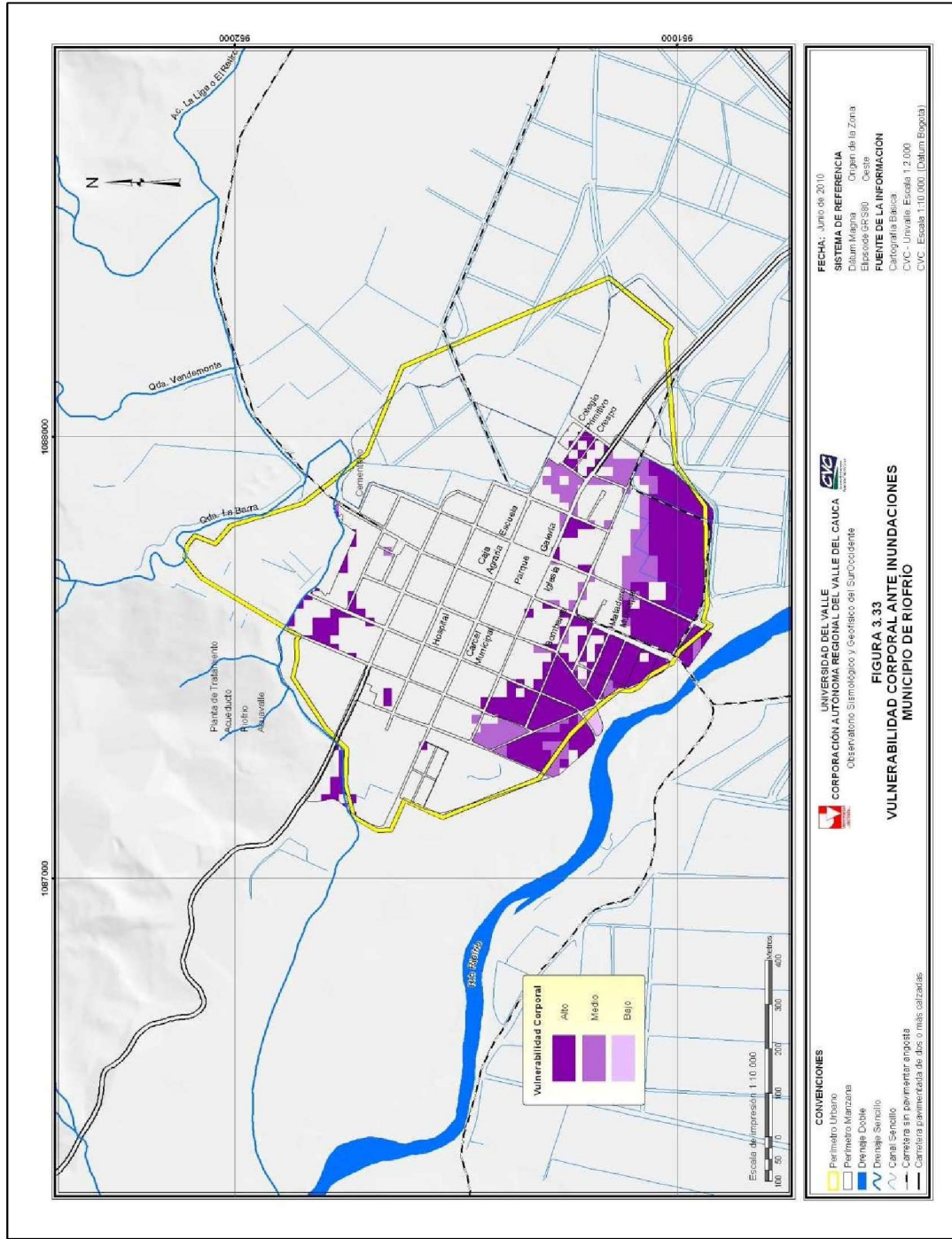


Figura 3.33 Distribución espacial de la vulnerabilidad corporal ante inundaciones.

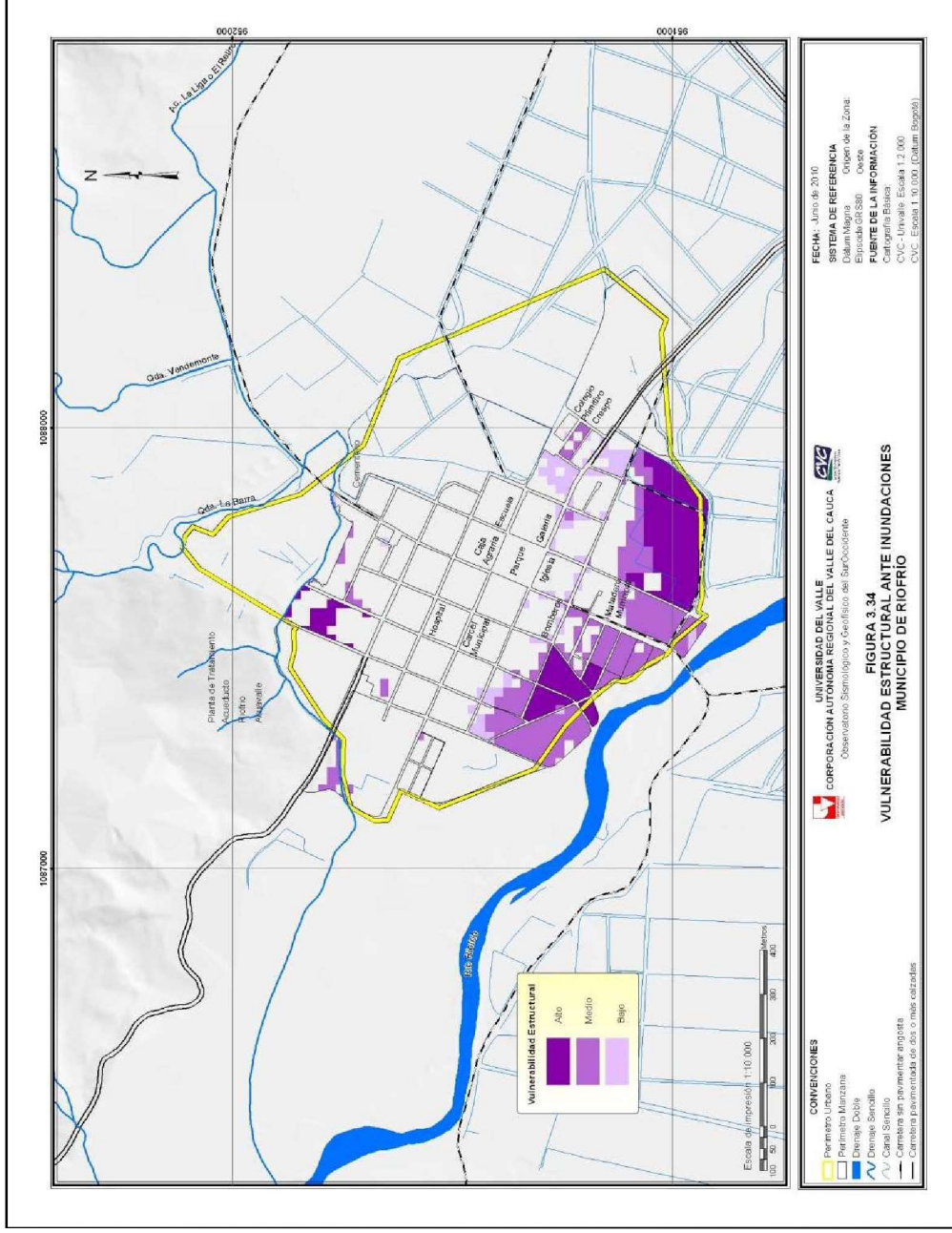


Figura 3.34 Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural ante inundaciones.



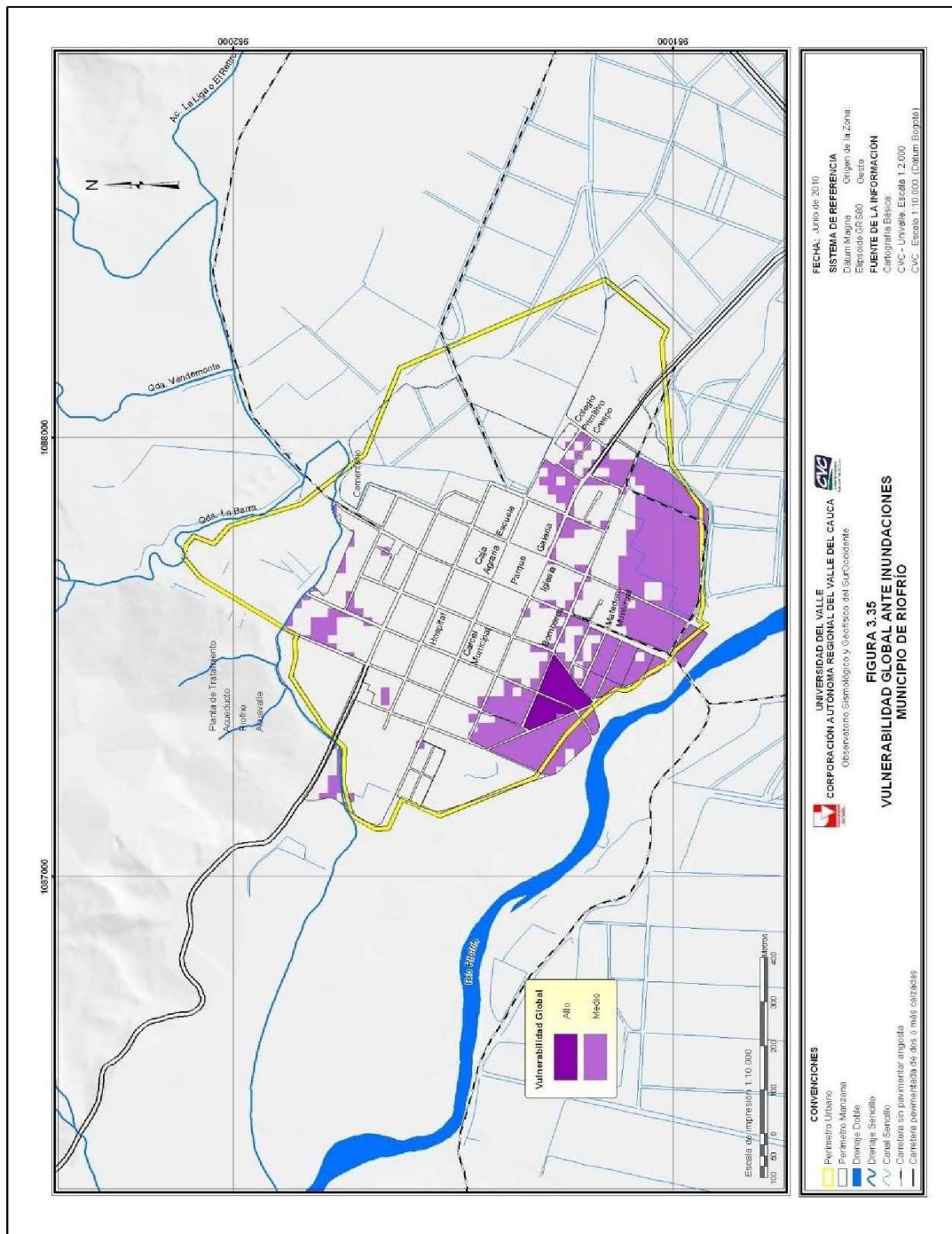


Figura 3.35 Distribución espacial de la vulnerabilidad global ante inundaciones.

Las Figuras 3.36 y 3.37 representan los diferentes niveles de vulnerabilidad, ante avenidas torrenciales, que presenta la cabecera municipal de Riofrío en sus dimensiones corporal y estructural respectivamente. En ellas se puede apreciar un predominio de los niveles moderados y altos de vulnerabilidad corporal; En cuanto a los niveles de vulnerabilidad estructural, la situación es un poco más crítica debido a que las condiciones de la mayoría de las viviendas no garantizan una buena resistencia ante los efectos negativos de una avenida torrencial característica.

Por su parte la Figura 3.38 representa los niveles de vulnerabilidad global ante la eventualidad de una avenida torrencial. Este mapa, al igual que el mapa de vulnerabilidad global ante inundaciones, integra la vulnerabilidad corporal y la vulnerabilidad estructural en uno solo dando como resultado un mapa global en el cual se ha otorgado una mayor participación a las viviendas en la medida en que se consideran más importantes dentro de la vulnerabilidad con respecto a las personas, las cuales se consideran moderadamente más importantes dentro de la misma. Esta asignación de importancias relativas, en la cual se ha dado mayor peso a las estructuras, se justifica en la medida en que las viviendas pueden hacer las veces de refugio para las personas en caso de avenidas torrenciales y el modo de afectación sobre las personas dependerá en buena medida de las condiciones físicas en que se encuentren sus viviendas. Como resultado cerca del 65% de las personas y viviendas dentro del área estudio presentan niveles de vulnerabilidad alta.

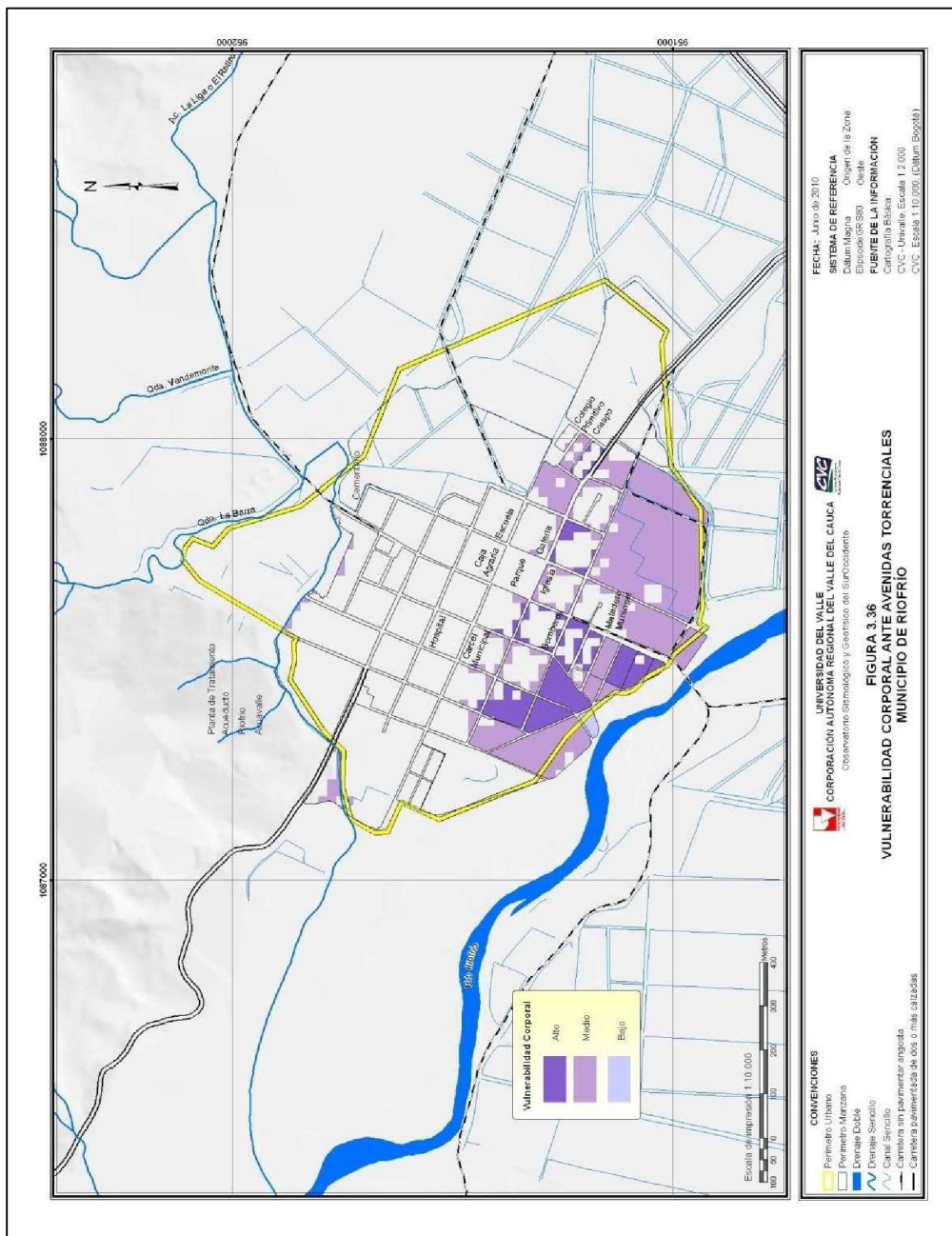


Figura 3.36 Distribución espacial de la vulnerabilidad corporal ante avenidas torrenciales.

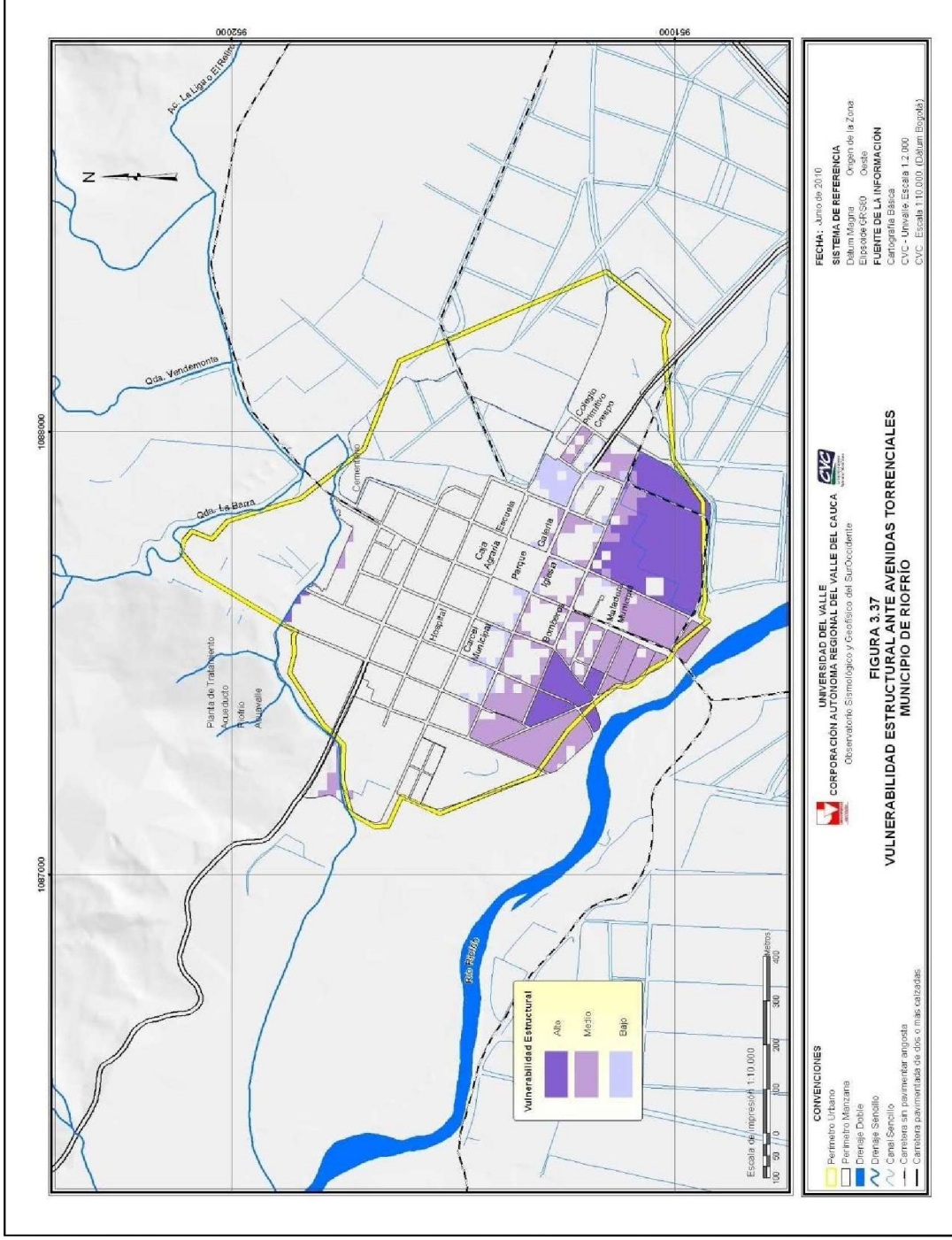


Figura 3.37 Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural ante avenidas torrenciales.



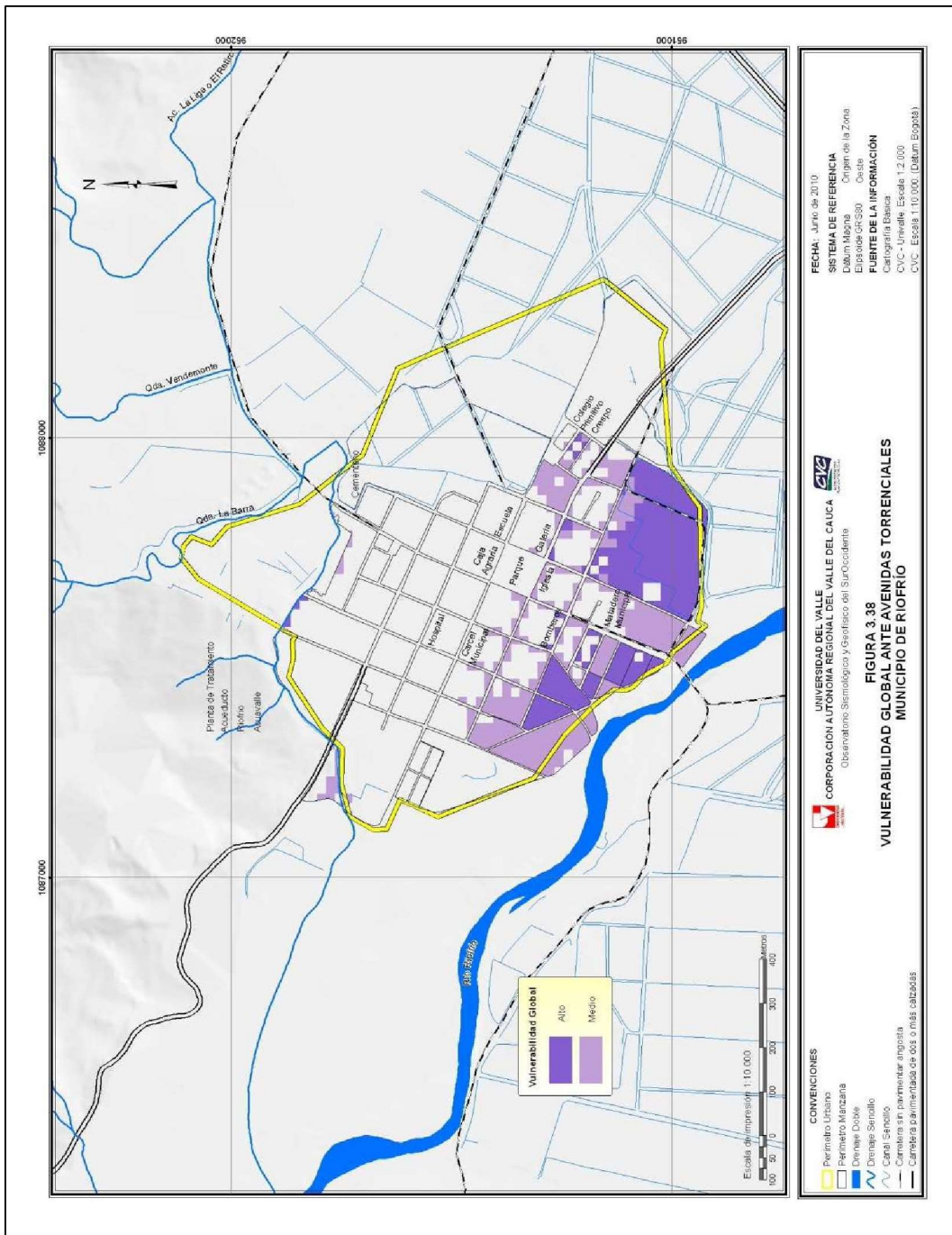
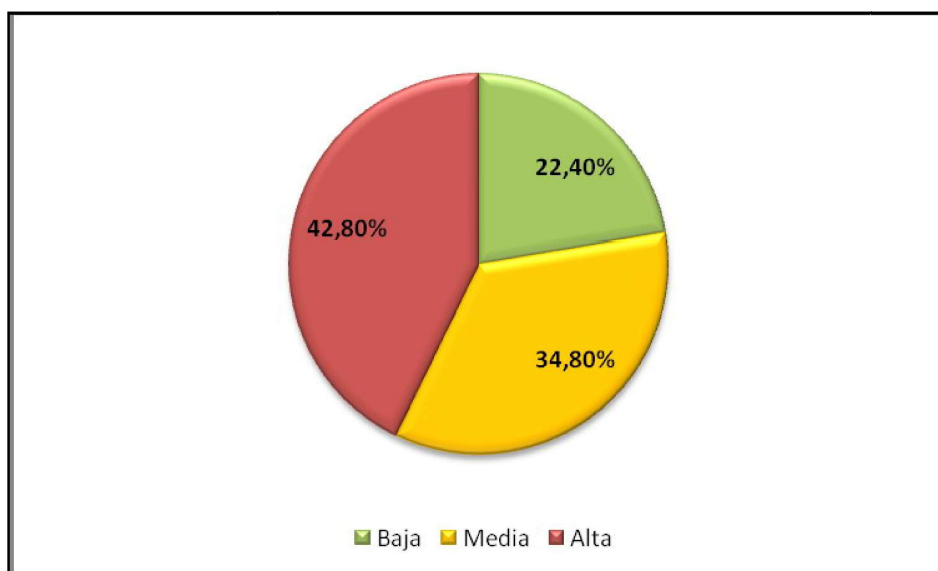


Figura 3.38 Distribución espacial de la vulnerabilidad global ante avenidas torrenciales.

### 3.7 ESTIMACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN POR INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES

La relación entre el peligro de un fenómeno natural y las condiciones vulnerables creadas por una comunidad en su entorno físico y social es lo que determina el grado de afectación ó modo de daño que pueda sufrir la misma. Inicialmente se elaboraron dos mapas de afectación, los cuales reflejan los distintos modos de daño que pueden generarse a partir de la ocurrencia de una inundación y una avenida torrencial ante la presencia de un sector de la comunidad urbana del municipio de Riofrío.

Del área que presenta afectación por inundaciones, aproximadamente el 42,8% se encuentran bajo un nivel de daño alto; seguido de un nivel de daño moderado el cual ocupa el 34,8% del área y, por último encontramos un nivel de daño bajo ocupando el 22,4% del área. La distribución porcentual de los niveles de afectación con respecto al área ocupada se presenta en la Figura 3.39.



*Figura 3.39 Distribución porcentual de la afectación ante inundaciones.*

La Figura 3.40 muestra las áreas geográficas de afectación relativa ante la ocurrencia de una inundación. Las zonas de mayor afectación se encuentran localizadas principalmente al sur de la cabecera municipal, cerca del cauce del río Riofrío y unos pequeños sectores cercanos a las acequia La Liga o El Retiro.

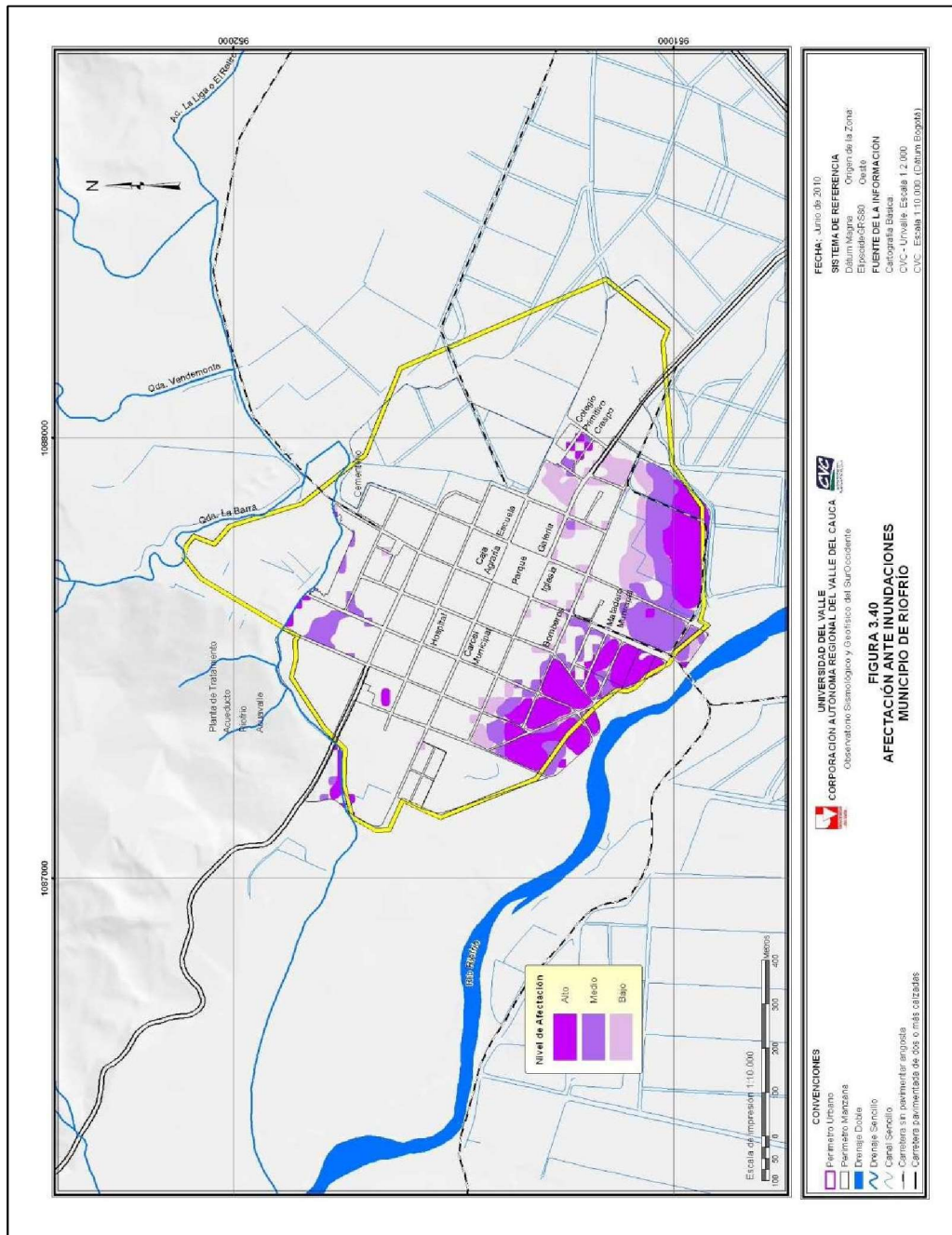
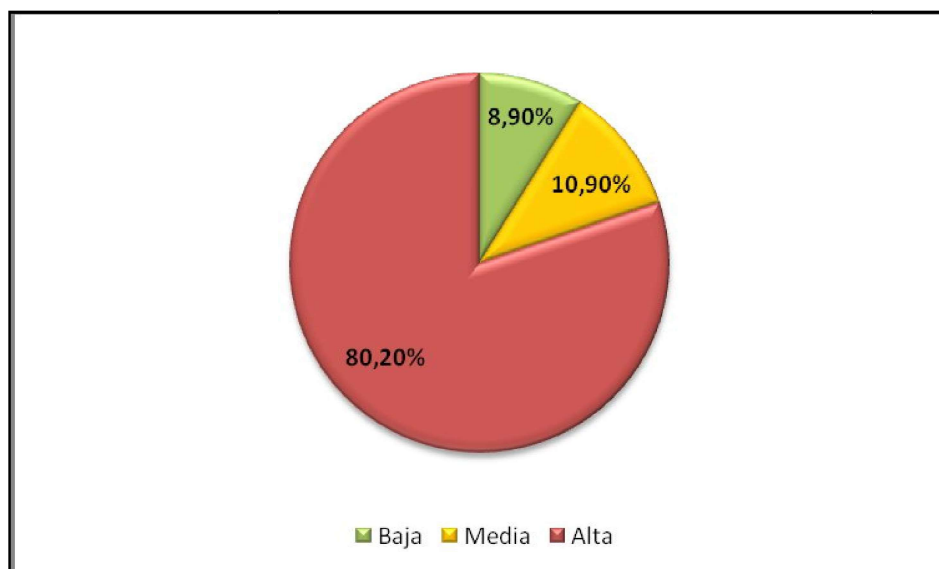


Figura 3.40 Distribución geográfica de los niveles de afectación ante inundaciones.



Con respecto al fenómeno hidrológico de avenidas torrenciales, la Figura 3.41 muestra el porcentaje de área que ocupa cada nivel de afectación dentro de la zona estudiada. Existe un notable predominio de niveles altos de afectación en la zona ocupando cerca del 80,2% de área, mientras que el 10,9% y 8,9% del área está distribuida entre los niveles de afectación media y baja, respectivamente.



*Figura 3.41 Distribución porcentual de la afectación ante avenidas torrenciales.*

La Figura 3.42 muestra las áreas geográficas de afectación relativa ante la ocurrencia de una avenida torrencial. Las zonas de mayor afectación se encuentran localizadas principalmente al sur de la cabecera municipal, cerca del cauce del río Riofrío y unos pequeños sectores cercanos a las acequia La Liga o El Retiro. Este mapa refleja la magnitud y la vasta zona que se vería afectada dada la eventualidad de un fenómeno de tal naturaleza. A diferencia de una inundación, la avenida torrencial generaría mayores daños y se extenderían ampliamente sobre la cabecera del municipio.

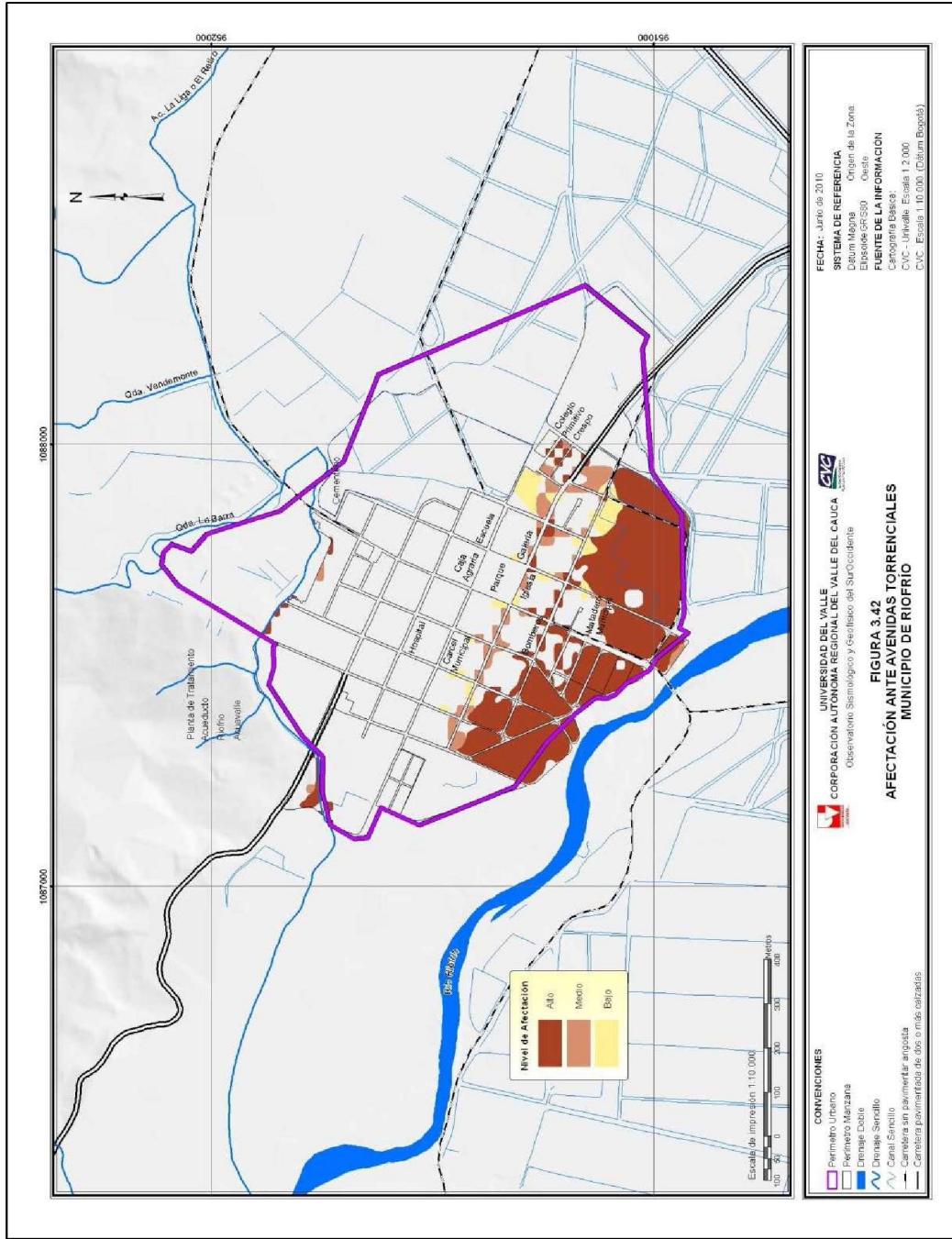


Figura 3.42 Distribución geográfica de los niveles de afectación ante avenidas torrenciales.

Finalmente las zonas cuyos niveles de afectación múltiple son altos se pueden traducir en pérdida de la vida tanto de niños como adultos, personas atrapadas, personas arrastradas por las corrientes, personas desaparecidas y daños estructurales importantes en las viviendas frágiles cuyos materiales predominantes son mampostería, rústico, tejas de barro y livianas.

### **3.8 DETERMINACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE AFECTACIÓN DIURNO Y NOCTURNO**

Como se mencionó en la metodología, debido a la complejidad de los fenómenos naturales y la dinámica espacial que presentan los elementos corporales expuestos en función del espacio-tiempo, existe una variedad de posibilidades de manifestación del daño. En este sentido se adopta la propuesta de complementar el análisis de la vulnerabilidad y riesgo mediante la concepción de escenarios de afectación, lo que nos permite aproximarnos al daño específico en función del número o porcentaje de personas damnificadas y viviendas afectadas. Para generar dicho modelo se efectúa el cruce de información correspondiente al modo de daño con el número de personas en la vivienda por escenario diurno y nocturno.

Las Tablas 3.2 y 3.3 muestran el número esperado de personas que podrían verse afectadas en niveles bajos, moderados y altos por inundaciones y avenidas torrenciales respectivamente. En ellas se puede observar un incremento de la población afectada durante la noche, puesto que se asume que el número total de la población se encuentra en sus viviendas, caso opuesto que se percibe en el escenario diurno donde la población se encuentra por fuera de sus viviendas desarrollando algún tipo de actividad bien sea laboral, académica, etc.

*Tabla 3.2. Escenario de afectación nocturno.*

<b>Nivel de afectación</b>	<b>Número de habitantes en la noche</b>
<b>Alta</b>	685
<b>Media</b>	292
<b>Baja</b>	20
<b><i>Total de habitantes afectados 977</i></b>	

**Tabla 3.3.** Escenario de afectación Diurno.

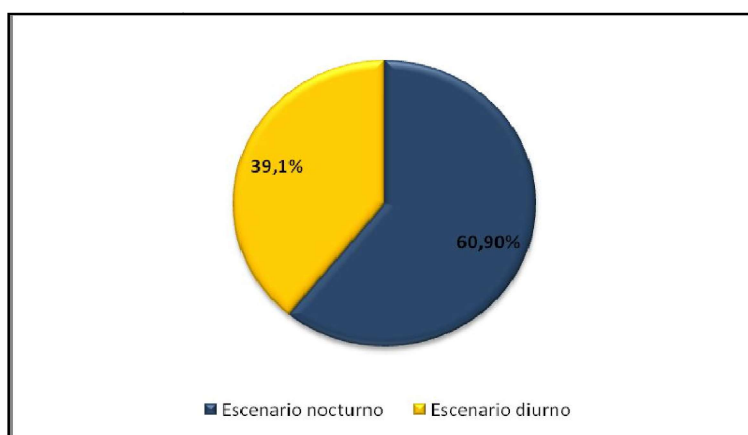
Nivel de afectación	Número de habitantes en el día
Alta	438
Media	134
Baja	12
<b>Total de habitantes afectados 584</b>	

Igualmente se tiene un conteo de las viviendas que se encuentran en cada uno de los distintos niveles de afectación por inundaciones y avenidas torrenciales, tal como se aprecia en la Tabla 3.4.

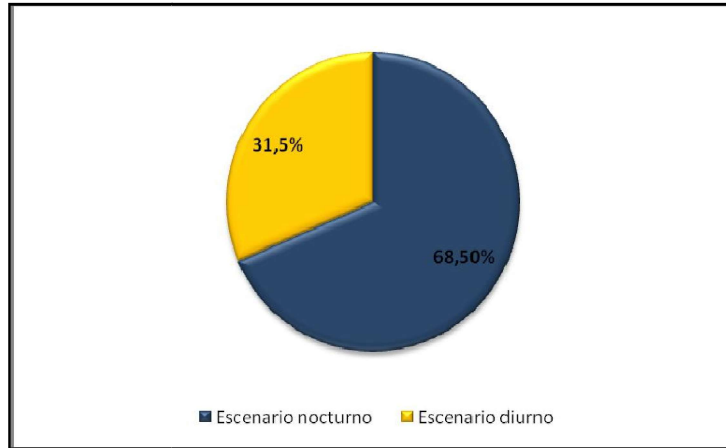
**Tabla 3.4.** Viviendas afectadas.

Nivel de afectación	Número de viviendas
Alta	207
Media	85
Baja	9
<b>Total de viviendas afectadas 301</b>	

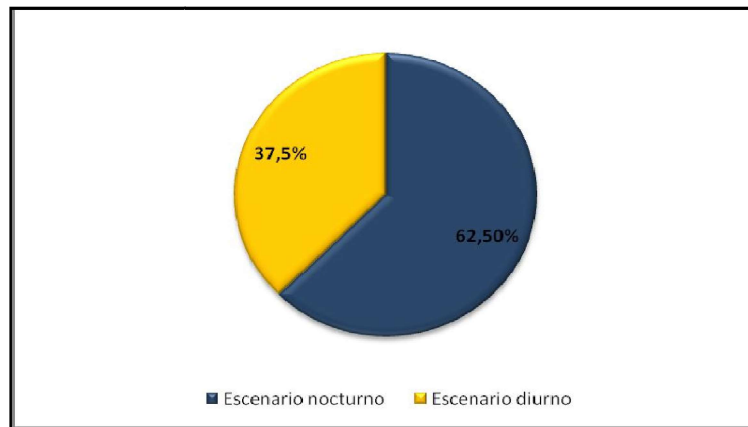
Por su parte, las Figuras 3.43, 3.44 y 3.45 muestran la proporción o el porcentaje frente al total de personas que se encuentran bajo un nivel de afectación por cada escenario.



**Figura 3.43** Porcentaje de población en nivel de afectación alto.



*Figura 3.44 Porcentaje de población en nivel de afectación medio.*



*Figura 3.45 Porcentaje de población en nivel de afectación baja.*

De acuerdo con la dinámica de la población, en la que amplios sectores de la misma permanecen por fuera de sus viviendas durante el día, las zonas de afectación alta presentan un incremento de población dentro de las viviendas durante la noche con una diferencia de 21,8 puntos con respecto al porcentaje de población en las viviendas durante el día.

Para las zonas de afectación media y baja, se producen unos incrementos relativos de la población durante las noches iguales a de 37 y 25 puntos respectivamente con respecto al porcentaje de población que se encuentran dentro de las viviendas durante el día; lo anterior sugiere que muchas de estas edificaciones se encuentra gente laborando o estudiando.

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



#### 4. CONCLUSIONES

La importancia de elaborar mapas de vulnerabilidad y afectación ante cada uno de los fenómenos naturales (inundaciones y avenidas torrenciales), que se presenta en el casco urbano del municipio de Riofrío a partir del desarrollo de la metodología propuesta en este estudio, se ve reflejada en el gran aporte que realiza al entendimiento del origen y comportamiento de cada uno de los distintos escenarios de afectación, los cuales representan, sin duda alguna, el primer paso para estructurar y aplicar acciones que eviten, en la medida de lo posible, pérdidas tanto humanas como materiales, como consecuencia de la acción de dichos fenómenos.

La cabecera municipal de Riofrío presenta zonas de afectaciones diferenciadas e independientes de acuerdo al fenómeno tenido en cuenta para su análisis. Sin embargo los niveles y modos que miden la intensidad del daño esperado son expresados a través de índices normalizados de 0 a 100%, donde los valores tendientes a 100% sugieren niveles de afectación alta en zonas cuyas características propias (altas precipitaciones y cuenca orográfica), asociadas a la amenaza y la vulnerabilidad, las convierten en sectores de alto riesgo donde los daños esperados de acuerdo al fenómeno en cuestión serían los máximos, es decir, pérdida de vidas y destrucción parcial o total de las viviendas; mientras que los valores tendientes a 0 indican situaciones contrarias, es decir, de menor riesgo.

El sector sur de la cabecera municipal, el cual es el área objeto de análisis en este estudio, puede ser considerada como una zona de alto riesgo ante la posibilidad de ocurrencia tanto de inundaciones como de avenidas torrenciales, en comparación con otros sectores en los cuales, de acuerdo con el mapa de amenaza, la peligrosidad es casi nula.

Como ya hemos indicado anteriormente, la vulnerabilidad está relacionada con el efecto que tienen los distintos fenómenos sobre una población expuesta. El punto clave es señalar cuáles son las características socioeconómicas y residenciales que pueden influir en la capacidad de asimilación de los distintos efectos esperados. Por ejemplo, un determinado fenómeno tendrá, en términos relativos, mayor impacto en zonas pobladas cuyas condiciones socioeconómicas y de vivienda no son las más favorables, mientras que en zonas cuyas características se presentan como favorables el impacto será menor y por ende, mucho más rápido en asimilarse. De esta forma, encontramos sectores de la cabecera municipal categorizados con niveles relativamente altos de vulnerabilidad global (de personas y viviendas), caracterizados por presentar grandes dificultades para recuperarse de la acción cometida por una inundación o una avenida torrencial; tal es el caso de los barrios El Castillo, El Lago y El Centro.

El riesgo se obtuvo de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos; como resultado de este proceso, se generaron zonas con distintos niveles de afectación ante cada fenómeno estudiado, inundaciones y avenidas torrenciales. Es así como se identificaron los barrios y las manzanas cuyas características estudiadas en función de la amenaza y la vulnerabilidad, podrían presentar los daños más graves, dada la ocurrencia de alguno de los

fenómenos mencionados anteriormente; a saber, encontramos amplios sectores de los barrios El Castillo, El Lago y El Centro con niveles de afectación altos es decir modos de daño traducidos en graves efectos en las viviendas y posible pérdida de vida de centenares de personas ( entre 400 y 600 personas aproximadamente). Los distintos mapas de afectación obtenidos, reflejan con detalle cuáles son las áreas que requieren de una atención especial, no sólo para su planeación futura, sino para su atención a corto plazo, con el propósito de disminuir los daños que puedan desencadenarse. El nivel de afectación bajo es el dominante en la cabecera municipal de Riofrío, hecho que se explica por su distancia retirada a la fuente hídrica principal más que por condiciones de vulnerabilidad; en esta franja aparecen gran parte del centro y el norte del municipio, exceptuando algunos sectores adyacentes a la acequia la Liga y el Retiro.

Los resultados obtenidos en este estudio sugieren la existencia de escenarios poco propicios para la construcción de asentamientos, al igual que se encuentran viviendas y grupos humanos muy expuestos frente a la presencia de fenómenos de remoción en masa, lo cual constituye posibles escenarios de desastre. Es por ello que las viviendas que se encuentran en las zonas de mayor afectación deben ser tenidas en cuenta dentro de los programas de reubicación de manera prioritaria. Además, se debe prohibir la construcción de cualquier tipo de estructura sobre dichas zonas, para lo cual se debe mantener un monitoreo constante.

Es importante anotar que las zonas de afectación moderada y baja no están excluidas en el ejercicio responsable de desarrollar procesos de gestión del riesgo, por el contrario dichos sectores del municipio pueden ser escenarios de atención o albergue ante la presencia de situaciones de desastre, lo cual conlleva una responsabilidad igual o mayor a la que poseen quienes viven en lugares de mayor afectación.

La utilización de los diferentes mapas de amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación que se presentan como producto fundamental del estudio se constituyen en una valiosa herramienta para la construcción de nuevos espacios de planificación y sostenibilidad en el municipio. Los procesos de gestión que se adelanten a partir de los resultados obtenidos, deberán estar orientados a la planificación rigurosa de los espacios de vida de las poblaciones y a desarrollar procesos de mitigación en aquellas zonas que lo ameriten, sin embargo, esto no quiere decir que el trabajo se oriente desde la lógica exclusiva de la administración o de las autoridades, en el proceso debe quedar inmersa la población en tanto pueda empoderarse para transformar el entorno a la luz de la gestión local del riesgo.

La iniciativa del presente estudio, de generar una metodología para la caracterización y evaluación de la vulnerabilidad y afectación frente a un determinado peligro, resulta de capital importancia en tanto ayuda a avanzar en el conocimiento del tema y brinda una herramienta que permite lograr mejores niveles de confianza en la toma de decisiones.

La gran cantidad de información recopilada sobre los elementos que pueden ser afectados por inundaciones o avenidas torrenciales y los daños provocados, así como su análisis y modelación sistemática, han sido los factores más importantes que han permitido el

desarrollo pleno de la metodología planteada para la elaboración de los distintos escenarios de afectación con un sentido cuantitativo y cualitativo; sin embargo, y en cualquier caso, la estimación de las futuras consecuencias directas (destrucción de elementos materiales o pérdidas de vidas) presenta una serie de incertidumbres, las cuales se incrementan para el caso de las pérdidas indirectas (todas aquellas que se producen sobre actividades económicas, etc.), que en este estudio no se han tomado en cuenta, lo que requiere de una información y análisis adicional, pues las pérdidas derivadas de la interrupción en las actividades diarias no se restringen al área afectada por el evento, sino que pueden tener efectos a grandes distancias.

Uno de los factores que prácticamente todos los modelos de riesgo consideran es la vulnerabilidad; ésta depende fundamentalmente de las características propias de los elementos expuestos, de manera que la información existente sobre una zona no puede ser, en general, aplicada a otras. Los criterios mostrados para la evaluación de la vulnerabilidad son muy diversos y tienen cierta subjetividad, por lo que el significado de los mapas resultantes es aproximado. La mayor parte de los trabajos que abordan este tema están de acuerdo en la expresión de la vulnerabilidad (de 0 a 1 ó de 0 a 100%); esto, aunque es un proceso que se aplica con cautela, permite estimar la vulnerabilidad sobre bases objetivas y empíricas.

Otra línea que conviene abordar es el perfeccionamiento de los procedimientos de evaluación de la vulnerabilidad y afectación. Esto puede lograrse, por un lado, a través de mejoras en la obtención de datos sobre daños pasados (tipo de elementos afectados, daños experimentados por cada tipo de elemento, etc.) y, por otro lado, a través de una mejor caracterización de los elementos existentes, de su valor y de su probable comportamiento ante eventos futuros.

La generalización y estandarización de los métodos de evaluación del riesgo deben ayudar a desarrollar medidas de prevención/mitigación, que permitan reducir los daños debido a cierto tipo de fenómeno, así como disponer de mejores herramientas para la ordenación del territorio. Ese tipo de procedimientos cartográficos tienen la ventaja de ser dinámicos y de permitir una continua actualización, a través de la incorporación de nuevos datos, o bien de futuras mejoras en los modelos.

Un aspecto de suma importancia que se presenta como aporte a los procesos de gestión local del riesgo, corresponde a la zonificación de escenarios de afectación diurno y nocturno, ello debe tenerse en cuenta para su incorporación en los planes, debido a que las afectaciones son diferentes en función de la cantidad de población que se encuentra en las viviendas y que las pérdidas calculables en este aspecto difieren de manera significativa.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

## 5. BIBLIOGRAFÍA

ALARCÓN Guzmán, Adolfo. (2006) “*Evaluación de riesgos por fenómenos de remoción en masa*”, En: Revista Internacional de Desastres Naturales; vol. 6, No 2.

ALCÁNTARA, Irasema & BORJA, Roberto; (2003) “*Procesos de Remoción En Masa y Riesgos Asociado asociados en Zacapoaxtla, Puebla.*” Universidad Autónoma de México. México D.F.

BARRENECHEA, Julieta. GENTILE, Elvira. GONZÁLEZ, Silvia & NATENZÓN, Claudia. (2000) “*Una Propuesta Metodológica para el Estudio de la Vulnerabilidad Social en el Marco de la Teoría Social del Riesgo*”. Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto de Geografía. Argentina.

BOSQUE, Joaquín. LOECHES, Miguel. MÁLPICA, José. PÉREZ, Esther. TEMIÑO, Javier & ZARCO Ismael. (2003) “*Un Procedimiento para elaborar Mapas de Riesgos Naturales Aplicado a Honduras.*” Universidad de Alcalá. Madrid, España.

BRICEÑO, César Augusto, (2000) “*Calidad y Equidad de la Educación*”. Encuentro de Directivos y Altos Funcionarios de los Ministerios de Educación de los Países Iberoamericanos. Antigua, Guatemala.

BUCH, Mario & TURCIOS Marvin, (2003) “*Vulnerabilidad Socioambiental: Aplicaciones para Guatemala*”. Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. Guatemala.

CALVO GARCIA-TORNEL. (1982) “*El riesgo, un intento de valoración geográfica*”. *Murgetana*, LXII; 91-128.

\_\_\_\_\_. (1984) “*La geografía de los riesgos*”. *Geocrítica*. 54,7-39

CARDONA, O.D. (2001). “*Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos*” Universidad Poli-técnica de Cataluña, Barcelona. [En línea]. <http://www.desenredando.org/public/varios/2001/ehrisusd/index.html>

CARDONA, O & HURTADO, J. (2000). “*Modelación Numérica para la Estimación Holística del Riesgo Sísmico Urbano Considerando Variables y Técnicas Sociales y Económicas*”. En: Métodos Numéricos en Ciencias Sociales (MENCIS 2000). Oñate, et al (Eds.). Universidad Politécnica de Cataluña. España.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) & BID (Banco Interamericano de Desarrollo). (2000) “*La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres: un tema de desarrollo*”, 63 p.

CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPUBLICA, (2004) “*Coincidencias y Diferencias en la Estimación de la Pobreza*”. Colombia.

COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). (2002) *“Apoyo Local para el Análisis y Manejo de los Riesgos Naturales en el Ámbito Municipal de Nicaragua”*. Managua. 46 p.

DANE (2008) *“Manual de Recolección y Conceptos Básicos Encuesta Nacional de Calidad de Vida ECV 2008”*. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Dirección de Metodología y producción estadística. Colombia

DPAE. (2000) *“Zonificación de Riesgo por Inestabilidad del Terreno para Diferentes Localidades en la Ciudad de Santa Fe de Bogotá D.C”*. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias. Colombia.

ETXEBERRÍA, Paulo; EDESO, José Miguel & BRAZAOLA, Adolfo. (2005) *“Propuesta de una Metodología para Elaborar Mapas de Peligros Naturales en Guipúzcoa Utilizando SIG”*. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Minera y de Obras Públicas. España.

INGEOMINAS. (2000) *“Informe Técnico sobre Fenómenos de Remoción en Masa que Afectan el Municipio de Herran, Departamento del Norte de Santander”*. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero, Ambiental y Nuclear. Subdirección de Amenazas Geoambientales. Bogotá D.C

LAVELL, A. *“Gestión de Riesgos Ambientales Urbanos”*. [En línea]. <<http://desenredando.org>>.

LONDOÑO, Juan Pablo. (2007) *“Evaluación Holística de Riesgos Frente a Movimientos en Masa en áreas Urbanas Andinas. Una Propuesta Metodológica.”* Universidad Politécnica de Cataluña. España.

NÚÑEZ, Segundo & VILLACORTA, Sandra, 2002. *“Susceptibilidad a los Movimientos en Masa en la Cuenca Chancay y Lambayeque”*. Sociedad Geológica del Perú. Lima-Perú.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo). (2003) *“Reducción del Riesgo de desastres: Un Reto para el Desarrollo”*. Estados Unidos. 193 p.

\_\_\_\_\_ (2001) *“Informe sobre Desarrollo Humano, El Salvador”*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. El Salvador.

SINAPRED. (2005) *“Reporte sobre las Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgos ante Inundaciones, Deslizamientos, Actividad Volcánica y Sismos”*. Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres. Nicaragua.

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) & RAPCA (Programa de Acción Regional para Centro América). (1999). *“Aplicación de Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos para el Análisis de Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgo”*. [en línea]. <<http://www.itc.nl/external/unesco-rapca/start.html>>.



VELÁSQUEZ, A & ROSALES, C. (1999). “*Escudriñando en los desastres a todas las escalas. Concepción, metodología y análisis de desastres en América Latina utilizando DesInventar*”. OSSO – ITDG – LARED.

WHITE, G. (1975) "*La investigación de los riesgos naturales*". En Chorley, R. (ed.) *Nuevas tendencias en Geografía*; p 281-319

WHITE, G. & HASS, E. (1975). “Evaluación de investigaciones sobre Amenazas Naturales”. Universidad de Cambridge. Inglaterra.

WILCHES, Chauz G. (1989). “*La Vulnerabilidad Global*”.

\_\_\_\_\_ (1989): “*Desastres, Ecologismo y Formación Profesional*”. SENA, Popayán, Colombia.

## **6. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES**

## **6. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES**

### ***AMENAZA***

Se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente peligroso que puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes y servicios y/o el ambiente expuestos. Es un factor de riesgo externo que se expresa como la probabilidad de que un evento se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo definido.

Es un factor externo al sujeto, a los bienes, a la infraestructura, que representa un peligro asociado con un fenómeno que puede presentarse en un momento y tiempo dados con efectos adversos sobre la población, los bienes y el medio ambiente.

Amenaza no es sinónimo de fenómeno, tampoco de evento. La amenaza surge cuando de la posibilidad técnica se pasa a la probabilidad más o menos concreta de que un fenómeno de origen natural o antrópico se produzca en un determinado tiempo y en una determinada región que no está adaptada para afrontar sin traumatismos ese fenómeno. Esa falta de adaptación, o sea fragilidad o vulnerabilidad, es precisamente la que convierte la probabilidad de ocurrencia del fenómeno en una amenaza.

También se puede decir que es el peligro latente que representa la probable manifestación de un fenómeno físico de origen natural, socio-natural o antropogénico, que se anticipa y que puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura y los bienes y servicios. Es un factor de riesgo físico externo a un elemento o grupo de elementos sociales expuestos, que se expresa como la probabilidad de que un fenómeno se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido.

### ***AMENAZA NATURAL***

Es un peligro latente asociado con la posible manifestación de un fenómeno de origen natural –por ejemplo, un terremoto, una erupción volcánica, un tsunami o un huracán- cuya génesis se encuentra totalmente en los procesos naturales de transformación y modificación de la Tierra y el ambiente. Suelen clasificarse de acuerdo con sus orígenes terrestres o atmosféricos, permitiendo identificar, entre otras, amenazas geológicas, geomorfológicas, climatológicas, hidrometeorológicas, oceánicas y bióticas.

### ***AMENAZA SOCIO-NATURAL***

Peligro latente asociado con la probable ocurrencia de fenómenos físicos cuya existencia, intensidad o recurrencia se relaciona con procesos de degradación ambiental o de intervención humana en los ecosistemas naturales. Ejemplos de estos pueden encontrarse en inundaciones y deslizamientos resultantes de, o incrementados o influenciados en su intensidad, por procesos de deforestación y degradación o deterioro de cuencas; erosión costera por la destrucción de manglares; inundaciones urbanas por falta de adecuados sistemas de drenaje de aguas pluviales.

Las amenazas socio-naturales se crean en la intersección de la naturaleza con la acción humana y representan un proceso de conversión de recursos en amenazas. Los cambios en

el ambiente y las nuevas amenazas que se generarán con el Cambio Climático Global son el ejemplo más extremo de la noción de amenaza socio-natural. Muchos fenómenos que asuman las características de amenazas socio-naturales ocurren también por procesos de la naturaleza. En este último caso, entonces, constituyen solo casos de amenaza natural.

### ***AMENAZA ANTROPOGÉNICA O ANTRÓPICA***

Peligro latente generado por la actividad humana en la producción, distribución, transporte, consumo de bienes y servicios, y la construcción y uso de infraestructura y edificios. Comprenden una gama amplia de peligros como lo son las distintas formas de contaminación de aguas, aire y suelos, los incendios, las explosiones, los derrames de sustancias tóxicas, los accidentes de los sistemas de transporte, la ruptura de presas de retención de agua, etc.

### ***AMENAZAS CONCATENADAS O COMPLEJAS***

Hace referencia a la probable ocurrencia en serie o secuencia de dos o más fenómenos físicos peligrosos donde uno desencadena el otro y así sucesivamente. Un ejemplo se encuentra en la forma en que un sismo puede causar la ruptura de presas y diques, generando inundaciones que rompen líneas de transmisión de productos volátiles o contaminantes con repercusiones directas en los seres humanos u otras especies de fauna o flora.

### ***EVALUACIÓN DE LA AMENAZA***

Es el proceso mediante el cual se determina la posibilidad de que un fenómeno físico se manifieste, con un determinado grado de severidad, durante un período de tiempo definido y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables

### ***EXPOSICION***

Es el grado de sometimiento de un determinado elemento frente a un nivel de peligrosidad dado.

Es la localización en el espacio de los bienes, la población, las áreas agrícolas y la industria, con respecto a una amenaza, de tal manera que pueden ser afectados en mayor o menor medida cuando la amenaza se manifieste.

En otras palabras, se refiere a las personas, los bienes, las áreas agrícolas y la industria directamente sujetos a una amenaza.

### ***FRAGILIDAD***

Es una medida de la capacidad de un elemento para anticipar, responder, sobrevivir y recuperarse de los efectos causados por un fenómeno

### ***RESILIENCIA***

Resiliencia viene del verbo latino resilio, resilier (rebotar, saltar hacia atrás). No es palabra de la lengua española. En física expresa la capacidad de un resorte para volver a su estado original una vez cesa la fuerza que lo comprime o extiende. Ha sido adaptada a la gestión de riesgos y podría definirse como la capacidad del ambiente o de grupos y sistemas

socioeconómicos de sobreponerse, recuperarse, después de ser afectados gravemente por circunstancias derivadas de emergencias o desastres.

### ***RIESGO***

Es la probabilidad de ocurrencia de efectos adversos sobre el medio natural y humano dadas unas condiciones de vulnerabilidad específicas para un escenario específico de la amenaza. Estrictamente, es el cálculo anticipado de pérdidas esperables (en vidas y bienes) por un fenómeno de origen natural, socionatural, antrópico o tecnológico, que actúa sobre el conjunto social y su infraestructura.

Riesgo = ( amenaza + vulnerabilidad ) / capacidad de respuesta y recuperación

### ***EVALUACIÓN DE RIESGO***

Estimación de pérdidas probables considerando el nivel de peligrosidad de un evento o fenómeno o el grado de peligro durante un tiempo de exposición dado, y la vulnerabilidad de las personas y sus bienes.

Es necesario tomar en consideración los riesgos diferenciados que se presentan al interior de nuestro país, observándose la ocurrencia de riesgos relativos, ya que podemos observar que el impacto de algún desastre podría ser poco significativo en alguna zona urbana que goce de ciertos servicios básicos, pero podría ser muy significativa en un ambiente rural que carece de estos mismos servicios. Definitivamente, los más pobres son siempre los más afectados.

### ***ESCENARIOS DE RIESGO***

Un análisis presentado en forma escrita, cartográfica o diagramada, utilizando técnicas cuantitativas y cualitativas, y basado en métodos participativos, de las dimensiones del riesgo que afecta a territorios y grupos sociales determinados. Significa una consideración pormenorizada de las amenazas y vulnerabilidades, y como metodología ofrece una base para la toma de decisiones sobre la intervención en reducción, previsión y control de riesgo. En su acepción más reciente, implica también un paralelo entendimiento de los procesos sociales causales del riesgo y de los actores sociales que contribuyen a las condiciones de riesgo existentes. Con esto se supera la simple estimación de diferentes escenarios de consecuencias o efectos potenciales en un área geográfica que tipifica la noción más tradicional de escenarios en que los efectos o impactos económicos se registran sin noción de causalidades.

### ***SUSCEPTIBILIDAD***

La susceptibilidad representa la cartografía de movimientos en masa, inundaciones, heladas y sequías. Se define como la mayor o la menor predisposición a que un fenómeno ocurra en determinado espacio geográfico. La susceptibilidad no considera la recurrencia, es decir, cuándo o con qué frecuencia ocurre el fenómeno, ni su magnitud.

### ***VULNERABILIDAD***

Es la condición intrínseca de una comunidad en términos del grado de exposición y del nivel de fragilidad frente a la ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente dañino.

También se puede decir que es el grado de predisposición intrínseca de un elemento expuesto a ser afectado, o de ser susceptible a sufrir un daño o de recuperarse posteriormente.

La vulnerabilidad de la población o de un bien material depende de varios factores, entre los cuales pueden destacarse su grado de exposición a una amenaza; la calidad del diseño y la construcción de las viviendas y la infraestructura; el grado de incorporación en la cultura de los conocimientos que permita a los pobladores reconocer las amenazas a las cuales están expuestos; el grado de organización de la sociedad; la voluntad política de los dirigentes y de quienes toman decisiones (incluyendo las organizaciones comunitarias de base); la capacidad de los equipos de planificación para orientar el desarrollo físico, socioeconómico y cultural, teniendo en cuenta medidas de prevención y de mitigación de riesgos y las capacidades de las instituciones que prestan apoyo en las emergencias.

### ***EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD***

Proceso mediante el cual se determina el grado de susceptibilidad y predisposición al daño o pérdida de un elemento o grupo de elementos económicos, sociales y humanos expuestos ante una amenaza particular y los factores y contextos que pueden impedir o dificultar de manera importante la recuperación, rehabilitación y reconstrucción con los recursos disponibles en la unidad social afectada.

### ***REMOCION EN MASA***

Es un proceso que depende fundamentalmente de la gravedad y su acción se desencadena exclusivamente en zonas de pendientes elevadas cuando los materiales de las laderas se desplazan pendiente abajo.

Existen diferentes tipos de movimientos de remoción en masa que varían en su geometría, velocidad, contenido de agua, etc. Dentro de los más conocidos se encuentran los deslizamientos de tierra, las avalanchas y las caídas de rocas

### ***AVALANCHA***

Es un flujo violento de agua en una cuenca de un río y generalmente corresponde a flujos de tierra y rocas, con algo mayor de contenido de agua que lo transforma en un flujo de lodos que puede recorrer varios kilómetros y que es consecuencia o iniciado por terremotos de baja intensidad o por fuertes e intensas lluvias.

### **SISMO**

Liberación súbita de energía generada por el movimiento de grandes volúmenes de rocas en el interior de la Tierra, entre su corteza y manto superior. Se propaga en forma de vibraciones a través de las diferentes capas terrestres. Según su intensidad puede llegar a ser un temblor o terremoto.

Es un temblor cuando la intensidad es de III, IV y V grados en la escala de Mercalli Modificada. Es un terremoto cuando la intensidad es mayor de VI y VII grados.

Un terremoto, sismo o temblor de tierra <sup>1</sup> es una sacudida del terreno que se produce debido al choque de las placas tectónicas y a la liberación de energía en el curso de una



reorganización brusca de materiales de la corteza terrestre al superar el estado de equilibrio mecánico. Los más importantes y frecuentes se producen cuando se libera energía potencial elástica acumulada en la deformación gradual de las rocas contiguas al plano de una falla activa, pero también pueden ocurrir por otras causas, por ejemplo en torno a procesos volcánicos, por hundimiento de cavidades cársticas o por movimientos de ladera.

### ***FACTORES DETONANTES***

Son aquellos fenómenos naturales que provocan o disparan un evento.

Son aquellos factores que intervienen transitoriamente sobre la integridad del subsuelo, dando lugar a cambios en las condiciones iniciales aportadas por los factores internos. De tal forma los factores detonantes causan cambios físicos, químicos o dinámicos que determinan finalmente cambios de las fuerzas resistentes y/o motoras de un talud o ladera, o provocan modificaciones de la estructura del subsuelo. Estos cambios se manifiestan finalmente como un movimiento o desplazamiento del subsuelo, o en la ocurrencia de fenómenos de erosión superficial o subsuperficial, en cualquiera de las categorías diferenciadas anteriormente.

Los eventos o fenómenos que intervienen como factores detonantes naturales principales son: Sismo, lluvia, alta escorrentía, alta infiltración, saturación superficial, sobrecarga natural (por agua o por suelo).

### ***MAPAS DE AMENAZAS***

Los mapas de amenazas muestran las áreas expuestas a daños por la ocurrencia de eventos naturales extremos.

## **7. ANEXOS**

**Anexo 1.1 Guía metodológica para diligenciar el formulario para la evaluación de vulnerabilidad y de escenarios de afectación corporales y estructurales.**

## GUÍA METODOLÓGICA PARA DILIGENCIAR EL FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y DE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN CORPORALES Y ESTRUCTURALES.

Hemos partido de la elaboración de una ficha para el almacenamiento e información de cada una de las viviendas que se encuentran en la zona de amenaza alta, diseñada de una manera sencilla que haga fácil su diligenciamiento. Esto con el fin de evitar confusiones en su interpretación y facilitar su búsqueda cuando sea necesario.

A continuación se describen cada uno de los items que hacen parte del formulario.

**Fecha y hora:** Consigne en este espacio la fecha del día y la hora en que se realiza esta encuesta. Adicionalmente ingrese el nombre de la persona encuestada, el departamento y el municipio donde se ubica la vivienda. Ejemplo:

Año: 2010

Fecha: Marzo 28

Hora: 9:00 am

No Ficha: Cuando se diligencien todas las encuestas.

Nombre: Fausto Rojas.

Departamento: Valle del Cauca.

Municipio: El Cairo.

### A. CONDICIONES INMOBILIARIAS

Se debe ingresar la ubicación de la vivienda, especificando la comuna, el barrio, la dirección y el número de la casa (sólo si tiene).

1. **Tipo de edificación.** Especificar el tipo de edificación en función del uso del suelo; bien sea que se trate de vivienda tipo casa o apartamento, centro de salud, centro educativo, centro comercial, bodega u otro.

2. **Estado de la edificación.** Caracterizar la edificación según su estado estructural. Para esto se definen los siguientes parámetros.

- **Buen estado.** Los elementos portantes (vigas, columnas y muros estructurales) no presentan fisuras ni grietas; tampoco se encuentra deteriorada por efectos de intemperización.



- **Regular estado.** Envejecimiento gradual de los elementos portantes con fisuras leves y descascaramiento del recubrimiento de las paredes.



- **Mal estado.** Avanzado deterioro de los elementos portantes; presentándose desniveles en toda la estructura. Agrietamiento de las paredes por acción de la intemperie.



3. **Vivienda propia.** Señale si los habitantes de la vivienda son los dueños de ésta. Especifique el nombre del propietario.

4. **Costo aproximado.** Diligenciar el valor comercial aproximado (en pesos) de la edificación. Sólo si el encuestado lo permite.

#### **B. CONDICIONES FAMILIARES.**

Caracterizar el grupo familiar según:

5. Número de personas que lo conforman.

6. Cuántas de ellas trabajan.

7. Rango de edades. Edad de cada uno de los miembros de la familia.

8. Grada de escolaridad (Último año aprobado).

9. Actividad desempeñada (actividad a la cual se dedica cada uno de los miembros del hogar).

10. Horario (Tiempo en que desarrolla dicha actividad).

#### **C. CONDICIONES DE LA EDIFICACIÓN.**

Identificar las condiciones intrínsecas e extrínsecas de la edificación.

11. **Condición de amenaza.** Indicar el nivel de amenaza (Alta, media o baja) de acuerdo con el estudio de zonificación elaborado por el proyecto MIDAS.

##### **Edad y geometría**

12. **Fecha de construcción.** Especificar la fecha (año) en que se terminó la construcción de la edificación.

13. **Altura.** Escribir cuanto mide en metros la edificación.

14. **Número de pisos.** Indicar cuantos niveles tiene la edificación.

##### **Tipo de construcción.**

15. **Rústica.** Construcciones elaboradas a partir de materiales reciclables y de origen orgánico. Se caracterizan por ser edificaciones livianas con cimientos poco resistentes. Entre éstos se encuentran los siguientes materiales: Zinc, desechos plásticos, cartón, esterilla, guadua, madera burda, bahareque u otro.

16. **Mampostería.** Sistema tradicional que consiste en la construcción de muros, mediante la colocación manual de elementos tales como ladrillos, roca pulida, adobe, piedras y cantos.

17. **Concreto armado.** Sistema de pórticos (unión de vigas con columnas) o muros estructurales construidos en concreto reforzado con acero.

18. **Material predominante de los techos.** Señalar el tipo de material con el que se construyeron los tejados, que pueden ser: Paja, palma o similar, teja de barro asbesto, madera, lámina metálica, cemento y concreto.

##### **Características de daños ocurridos.**

Esta sección está diseñada para conocer los daños que ha sufrido la edificación en años anteriores, de tal forma que se pueda tener en cuenta para analizar el riesgo que tiene.

Los tipos de daños tienen diferentes categorías como:

- Falla total: Destrucción de la vivienda.
- Agrietamiento de muros
- Agrietamiento de columnas
- Asentamiento (Desniveles en la planta de la vivienda)
- Volteo (si la vivienda ha sufrido algún tipo de rotación).
- Otros que se deben especificar.

La severidad se refiere al nivel de daño que han tenido los tipos del ítem anterior y se clasifica como: Leve, moderado, dañino y destrucción total.

## **Anexo 2.1 Encuesta**



## ANEXO 2.1

### FORMULARIO PARA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN CORPORALES Y ESTRUCTURALES

FECHA    Año:     Mes:     Día:     Hora:     No. Ficha:

Nombre del encuestado: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_

#### A. CONDICIONES INMOBILIARIAS

Comuna No.:     Barrio:     Dirección:     Casa No.:

1. Tipo edificación:    Casa     Edificio de apartamentos     Centro de salud     Centro educativo     Centro comercial     Bodega     Otro – Especifique

2. Estado de la edificación:    Bueno     Regular     Malo

3. ¿Vivienda propia?    Sí     No

Nombre del Propietario: \_\_\_\_\_

4. Costo aproximado: \_\_\_\_\_

*Instrucciones: A continuación aparece una serie de aspectos que se deben observar y registrar durante la visita a los hogares. Consignar las observaciones en hojas anexas incluyendo cualquier conversación que mantenga con la persona que lo recibe.*

**B. CONDICIONES FAMILIARES**

Jefe de hogar:  5. No. de personas en el hogar  6. Cuantos trabajan

Miembros de la familia	7. Edad	8. Escolaridad	9. Actividad desempeñada	10. Horario
Padre				
Madre				
Hijo(a) 1				
Hijo(a) 2				
Hijo(a) 3				
Hijo(a) 4				
Hijo(a) 5				
Hijo(a) 6				

**C. CONDICIONES DE LA EDIFICACION**

11. Condicion de Amenaza:  Alta  Media  Baja

Edad y Geometria: 12. Tiempo de construida  años 13. Altura (M)  14. No. de Pisos

TIPO DE CONSTRUCCION		
Material predominante paredes exteriores		
15. RUSTICA	16. MAMPOSTERIA	17. CONCRETO
I. Zinc	II. Adobe	III. Armado
I. Desechos plásticos	II. Ladrillo	III. En masa
I. Cartón	II. Piedra	III. Ordinario
I. Esterilla	II. Roca pulida	
I. Guadua	II. Caritos	
I. Madera burda		
I. Bahareque		
Otra - Especifique		
		18. Material predominante de los techos
		I. Paja, Palma, similar
		II. Teja de barro
		II. Asbesto
		II. Madera
		II. Lamina metálica
		III. Cemento
		III. Concreto

Cualquier observación o dato adicional, escribala al frente de esta tabla.

**D. CARACTERÍSTICAS DE DAÑOS OCURRIDOS**

HA SUFRIDO DAÑOS LA EDIFICACIÓN		SEVERIDAD
TIPO DE DAÑO		
Falla total		Leve
Agrietamiento muros		Moderado
Agrietamiento columnas		Severo
Asentamiento		Destrucción total
Volteo		
Otro		

Cualquier observación o dato adicional, escribala al frente de esta tabla.



**SI HA SUFRIDO DAÑOS Y PERDIDAS, DESCRIBALOS Y CUANTIFIQUELOS MONETARIAMENTE**

Tipo de evento:		Fecha de ocurrencia	Año:	Mes:	Día:
<b>DANOS Y PERDIDAS</b>					
HUMANAS	COSTO (miles de Pesos)	MATERIALES	COSTO (miles de Pesos)		

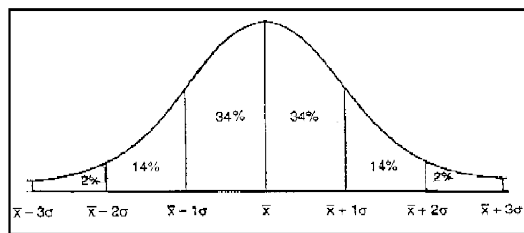
## **Anexo 2.2 Métodos de clasificación**

## Anexo 2.2 Métodos de clasificación de datos

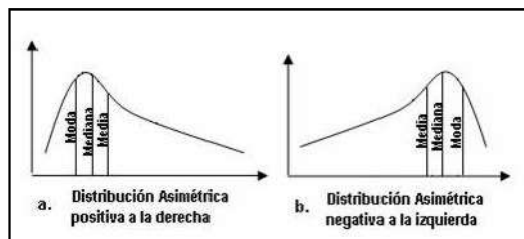
Se denomina clasificación a la división en clases (o en grupo de valores) de una serie estadística para su representación gráfica o cartográfica. La clasificación se caracteriza por conservar, lo mejor posible, la información contenida en la serie estadística, con el objetivo de transmitirla y comunicarla de la mejor manera posible. Esta información tiene relación con la forma de la distribución de los datos, lo cual determinara en cierta medida el método de clasificación a elegir.

Existen 6 tipos de distribución de datos:

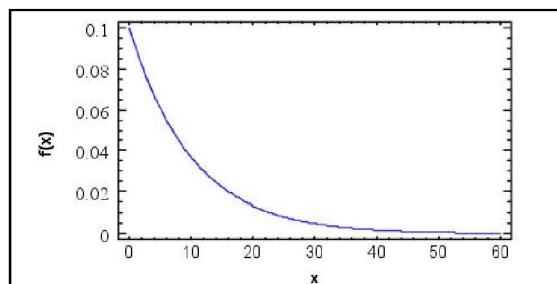
a) *Distribución normal*: concentra un gran número de valores en las clases centrales, los cuales disminuyen progresivamente a cada lado de la media



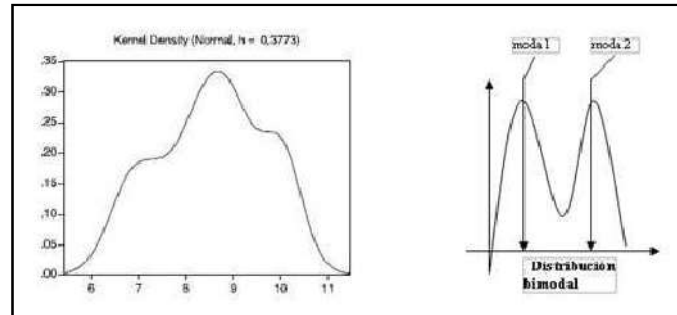
b) *Distribución asimétrica*: presenta una concentración de frecuencia acentuada en los valores extremos, bien sea altos o bajos.



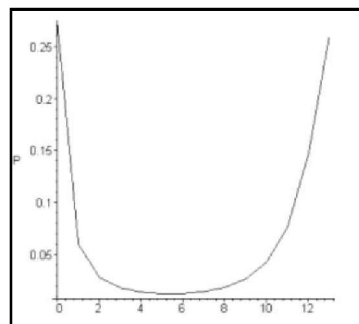
c) *Distribución exponencial y logarítmica*: revelan un aumento o disminución exponencial de frecuencias (representación de elevados de valores altos o bajos).



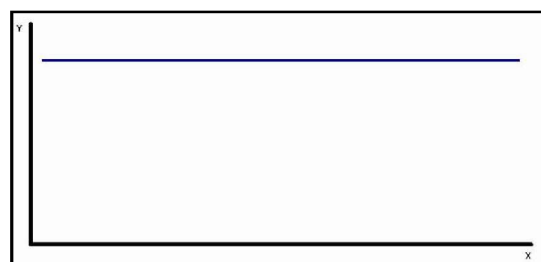
d) *Distribuciones bi-phurimodales*: Corresponden a distribuciones donde la variable está compuesta en realidad de sub-poblaciones más o menos imbricadas. En este caso, la mayor parte de los parámetros estadísticos no tienen significado ni utilidad; únicamente los gráficos permiten un correcto análisis.



e) *Distribución en forma de U*: Son poco comunes y se caracterizan por el hecho de que los valores cercanos a la media son sub-representados en relación con los valores bajos o altos.



f) *Distribución uniforme*: son distribuciones poco comunes y se caracterizan por el hecho de que todos los valores posibles de la variable tienen frecuencias iguales.



Por su parte, existen siete métodos de clasificación de los datos, descritos a continuación:



a) *Cortes naturales (Natural Breaks ó Jenks)*: Este método, muy antiguo y muy usual, se basa en las particularidades de la distribución. El módulo estadístico de ArcView calcula de manera automática las diferencias de valores entre los individuos estadísticos ordenados de forma creciente. El programa coloca un límite para separar los grupos donde las diferencias de valores son altas.

-Ventajas:

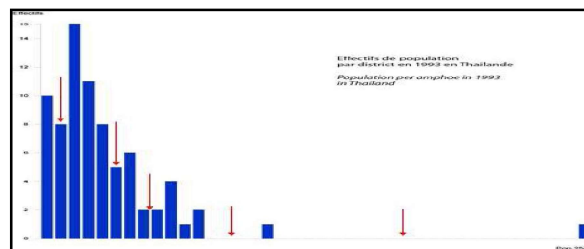
Permite tomar en cuenta las discontinuidades observables.

Solo se justifica si existen discontinuidades.

-Inconvenientes:

Esté método no permite comparaciones directas

Este método automático puede ser ajustado en base a un gráfico



b) *Quantiles*: Este método asigna a cada clase un mismo número de individuos.

Primer cálculo:

$$n = (\text{número total de individuos } N) / (\text{número deseado de clases})$$

n = número de individuos por clase.

Segundo cálculo: Cálculo de los límites de clase

Los límites de clase se determinan considerando el número de individuos definidos para cada clase en la distribución ordenada en forma ascendente. El primer límite corresponde a un valor que se escoge entre el valor tomado por el último individuo de la clase c y el valor tomado por el primer individuo de la clase c+1. El segundo límite corresponde a un valor que se escoge entre el valor tomado por el último individuo de la clase c+1 y el valor tomado por el primer individuo de la clase c+2, etc.

-Ventajas:

Si la serie estadística cuenta con valores *ex-aequo* (por igual), no siempre es posible obtener el mismo número de individuos en cada clase.

Si existen discontinuidades en la distribución, es difícil elegir los valores límites.

-Inconvenientes:

Este método ignora las particularidades de la distribución (los umbrales). No requiere que la distribución sea normal. Es útil para realizar comparaciones de orden pero no de valores.

c) *Intervalos iguales (Equals Intervals)*: En este método, los intervalos de clase son iguales, el cálculo se realiza de la siguiente manera: (máx-min) / número de clases = amplitud de cada clase

- Ventajas:

Método simple de fácil ejecución

Satisfactorio si la distribución no es muy asimétrica

- Inconvenientes: Este método no permite realizar comparaciones ya que la amplitud global de la variable es específica a cada serie de datos.

No destaca valores característicos de la distribución

d) *Desviación estándar*: Éste método de clasificación se aplica en principio a las distribuciones normales o cercanas a la normalidad.

- Procedimiento:

Cálculo de la media y de la desviación estándar.

- 1er caso: el número de clases es impar (5 ó 7). La clase central contiene el valor de la media

- 2do caso: el número de clases es par. El valor de la media es límite de clase

Éste método permite realizar comparaciones, independientemente del tamaño de las variables.

e) *Promedios sucesivos*: Este método considera a la media como centro de gravedad de la variable.

Procedimiento:

1 – Cálculo de la media de primer orden. Este valor sirve para dividir la distribución en dos subgrupos

2 – Cálculo de la media de cada subgrupo (media de 2do orden). Estos valores sirven para fijar los límites de las clases y obtener 4 clases.

3 – Eventualmente, cálculo de la media de 3er orden (para obtener 8 clases).

Ventajas e inconvenientes:

Este método es de fácil ejecución y comprensión ya que se basa en la noción simple de la media, sin embargo, obliga a definir un número de clases par (múltiple de dos)

f) *Proyección aritmética*: En este método, la amplitud de los intervalos aumenta en función de una progresión aritmética.

Procedimiento:

$$R = \frac{\text{max} - \text{min}}{1 + 2 + 3 + \dots + i + \dots + k}$$

1 – Cálculo de la razón R, con k,  $1 + 2 + 3 + \dots + i + \dots + k$

2 – Cálculo de los límites de clases:

$$[e_0; e_0 + R] \dots [e_1; e_1 + 2R] \dots [e_{k-1}; e_{k-1} + kR]$$

Ventajas e inconvenientes:

Este método se adapta bien a las distribuciones caracterizadas por una fuerte representación de valores bajos, sin embargo, se puede llegar a definir clases sin individuos.

g) *Proyección geométrica*: En este método, las amplitudes de los intervalos aumentan rápidamente en función de una progresión geométrica.

Procedimiento:

$$\log_{10} R = \frac{\log_{10} x_n - \log_{10} x_1}{k}$$

1 – Cálculo de la razón R, con k, el número de clases y n, el número total de individuos

2 – Cálculo de los límites de clase:

$$[e_0; e_0 + R] \dots [e_1; e_1 + 2R] \dots [e_{k-1}; e_{k-1} + kR]$$

Ventajas e inconvenientes:

- Se adapta bien a las distribuciones caracterizadas por una fuerte representación de valores bajos, sin embargo, se puede llegar a definir clases sin individuos.
- Este método se aplica únicamente a las distribuciones cuyo valor mínimo es superior a cero.

**Anexo 3.1. Censo para evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de afectación corporales y estructurales**

De acuerdo a los objetivos planteados dentro de la metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y la determinación de los escenarios de afectación, se plantea en esta fase del proyecto el levantamiento de información censal para identificar, localizar y caracterizar los elementos expuestos, tanto corporales como estructurales, en el municipio de El Cairo, asociados principalmente a fenómenos de remoción en masa.

Para ello se elaboró inicialmente un formato de encuesta, con su respectiva guía para el diligenciamiento (Ver anexo); tal formato tiene como propósito la recopilación y almacenamiento de información predial y socioeconómica, en los sectores o áreas expuestas a los niveles de amenaza alta y media, principalmente.

El formato de encuesta plantea tres parámetros principales para evaluación monitoreada de los elementos expuestos en las áreas de estudio, con sus correspondientes variables:

- A. *Condiciones Inmobiliarias*: Se plantea como un acercamiento inicial a las condiciones de la vivienda; se debe especificar la localización, el tipo y estado de la edificación, la propiedad y el avalúo.
- B. *Condiciones Familiares*: Se estudia con la necesidad de plantear escenarios de afectación; se debe especificar número de habitantes por vivienda, horario de permanencia en la vivienda, entre otras variables sociales del mismo tipo.
- C. *Condiciones de la Edificación*: Se evalúa las condiciones estructurales de la vivienda, el tipo de construcción; se debe especificar tiempo de la construcción, altura, número de pisos, y material predominante en paredes exteriores y en techos.

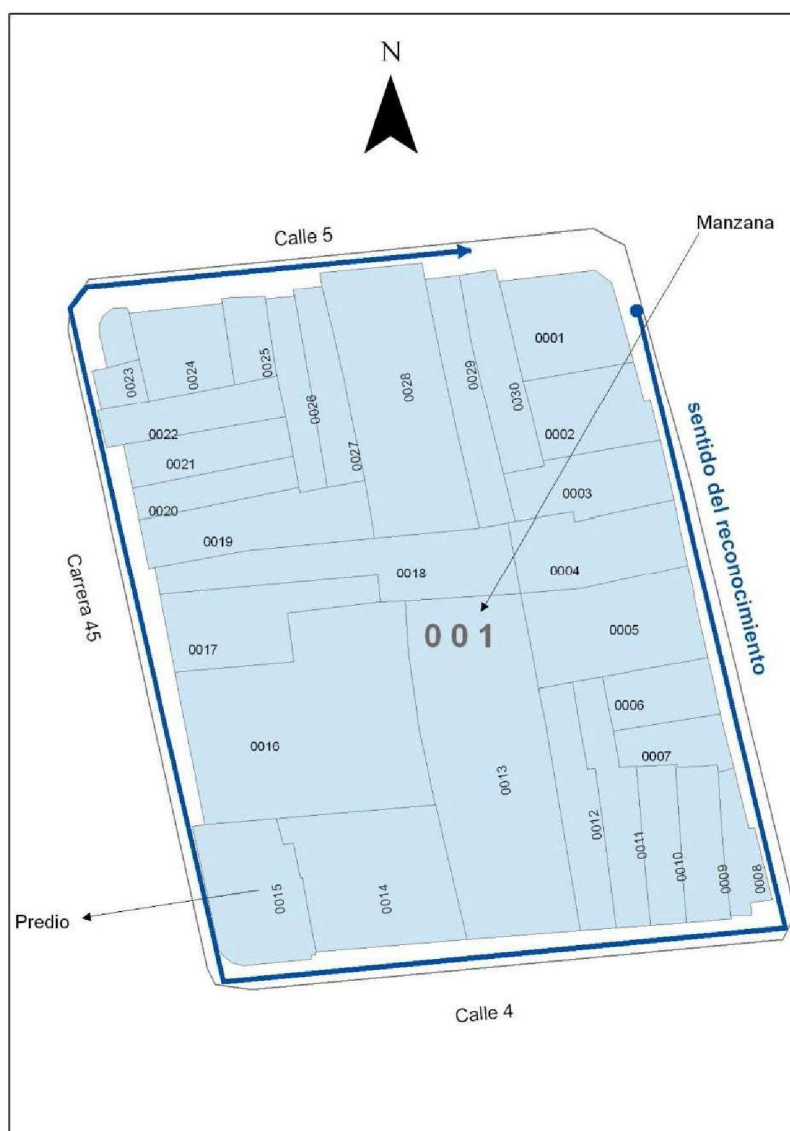
Para el levantamiento de la información y el diligenciamiento del formato de encuesta se elaboró un manual metodológico que plantea las diferentes actividades a realizar en la visita:

1. Realizar la inspección ocular del predio identificando su estructura física y estado de conservación.
2. Entrevistar una persona adulta o un informante idóneo, para diligenciar el formato de encuesta socioeconómica. Igualmente solicitar permiso para ingresar al predio.
3. Realizar, sobre el plano de manzana, un boceto de cada uno de los predios reconocidos.
4. Consignar en el plano el número de manzana, el número de predio y la placa.
5. Diferenciar entre las distintas unidades de construcción según sea su tipo: Residencial (R), Comercial (C), Financiero (F), Industrial (I), Baldío (B), Depósitos y Parqueaderos (DP) e Institucionales y Dotacionales (ID).

La recopilación de la información física del predio y socioeconómica de sus habitantes se realizará mediante una inspección ocular y una entrevista directa.

La identificación predial se plantea mediante un reconocimiento de cada uno de las viviendas dentro de las manzanas, en diferentes sectores del municipio donde se estimó

inicialmente la amenaza. A continuación se referencia el orden y recorrido a utilizar en el reconocimiento e identificación de las viviendas (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema del recorrido y sentido del reconocimiento a nivel predial por manzana.

La visita de campo estuvo integrada por una comisión de tres reconocedores pertenecientes al grupo de Vulnerabilidad, en este caso corresponde al Geógrafo Contratista Andrés Felipe Torres y dos monitores de investigación, Nathaly de los Ángeles Mazo y Carolina Mosquera Antury.

Los sectores definidos para el levantamiento del censo corresponden a las manzanas localizadas dentro del perímetro urbano del Municipio, dada la ubicación de las viviendas en zonas inundables las cuales, según estudio precedente dentro de este proyecto, han sido evaluadas como de amenaza alta, media y baja.

Además cabe resaltar que las manzanas que no se encuentran definidas bajo los sectores mencionados, dada su ubicación en las zonas de amenaza baja, se procedió a la evaluación por muestreo para indicar su vulnerabilidad, y se realizaron de 2 a 3 encuestas por manzana.

La realización de la visita de campo a la cabecera municipal de Riofrío, se llevó a cabo los días 11 al 14 de mayo, cada miembro procedió a levantar la información predial y socioeconómica, y con las observaciones en el sitio, se establece una primera caracterización de los lugares que puedan presentar problemas o falencias relacionadas a la vulnerabilidad. Estas falencias principalmente se hacen evidentes con las observaciones acerca del estado de las estructuras y sus posibles causas.

Se realizaron 344 encuestas en las zonas identificadas previamente como zonas de amenaza alta, media y baja dentro del casco urbano del municipio. Las observaciones realizadas en campo permitieron caracterizar la población en caso de presentarse un evento, en función del número de personas por vivienda que podrían verse afectadas, el tipo de sistema estructural empleado y el estado físico de la vivienda.

De acuerdo a la información obtenida, se encontraron daños en algunas viviendas, las cuales se han visto afectadas anteriormente por inundaciones. En tal sentido, los daños se concentran principalmente en dos barrios: El Castillo y El Lago, localizados en el sur de la cabecera.

El material que predomina para la construcción de las viviendas, las cuales varían entre uno y dos pisos, es el bahareque, las cubiertas son en teja de barro y lamina de zinc. El estado de las viviendas se encuentra entre bueno y regular. En las fachadas se observa recubrimiento en material de cal, y en algunas ocasiones en mortero, cabe resaltar que algunas de estas sufren proceso de descascaramiento, que en algunos casos guarda relación con el tiempo de construcción de estas, superando los 30 años.

En términos generales, se observan grietas por flexión y en algunos casos por cortante, en elementos estructurales y no estructurales. Las fallas por flexión se manifiestan mediante pequeñas y medianas fisuras en las esquinas de muros y losas, en donde se aprecia la disipación y remoción de material (ver foto 1)





**Foto 1** Estado de la vivienda en avanzado deterioro estructural. Barrio el Lago

Una obra que ha sido diseñada de forma inadecuada, significa para los ocupantes de la misma un riesgo para su integridad. En particular, resulta preocupante el hecho de que actualmente las cargas de servicio superan la resistencias de los muros, lo cual se refleja en el tamaño de las grietas, enfatizadas por la utilización de un material como es el ladrillo, susceptible a pequeñas deformaciones, que permite observar la problemática que allí se presenta, siendo necesaria la rehabilitación de la vivienda o la reubicación de los ocupantes de la misma.

Un gran número de viviendas observadas, en los barrios anteriormente mencionados y el Centro del Municipio, presentan daños por irregularidades en su proceso constructivo. Es habitual encontrar grietas debido a la utilización de diferentes materiales o inadecuados apoyos, es decir, no existe unión entre los elementos utilizados como soporte (columnas) de y la losa

Dentro de las observaciones realizadas en la visita se encontraron, además, grietas en las losas de entepiso que guarda correspondencia con un proceso de desestabilización del terreno; lo cual se apoya en el testimonio de algunos habitantes de los barrios mencionados, quienes afirman que los suelos de estos sectores poseen poca compactación por haber sufrido en el pasado acumulación de material sobrante de la construcción del Municipio mismo.

Los resultados obtenidos en las encuestas se compilan en una base de datos espacial (ver figura 2), a partir de la cual se generaran los mapas de la vulnerabilidad estructural y corporal.

La digitalización de la información se realizó directamente en una Geodatabase, en el programa Arc Gis 9.3, la cual está asociada a los predios para luego determinar la vulnerabilidad a nivel de manzana, con el promedio de los valores registrados a nivel predial.

Manzana		No viv	Dens. Hab. D	Dens. Hab	Num Pisos	Avalúo	Dens. Viv	Area	Id
001	1	25,6578119195	26,8673119196	2	5925000	6,686529799	0,14699353229		
002	16	27,1321737742	33,5903364638	1	12117000	25,692536463	0,625173737367		
003	23	10,55755800012	13,2244975014	1	7900000	12,1757377013	1,06900253655		
004	15	4,95839425673	5,14975140009	1	3050000	30,7487570005	0,487924539726		
005	5	15,1552203965	38,310441993	1	3754000	23,9440262457	0,208820352463		
007	14	25,7442677764	30,5713417344	1	17939000	22,5262515049	0,621497052442		
008	9	104,189159028	131,389393645	1	18827000	40,7895709242	0,220752333683		
009	19	61,5708677885	95,7783365599	2	52688000	43,327617771	0,438518932726		
010	19	33,6347688488	53,815526538	1	18119000	42,6040377551	0,445987119577		
011	13	70,1345627665	91,9005008554	2	31197000	31,4395450333	0,413490673519		
013	3	24,5833050956	49,1366101912	2	3982000	18,4262286217	0,162811333966		
012	5	7,10293883915	7,10293883916	1	1277000	36,5146941958	0,140786795681		
017	13	162,710090341	197,576538271	1	27371000	75,5439705154	0,172085203658		
018	3	42,9008456224	54,6010762466	2	6336000	11,7002306243	0,256405202265		
019	14	55,3032493020	70,3462707392	1	36596000	32,2602291275	0,433970673073		
022	15	52,3791222527	65,1160736606	1	76609000	32,7369514079	0,45819782707		
023	3	4,90578447241	4,90578447241	2	12000000	4,90578447241	0,61152239227		
024	5	67,5331687419	80,0442249892	1	9031000	28,1385203091	0,177890452688		
025	14	49,94598217	74,9188732551	1	34503000	31,7830663556	0,440475671014		
027	0	0	0	0	0	0	0,177096326462		
028	9	41,6284680762	72,8498156334	1	24957000	31,2213495572	0,285264284781		
030	7	11,3573979626	22,7351963957	1	1435000	39,7959108	0,175930669469		
035	17	54,450665255	112,269250396	1	28914000	36,3440234302	0,480396553033		
036	12	50,4590572833	68,8218723738	1	34624000	26,6394912104	0,4160366537669		
038	12	36,8854252325	65,0915266461	5	57038000	26,0387714585	0,460596635624		
039	5	3,16936339473	7,82340371183	2	14175000	7,32340371183	0,631041455869		
041	10	55,1355485683	81,2523984185	2	62010000	29,0187087202	0,3446052715		
044	16	60,133069896	92,2045006567	1	15621000	64,1422811942	0,249445524715		
051	14	16,1354060946	23,3933943599	1	5637000	25,192893925	0,555719141579		
052	10	15,6227989629	31,2455979317	1	4527000	31,2455979317	0,32004503933		
054	64	72,4330154195	107,720894726	1	31954000	39,6214785201	1,6152850661		
055	14	1,83489158439	1,83489158439	1	1032000	27,084835814	0,516824785861		
056	8	5,67083167034	7,42777586045	2	2789000	14,855691209	0,538519201308		
063	38	24,1081211223	41,3262076381	2	2562000	37,864190335	0,2903585857652		
066	2	733,56003343	3,4541204176	2	42228000	6,902202357	0,380780955349		

Figura 2. Esquema del recorrido y sentido del reconocimiento a nivel predial por manzana.