



## **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  
PARA LA CABECERA MUNICIPAL DE  
BUGA**

**SUPERVISIÓN A CARGO DE  
HIDRO-OCCIDENTE**

**Santiago de Cali, Agosto 2010**

## TABLA DE CONTENIDO

<i>INTRODUCCIÓN</i>	7
<b>1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN</b>	<b>9</b>
<b>1.1. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD</b>	<b>9</b>
<b>2. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN</b>	<b>19</b>
<b>2.1. GENERALIDADES</b>	<b>19</b>
2.1.1. Definición de los límites de la zona urbana y de expansión del Municipio de Buga.	20
<b>2.1.2. Eventos históricos de los fenómenos de remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en el municipio de Buga.</b>	<b>21</b>
2.1.3. Escenarios de amenazas por remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales para el municipio de Buga	22
2.1.3.1. Escenarios de amenazas por remoción en masa	22
2.1.3.2. Escenarios de amenaza por inundación y avenidas torrenciales en el municipio de Buga	29
2.1.4. Adquisición y evaluación de la información para la evolución de la vulnerabilidad y escenarios de afectación para los fenómenos de remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales.	35
2.1.5. Identificación, caracterización y localización de los elementos corporales expuestos	37
2.1.5.1. Densidad de población por área de manzana (Ha)	37
2.1.5.2. Edad del jefe del hogar	39
2.1.5.3. Sexo del jefe del Hogar	39
2.1.5.4. Escolaridad del jefe del Hogar	42
2.1.5.5. Dependencia Infantil	42
2.1.6. Identificación, caracterización y localización de los elementos estructurales expuestos	45
2.1.6.1. Densidad de viviendas por área de manzanas.	45
2.1.6.2. Tipología estructural.	45
2.1.6.3. Tipología de las cubiertas	48
2.1.6.4. Estado de Conservación	48
2.1.6.5. Avalúo catastral	48
2.1.7. Evaluación de la vulnerabilidad y afectación por amenaza de remoción en masa en el área urbana y de expansión del municipio de Buga	52
2.1.7.1. Identificación del nivel de exposición de los de los elementos corporales y estructurales expuestos ante la amenaza por remoción en masa.	52
2.1.8. Cálculo de la fragilidad corporal y estructural de los elementos expuestos a la remoción en masa en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.	56
2.1.8.1. Fragilidad corporal ante fenómeno de remoción en masa	56
2.1.8.2. Fragilidad estructural ante fenómenos de remoción en masa	58
2.1.9. Calculo de la vulnerabilidad corporal, estructural y total o global ante fenómenos de remoción en masa en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.	60
2.1.9.1. Evaluación de la vulnerabilidad corporal ante amenaza de remoción en masa en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga	60
2.1.9.2. Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante amenaza de remoción en masa en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga	60
2.1.9.2. Calculo de la vulnerabilidad total o global ante amenaza de remoción en masa en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga	60

2.1.10. Estimación del grado de afectación o daño por amenaza de remoción en masa en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.	65
2.1.11. Escenarios de afectación diurno y nocturno	68
2.1.12. Evaluación de la vulnerabilidad y afectación por amenaza de inundaciones en el área urbana y de expansión del municipio de Buga	70
2.1.12.1. Identificación del nivel de exposición de los de los elementos corporales y estructurales expuestos ante la amenaza inundación	70
2.1.12.2. Fragilidad corporal y estructural ante fenómeno de inundación	74
2.1.13. Calculo de la vulnerabilidad total o global ante inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.	76
2.1.13.1. Evaluación de la vulnerabilidad corporal ante inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga	76
2.1.13.2. Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga	76
2.1.13.3. Calculo de la vulnerabilidad total o global ante inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga	76
2.1.14. Estimación del grado de afectación o daño por inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.	80
2.1.15. Escenarios de afectación diurno y nocturno.	83
2.1.16. Evaluación de la vulnerabilidad y afectación por amenaza de avenidas torrenciales en el área urbana y de expansión del municipio de Buga	84
2.1.16.1. Identificación del nivel de exposición de los elementos corporales y estructurales expuestos ante la amenaza de avenidas torrenciales	84
2.1.17. Fragilidad corporal y estructural ante fenómeno de avenidas torrenciales	88
2.1.18. Calculo de la vulnerabilidad total o global ante avenidas torrenciales en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.	90
2.1.18.1. Evaluación de la vulnerabilidad corporal ante avenidas torrenciales en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga	90
2.1.18.2. Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga	90
2.1.18.3. Calculo de la vulnerabilidad total o global ante inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga	90
2.1.19. Estimación del grado de afectación o daño por avenidas torrenciales en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.	94
2.1.20. Escenarios de afectación diurno y nocturno.	97
<b>3. CONCLUSIONES</b>	<b>99</b>
<b>4. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>103</b>
<b>5. ANEXOS</b>	<b>104</b>
<b>Anexo 2.1 Encuesta</b>	<b>105</b>
<b>Anexo 2.2 Guía metodológica para diligenciar el formulario para la evaluación de vulnerabilidad y de escenarios de afectación corporales y estructurales.</b>	<b>109</b>
<b>Anexo 2.3 Métodos de clasificación de datos</b>	<b>112</b>
<b>Anexo 2.4. Censo para evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de afectación de los elementos corporales y estructurales expuestos</b>	<b>118</b>

## CONTENIDO TABLAS

<i>Tabla 1.1 Asignación de importancias relativas entre variables</i>	10
<i>Tabla 1.2 Ponderación de la Exposición</i>	11
<i>Tabla 1.3 Ponderación de la Fragilidad Estructural</i>	12
<i>Tabla 1.4 Ponderación de la Fragilidad Corporal</i>	13
<i>Tabla 1.5 Clasificación de la vulnerabilidad</i>	15
<i>Tabla 1.6 Índices de afectación</i>	16
<i>Tabla 1.7 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Remoción en Masa</i>	16
<i>Tabla 1.8 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Inundaciones</i>	16
<i>Tabla 1.9 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Avenidas Torrenciales</i>	16
<i>Tabla 1.10 Relación entre modo de daño y densidad de población/escenario</i>	17
<i>Tabla 2.1. Escenarios de análisis para la estimación de factores de seguridad en fenómenos de remoción de masa.</i>	22
<i>Tabla 2.2 Principales aspectos de los niveles de amenaza por remoción en masa</i>	29
<i>Tabla 2.3. Nivel de frecuencia de los eventos de inundaciones y avenidas torrenciales</i>	30
<i>Tabla 2.4. Nivel de intensidad o magnitud del evento de inundación</i>	30
<i>Tabla 2.5. Nivel de amenaza según la frecuencia y la intensidad o magnitud de la inundación</i>	31
<i>Tabla 2.6 Nivel de intensidad o magnitud de la amenaza por avenidas torrenciales</i>	33
<i>Tabla 2.7. Nivel de amenaza según la frecuencia y la intensidad o magnitud de avenidas torrenciales</i>	33
<i>Tabla 2.8. Medidas de la información de predios asignadas a las manzanas</i>	37
<i>Tabla 2.9. Número de predios y personas expuestas al fenómeno de remoción en masa</i>	52
<i>Tabla 2.10. Ponderación de la fragilidad corporal para las amenazas por remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales</i>	56
<i>Tabla 2.11. Ponderación de la fragilidad estructural para la remoción en masa</i>	58
<i>Tabla 2.12. Número de predios y personas con vulnerabilidades alta media y baja ante el fenómeno de remoción en masa</i>	65
<i>Tabla 2.13. Número de viviendas y personas con afectación (riesgo) alto medio y bajo ante fenómeno de remoción en masa</i>	68
<i>Tabla 2.14. Modo de daño o afectación por fenómenos de remoción en masa</i>	68
<i>Tabla 2.15. Cantidad de personas afectadas o en riesgo por remoción en masa en escenarios diurnos y nocturnos</i>	70
<i>Tabla 2.16. Nivel de exposición de personas y predios ante fenómenos de inundación</i>	71
<i>Tabla 2.17. Ponderación de la fragilidad estructural ante inundación</i>	74
<i>Tabla 2.18. Número de viviendas y personas con vulnerabilidades alta media y baja ante inundaciones</i>	80
<i>Tabla 2.19. Modo de daño o afectación por inundaciones</i>	81
<i>Tabla 2.20. Cantidad de personas afectadas o en riesgo por remoción en masa en escenarios diurnos y nocturnos</i>	83
<i>Tabla 2.21. Personas y predios afectados por avenidas torrenciales</i>	85
<i>Tabla 2.22. Ponderación de la fragilidad estructural para avenidas torrenciales</i>	88
<i>Tabla 2.23. Número de viviendas y personas con vulnerabilidades alta media y baja ante avenidas torrenciales</i>	94
<i>Tabla 2.24. Modo de daño o afectación por Fenómenos de avenidas Torrenciales</i>	95
<i>Tabla 2.25. Cantidad de personas afectadas o en riesgo por avenidas torrenciales en escenarios diurnos y nocturnos</i>	97



## CONTENIDO FIGURAS

<i>Figura 2.1 Localización municipio de Buga.</i>	19
<i>Figura 2.2. Área Urbana No. 068 de 2000 artículo 19 del POT BUGA y la zona de expansión artículo 21 parágrafo I Plano Código No. 03.</i>	21
<i>Figura 2.3 Distribución porcentual de la amenaza por remoción en masa, escenario 1.</i>	23
<i>Figura 2.4 Zonificación de la Amenaza por Remoción en masa, escenario 1.</i>	24
<i>Figura 2.5 Distribución porcentual de amenaza, escenario 2.</i>	25
<i>Figura 2.6 Zonificación de la amenaza por remoción en masa, escenario 2.</i>	26
<i>Figura 2.7 Distribución porcentual de la amenaza por remoción en masa, escenario 3.</i>	27
<i>Figura 2.8 Zonificación de la amenaza por remoción en masa, escenario 3.</i>	28
<i>Figura 2.9 Mapa de amenaza por inundaciones en la zona urbana y de expansión de Buga.</i>	32
<i>Figura 2.10 Amenaza por avenidas torrenciales en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.</i>	34
<i>Figura 2.11 Diagrama de flujo de los cálculos espaciales de vulnerabilidad y afectación.</i>	36
<i>Figura 2.12 Densidad de habitantes.</i>	38
<i>Figura 2.13 Distribución de edad del jefe del hogar.</i>	40
<i>Figura 2.14 Distribución espacial de la jefatura del hogar por género.</i>	41
<i>Figura 2.15 Distribución espacial del jefe del hogar.</i>	43
<i>Figura 2.16 Distribución espacial del nivel de dependencia infantil.</i>	44
<i>Figura 2.17 Densidad de viviendas.</i>	46
<i>Figura 2.18 Distribución espacial de tipología estructural de las viviendas.</i>	47
<i>Figura 2.19 Distribución espacial de la tipología de cubiertas.</i>	49
<i>Figura 2.20 Distribución espacial del estado estructural de las viviendas.</i>	50
<i>Figura 2.21 Distribución espacial del avalúo catastral.</i>	51
<i>Figura 2.22 Personas en contacto con la amenaza de remoción en masa.</i>	52
<i>Figura 2.23 Viviendas en contacto con la amenaza de inundación.</i>	52
<i>Figura 2.24 Exposición corporal ante fenómenos de remoción en masa en la zona urbana y de expansión de Buga.</i>	54
<i>Figura 2.25 Exposición estructural ante fenómenos de remoción en masa en la zona urbana y de expansión de Buga.</i>	55
<i>Figura 2.26 Fragilidad corporal ante amenaza de remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales en la zona urbana y de expansión de Buga.</i>	57
<i>Figura 2.27 Fragilidad estructural ante amenaza de remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales en la zona urbana y de expansión de Buga.</i>	59
<i>Figura 2.28 Vulnerabilidad corporal ante fenómenos de remoción en masa en Buga.</i>	62
<i>Figura 2.29 Vulnerabilidad estructural ante fenómenos de remoción en masa en Buga.</i>	63
<i>Figura 2.30 Vulnerabilidad global ante fenómenos de remoción en masa en Buga.</i>	64
<i>Figura 2.31 Vulnerabilidad corporal ante remoción en masa</i>	65
<i>Figura 2.32 Vulnerabilidad estructural ante remoción en masa</i>	65
<i>Figura 2.33 Afectación de personas por remoción en masa.</i>	66
<i>Figura 2.34 Afectación de viviendas por remoción en masa.</i>	66
<i>Figura 2.35 Afectación o riesgo ante fenómenos de remoción en masa en Buga.</i>	67
<i>Figura 2.36 Escenarios de afectación diurno y nocturno para el municipio de Buga.</i>	69
<i>Figura 2.37 Personas en contacto con la amenaza de inundación.</i>	71
<i>Figura 2.38 Viviendas en contacto con la amenaza de inundación.</i>	71
<i>Figura 2.39 Exposición corporal ante inundaciones.</i>	72
<i>Figura 2.40 Exposición estructural ante inundaciones.</i>	73
<i>Figura 2.41 Fragilidad estructural ante fenómenos de inundación en Buga.</i>	75
<i>Figura 2.42 Vulnerabilidad corporal ante fenómenos de inundación en Buga.</i>	77
<i>Figura 2.43 Vulnerabilidad estructural ante fenómenos de inundación en Buga.</i>	78
<i>Figura 2.44 Vulnerabilidad global ante fenómenos de inundación en Buga.</i>	79

<i>Figura 2.45 Vulnerabilidad corporal ante inundaciones.</i>	80
<i>Figura 2.46 Vulnerabilidad estructural ante inundaciones.</i>	80
<i>Figura 2.47 Afectación de personas por inundación.</i>	81
<i>Figura 2.48 Afectación de viviendas por inundación.</i>	81
<i>Figura 2.49 Afectación ante fenómenos de inundación en Buga.</i>	82
<i>Figura 2.50 Escenarios de afectación diurno y nocturno.</i>	83
<i>Figura 2.51 Personas en contacto con la amenaza por avenidas torrenciales.</i>	84
<i>Figura 2.52 Viviendas en contacto con la amenaza por avenidas torrenciales.</i>	84
<i>Figura 2.53 Exposición corporal ante amenazas de avenidas torrenciales, municipio de Buga.</i>	86
<i>Figura 2.54 Exposición estructural ante amenazas de avenidas torrenciales, municipio de Buga.</i>	87
<i>Figura 2.55 Fragilidad estructural ante amenazas por avenidas torrenciales, municipio de Buga.</i>	89
<i>Figura 2.56 Vulnerabilidad corporal ante amenazas avenidas torrenciales, municipio de Buga.</i>	91
<i>Figura 2.57 Vulnerabilidad estructural ante amenazas por avenidas torrenciales, municipio de Buga.</i>	92
<i>Figura 2.58 Vulnerabilidad global ante amenazas por avenidas torrenciales, municipio de Buga.</i>	93
<i>Figura 2.59 Vulnerabilidad corporal ante avenidas torrenciales.</i>	94
<i>Figura 2.60 Vulnerabilidad estructural ante avenidas torrenciales.</i>	94
<i>Figura 2.61 Afectación de personas por avenidas torrenciales.</i>	95
<i>Figura 2.62 Afectación de viviendas por avenidas torrenciales.</i>	95
<i>Figura 2.63 Afectación por avenidas torrenciales, municipio de Buga.</i>	96
<i>Figura 2.64 Escenarios de afectación diurno y nocturno.</i>	97

## INTRODUCCIÓN

Los fenómenos naturales no se constituyen por sí mismos en 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 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 se consideran el *Riesgo* ó los *Escenarios de Afectación* como una combinación de dos factores: *la peligrosidad ó Amenaza* y *la Vulnerabilidad*

$$R = A \times V; \quad V = E \times F.$$

Donde:

R: Riesgo; A: Amenaza; V: Vulnerabilidad; E: Exposición; F: Fragilidad.

El presente informe pretende contribuir a mejorar la capacidad de prevención de daños debido a los fenómenos de remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales y para ello se realiza un acercamiento integral al riesgo desde la vulnerabilidad y los distintos escenarios de afectación que se presentan en el casco urbano y zona de expansión del municipio de Buga.

# **1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN**

# 1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN

## 1.1. CÁLCULO DE LA VULNERABILIDAD

La metodología para el cálculo de la vulnerabilidad y la afectación o riesgo, se fundamenta en una visión integral del riesgo planteado como un problema complejo. 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 particular potencialmente dañino; la exposición hace alusión al grado de sometimiento de un determinado elemento frente a un nivel de amenaza 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. Se considera como elementos expuestos las personas y las viviendas y haciendo la caracterización por manzana de cada uno de estos elementos.

Se adoptó la siguiente expresión lineal para evaluar la vulnerabilidad:

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

$Exp_{est}$  = grado de exposición de las estructuras

$Frag_{est}$  = fragilidad de las estructuras

$Exp_{corp}$  = grado de exposición de la población

$Frag_{corp}$  = fragilidad de la población

$C_1$  y  $C_2$  coeficientes de ponderación para cada vulnerabilidad normalizada

Todos los cálculos referidos a los elementos expuestos corporales y estructurales deberán normalizarse para poder hacer la combinación lineal de los elementos y obtener la vulnerabilidad global

Se asumen los valores de 7 para  $C_1$  y 3 para  $C_2$ , lo cual significa que la vulnerabilidad estructural es “muy fuertemente más importante”, mientras que la vulnerabilidad corporal es “moderadamente más importante” (ver Tabla 1.1 y Tabla 1.2) y en esta asignación, dentro de un panel de expertos, se tuvo en cuenta que el daño en la vivienda refuerza el daño corporal.

**Tabla 1.1** Asignación de importancias relativas entre variables

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

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

La exposición es la intersección de la densidad del elemento expuesto con el tipo de amenaza

$$Exp_e = Dens_e \cap A$$

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.

$\cap$ : Representa la intersección.

**Tabla 1.2** Ponderación de la Exposición

	Densidad Habitantes	Amenaza	Asignación de valores			Descripción	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>min</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

La fragilidad de una comunidad se mide a partir de una serie de variables cuyos valores nominales se jerarquizan de 1 a 10

$$Frag_e = \sum (var * par)$$

*Frag* Fragilidad del elemento expuesto.

$x \ x \ x \ x =$  variables

Y se pondera según la amenaza a la que está expuesta, en una escala que va de 0 a 1 donde los mayores valores indican una mayor importancia de la variable dentro del conjunto. El proceso de jerarquización y ponderación, se realizó dentro de un panel de expertos mediante un método heurístico basado en la experiencia y el criterio profesional de cada uno y el resultado se muestra en las Tabla 1.3 y 1.4. Es de anotar que la fragilidad corporal es decir, debilidad de personas es la misma para cualquier tipo de amenaza

**Tabla 1.3** Ponderación de la Fragilidad Estructural

Variable	Tipo	Valor de la Variable	Ranking* Asignación de valor			Descripción	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			
Altura respecto a la amenaza	I	Sobre nivel de banca llena	0	3	3	Baja para alturas por encima del nivel máximo del caudal del río			
	II	Al nivel de banca llena	0	8	8	Media para alturas al mismo nivel máximo del caudal del río	0	0,175	0,20
	III	Bajo el nivel de banca llena	0	10	10	Alta para alturas por debajo del nivel máximo del caudal del río			

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

\*Nota: Siendo los valores de las variables de tipo nominal se le asignan valores a estos valores de 1 a 10 proceso este que se llama **ranking**.



**Tabla 1.4** Ponderación de la Fragilidad Corporal

Variable	Tipo	Valor Variable	Asignación de valor	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	18-60 años	6	se propone baja vulnerabilidad cuando el jefe es adulto	
	III	> 60 años	8	Se propone alta vulnerabilidad cuando el jefe es adulto mayor de 60 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	

Los criterios empleados por los expertos a la hora de asignar los valores numéricos jerarquizados a los valores nominales de las variables, tanto estructural como corporal, responden al nivel de importancia relativa que tienen unos valores respecto a otros en términos de fragilidad; así, para los valores correspondientes a la variable “*material de construcción*” se asignaron determinados valores de 1- 10 y de mayor a menor. El valor mayor indica una mayor fragilidad de las viviendas cuyas paredes han sido levantadas con materiales rústicos, puesto que 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 de los 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 determinado fenómeno natural; en contraste con lo que ocurre en viviendas cuyo estado estructural es relativamente bueno, lo que garantiza una mayor resistencia física ante un fenómeno potencialmente dañino.

De igual forma, y bajo los mismos criterios se jerarquizaron los valores de las variables correspondientes a la exposición corporal; así, para las variable “*Sexo del jefe de hogar*” se asignaron valores que indican de 1-10 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 la variable “*Edad del jefe de hogar*” los valores de 1-10 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 a la variable “*Dependencia infantil*” los valores altos de 1-10 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 valores asignados a la variable “*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.

Una vez obtenida la vulnerabilidad, se adopta una escala numérica que indica los grados de vulnerabilidad, lo cual permite realizar la clasificación de la misma, de la siguiente manera (Tabla 1.5).

**Tabla 1.5** Clasificación de la 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, para lo cual se realiza un cruce entre el nivel de vulnerabilidad y el nivel de amenaza particular lo que dará los modos de daño o grados de afectación esperados, ver Tabla 1.6. Para los elementos expuestos según el nivel o grado de la amenaza dada. Se proponen tres clases para categorizar los modos de daño, ver Tablas 1.7, 1.8 y 1.9.

**Tabla 1.6** Índices de afectación

		Grado de vulnerabilidad			Modo de daño ó Afectación
		I	II	III	
Grado de Amenaza	I	I	II	III	II
	II	I	II	III	III
	III	II	III	III	III

**Tabla 1.7** 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 1.8** 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 1.9** 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, inundaciones y avenidas torrenciales, 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 adoptará la propuesta de complementar el análisis mediante la concepción de escenarios de afectación, lo que permitirá aproximarnos al daño específico en función del número o porcentaje de personas damnificadas y viviendas afectadas. Para generar dicho modelo se efectuará 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 1.10

**Tabla 1.10** Relación entre modo de daño y densidad de población/escenario

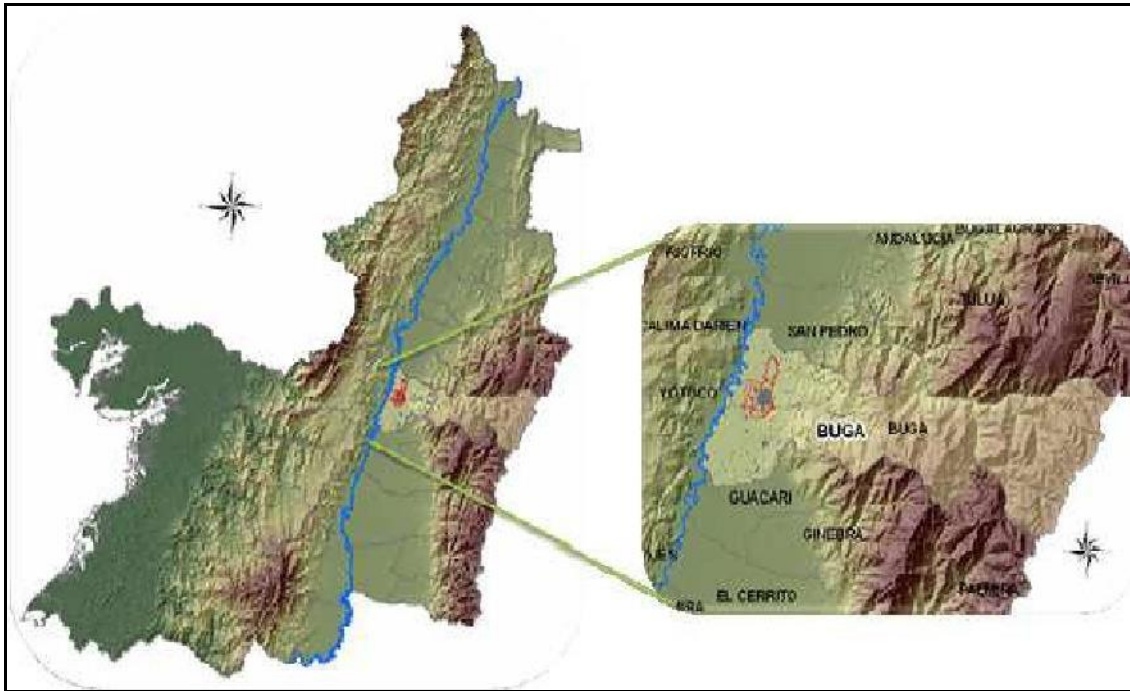
		DENSIDAD DE POBLACIÓN/ESCENARIO		
		ALTA	MEDIA	BAJA
MODO DE DAÑO	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO
	MEDIO	ALTO	MEDIO	BAJO
	BAJO	MEDIO	BAJO	BAJO
		ESCENARIO DE AFECTACIÓN		

**2. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD  
Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR REMOCIÓN EN  
MASA, INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES EN  
EL ÁREA URBANA Y ZONA DE EXPANSIÓN DEL  
MUNICIPIO DE BUGA.**

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

### 2.1. GENERALIDADES

El municipio de Buga está ubicado en la zona centro del Departamento del Valle del Cauca, en el frente montañoso occidental de la Cordillera Central donde se hace más angosto el valle geográfico (Figura 2.1), sus tierras son muy fértiles productivas, constituyéndose en una verdadera despensa agrícola y ganadera. El Río Guadaluja recorren la ciudad de oriente a occidente en la parte sur. La cabecera municipal se encuentra a 74 km al norte de Santiago de Cali, la capital del departamento y, a 126 km al oriente del Puerto de Buenaventura, el más importante puerto marítimo del occidente colombiano.



*Figura 2.1 Localización municipio de Buga.*

La cabecera Municipal se localiza en la entrada del río Guadaluja al valle geográfico del río Cauca, siendo de muchísima menor pendiente a la que trae el río en el sector montañoso y por ello por lo menos un 40% de Buga está construido sobre sedimentos antiguos del río Guadaluja y que como tal, las crecientes en temporada invernal podrían, dependiendo de la magnitud, abordar áreas del casco urbano.

El municipio tiene una extensión de 832 km<sup>2</sup> de los cuales 16,2 km<sup>2</sup> corresponden al área urbana, y el resto rural con aproximadamente 145 km<sup>2</sup> de clima cálido, 243 km<sup>2</sup> clima medio, 243 km<sup>2</sup> clima frío y 271 km<sup>2</sup> clima de páramo. La temperatura promedio es 22,3°C

y hacia el valle aluvial del río Cauca se presenta un clima de relativa sequía asociada a una temperatura cálida. En general, la precipitación tiene un carácter bimodal, presentando los mayores valores en los meses de abril-mayo y octubre-noviembre. Los rangos de precipitación anual se encuentran entre 1.000 y 2.000 milímetros, con un valor promedio de 1.389 mm. La población del Municipio es de 150.000 habitantes de los cuales el 90% se encuentra concentrado en el casco urbano y el 10% en la zona rural. Las alturas sobre el nivel del mar van de los 969 m hasta los 4.210 m en el Páramo de las Hermosas.

En el municipio y sus alrededores afloran unidades de roca que varían en edad desde el Mesozoico hasta el Cuaternario. En la cuenca hidrográfica del Río Guadalajara se presentan tres formaciones geológicas: La formación de rocas mesozoicas que es la más importante por ocupar el 45.13 % del área de la cuenca (14063.99 has) y dentro de esta se distinguen tres unidades: El Macizo Ofiolítico de Ginebra, el Batolito de Buga, y la Formación Amaime. En orden de importancia le siguen los depósitos Cuaternarios que se presentan como depósitos aluviales de gran extensión, 36.16 %, conformando la llanura aluvial del río Cauca y menores en el río Guadalajara, quebradas La María, Chambimbal y Janeiro, formadas por arenas, limos y arcillas, y los abanicos del piedemonte conformados por materiales gruesos granulares como cantos, guijarros y gravas y sobre estos está localizado el casco urbano de Buga. La formación terciaria La Paila está formada por rocas acumuladas por procesos de origen sedimentarios-volcánicos formando la zona de relieve colinado suavemente ondulado que colinda con el piedemonte del Valle Geográfico, ocupando el 16.79% de la cuenca y que limita con la parte oriental del casco urbano de Buga.

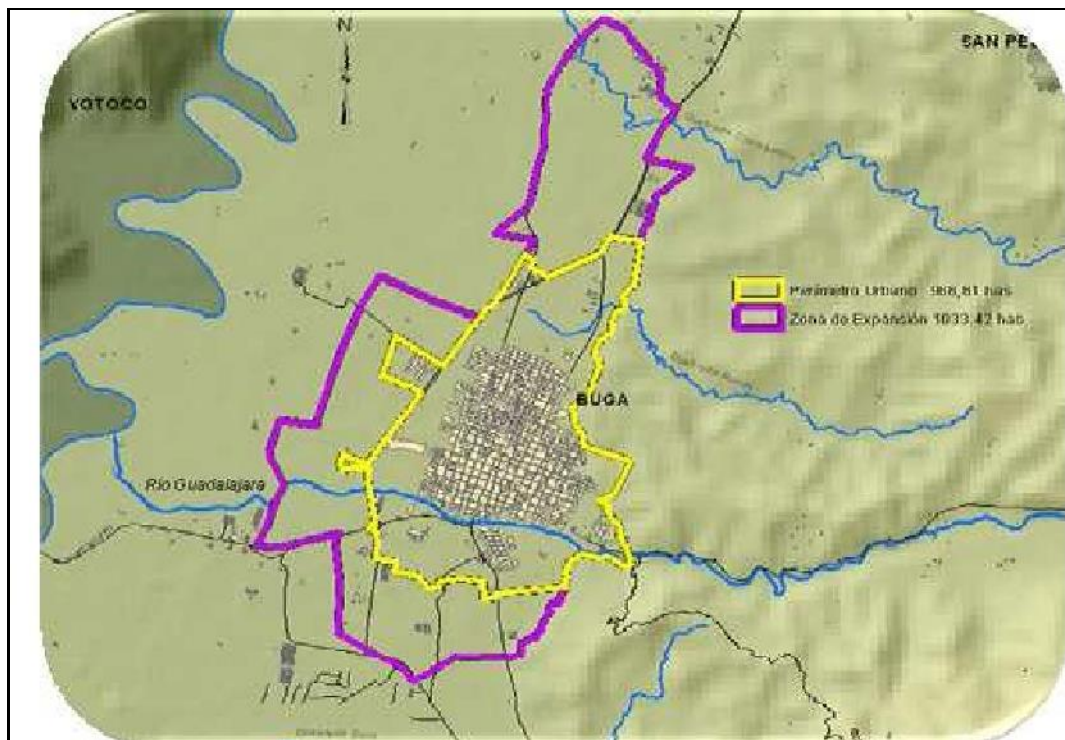
### **2.1.1. Definición de los límites de la zona urbana y de expansión del Municipio de Buga.**

El casco urbano de Buga fue fundado el 4 de Marzo de 1570 por Diego Díaz de Fuenmayor y otros, y cuenta actualmente, según el censo de 1993, con 104.067 habitantes ubicados en 18.582 viviendas. Para 1977, Buga de final de los años setenta y primera mitad de los ochenta continúa sus desarrollos de acuerdo con la tendencia predominante norte – sur, soportado en la expedición de instrumentos de regulación y reglamentación urbana tales como la definición de un perímetro urbano y expedición de un reglamento urbano (acuerdos No. 14 y el decreto 93 de 1983, respectivamente). A pesar de estos, se da un proceso de urbanización subnormal sobre la zona montañosa oriental de la ciudad, como efecto de la creciente demanda de vivienda de parte de un sector de la población.

La expansión sigue en un ritmo pausado, a través de desarrollos residenciales como Aures, Los Ángeles, otras etapas del Albergue, etc; además urbanizaciones tipo parcelación, como Lomas del Albergue. Igualmente, se construye el Patinódromo (1983). En el segundo quinquenio de los años 80, se establece una serie de herramientas destinadas a regular el territorio municipal y a reglamentar el proceso de urbanización y desarrollo físico y urbano, a través de la división del territorio municipal en corregimientos, y la formulación y ejecución parcial del plan maestro de Acueducto y Alcantarillado (1989). Posteriormente,



en 1993 el Acuerdo 43 divide el territorio urbano en comunas; en 1996 aparecen el Plan Vial y el Estatuto Urbano; en 1997 y 1998 el Plan de Desarrollo Municipal. Se considerará el perímetro urbano y el de expansión urbana del municipio de Buga para este proyecto, el definido en la cartografía del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), acuerdo No. 068 de 2000, artículo 19 y la zona de expansión artículo 21 parágrafo I de dicho acuerdo Plano Código No. 03.



*Figura 2.2. Área Urbana No. 068 de 2000 artículo 19 del POT BUGA y la zona de expansión artículo 21 parágrafo I Plano Código No. 03.*

### **2.1.2. Eventos históricos de los fenómenos de remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en el municipio de Buga.**

El Comité Local de Emergencia de Buga se constituye en 1993 y en el año 2003 se transforma por decreto nacional en CLOPAD. Siendo así que en Buga fue el primer municipio del Departamento del Valle del Cauca donde funcionó el CLOPAD y este se ha encargado de realizar los informes y visitas a los sitios afectados por emergencia, además de realizar planes de prevención de desastres. (Referencia al informe de historicidad del Proyecto MIDAS).

En el 2.001 debido a las fuertes lluvias se presentó un movimiento de tierra, en un sector de ladera en la loma donde se ubica el barrio Alto Bonito, el cual ocasionó el taponamiento de un tramo de la Acequia Chambimbal y generó su desbordamiento, que inundó parte del Barrio El Molino, esta acequia, derivación del río Guadalajara.

Se presentaron varios desbordamientos de la Acequia unos afectaron los barrios Bello Horizonte y Coviprof y otros desbordamientos que se presentaron afectaron al Barrio Las Palmitas. Se han identificado tres sitios de inundaciones provocadas por los desbordamientos de la Quebrada La Honda .que han sido causados por las basuras arrojadas a la quebrada lo cual provocó la inundación que afecto al barrio El Rosal. En este sitio, además de desbordarse en ambas márgenes, el agua reboso el puente”

### **2.1.3. Escenarios de amenazas por remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales para el municipio de Buga**

La evaluación del nivel de daño o afectación del municipio de Guadalajara de Buga requirió de la evaluación de las amenazas por remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales y la evaluación de los distintos niveles de vulnerabilidad inherentes a los elementos en exposición.

#### *2.1.3.1. Escenarios de amenazas por remoción en masa*

De acuerdo con estudios previos realizados en el marco del proyecto MIDAS, se modeló espacialmente la susceptibilidad de fenómenos de remoción en masa y se calcularon tres escenarios consecuencia de dos disparadores y la combinación de estos.: Ver Tabla 2.1

**Tabla 2.1.** Escenarios de análisis para la estimación de factores de seguridad en fenómenos de remoción de masa.

ESCENARIO	CONDICION	SISMO
1	Parcialmente saturado	Sin sismo
2	Seca	Con sismo
3	Parcialmente saturado	Con sismo

**Escenario 1.** Talud parcialmente saturado sin sismo. Se puede presentar durante lluvias fuertes y prolongadas, que ocasionen un rápido ascenso del nivel freático, así como la saturación del terreno. Bajo este escenario, se encuentra que el casco urbano y la zona de expansión no se verán afectados, a excepción de la zona sur oriental en donde históricamente se han presentado deslizamientos y en la actualidad existe un deslizamiento rotacional activado; en dicha zona se concentra el área de amenaza alta correspondiente al 0.5% del total de la amenaza que en gran parte corresponde a amenaza baja (98.5%) (Figura 2.3). La discriminación del nivel de amenaza para la zona de estudio, se presenta finalmente en la Figura 2.4, destacándose el hecho que tanto el perímetro urbano como la zona de expansión se encuentran en un nivel de amenaza baja.

**Escenario 2.** Talud seco con Sismo. Esta condición implica la generación de un sismo en verano, en la que el régimen de lluvias es mínimo, y el nivel freático se encuentra abatido. Para efecto de análisis se asume un coeficiente de aceleración horizontal de 0.2g. Como consecuencia del sismo las laderas del alto de la Cruz y del filo de El Derrumbado se verían afectadas (ver Figura 2.5), siendo la zona más afectada esta última. Nótese que aún para este escenario, la zona de amenaza alta es realmente pequeña. Ver Figura 2.6

**Escenario 3.** Talud parcialmente saturado con Sismo. Corresponde a la condición más crítica. Este escenario se asume que se presente un sismo durante un periodo de lluvias fuertes y prolongadas. El efecto del aumento en el nivel freático, como es el caso de lluvias torrenciales en la zona, tiene como consecuencia la falla de las laderas del costado oriental hacia el frente montañoso afectando los barrios Fuenmayor, La Revolución y la parte baja de Ato Bonito. Además también se verán afectadas las laderas de la zona suroriental correspondientes al Filo El Derrumbado y a la vereda El Tablazo muy cerca al casco urbano. En este se asume la ocurrencia de un sismo característico cuya aceleración máxima es de 0,20 g (intensidad VII en la escala EMS-98) durante un periodo de lluvias fuertes y prolongadas, tiene como consecuencia la falla en su totalidad de las laderas que bordean el casco urbano, afectando un sector importante del mismo, incluyendo la zona de expansión. Las zonas de ladera del municipio son las que presentan un alto nivel de amenaza, mientras que el sector del centro del municipio presenta niveles relativamente bajos . Ver Figuras 2.7 y 2.8.



*Figura 2.3 Distribución porcentual de la amenaza por remoción en masa, escenario 1.*

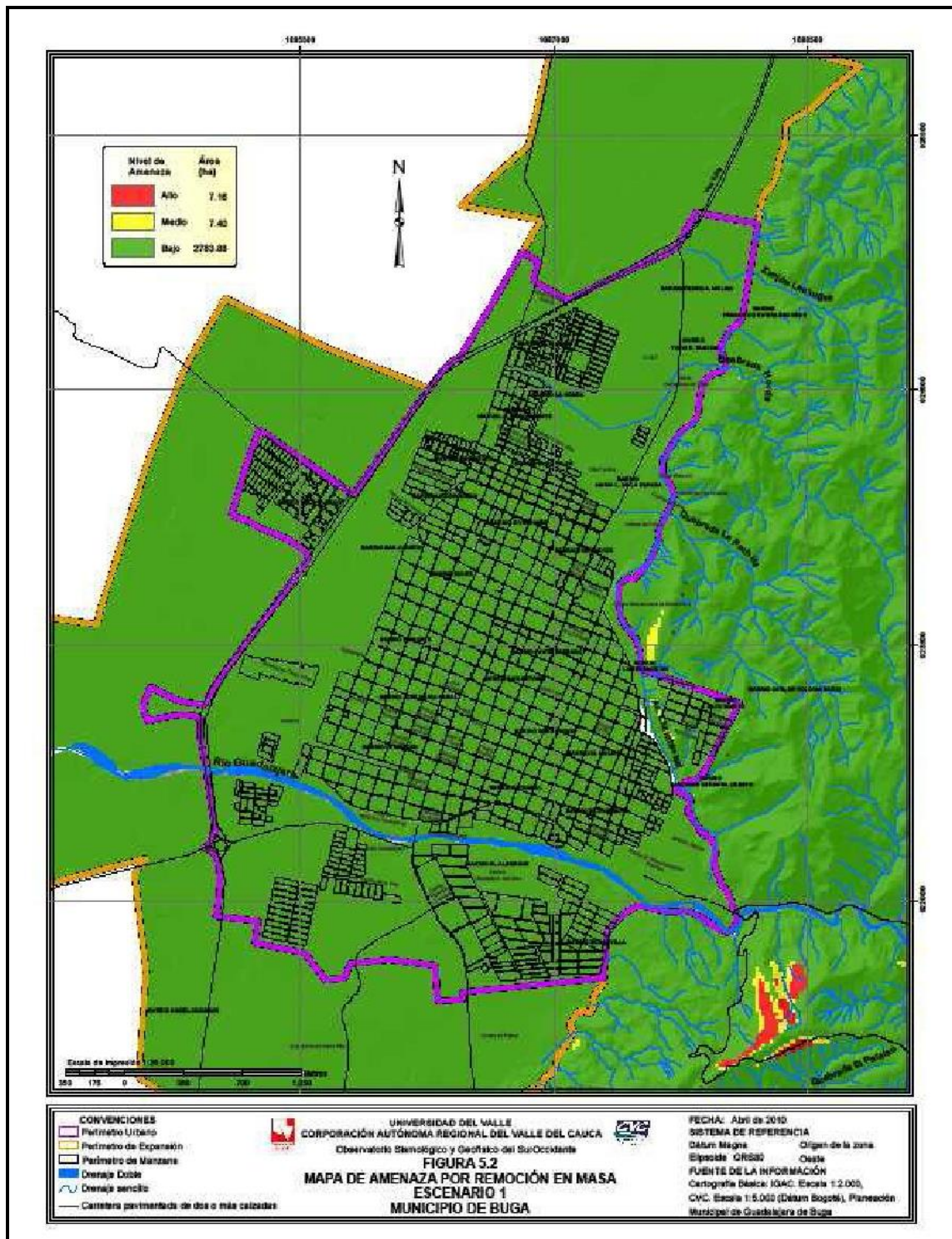


Figura 2.4 Mapa Amenaza por Remoción en masa, escenario 1.



*Figura 2.5 Distribución porcentual de amenaza, escenario 2.*



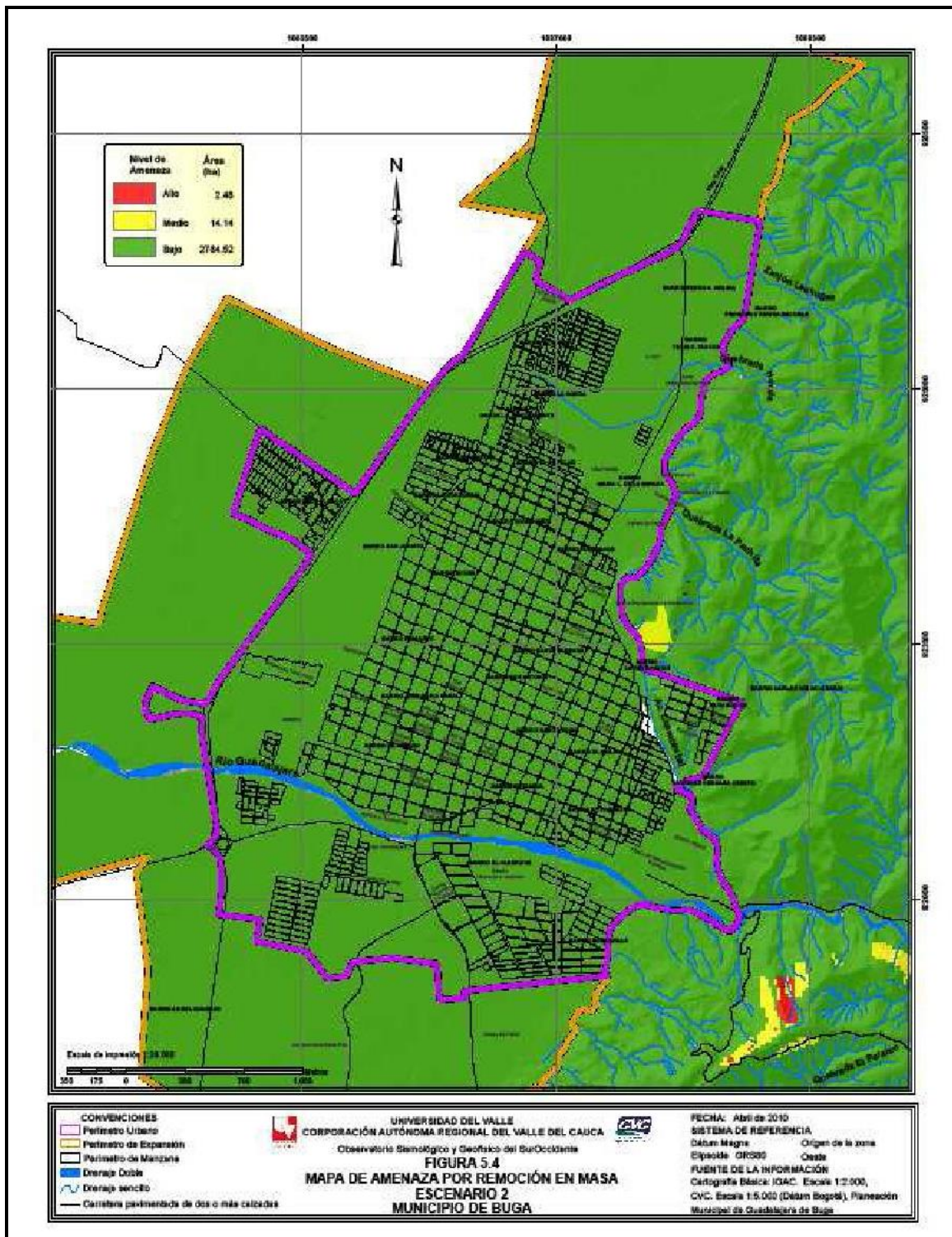


Figura 2.6 Zonificación de la amenaza por remoción en masa, escenario 2.



*Figura 2.7* Distribución porcentual de la amenaza por remoción en masa, escenario 3.



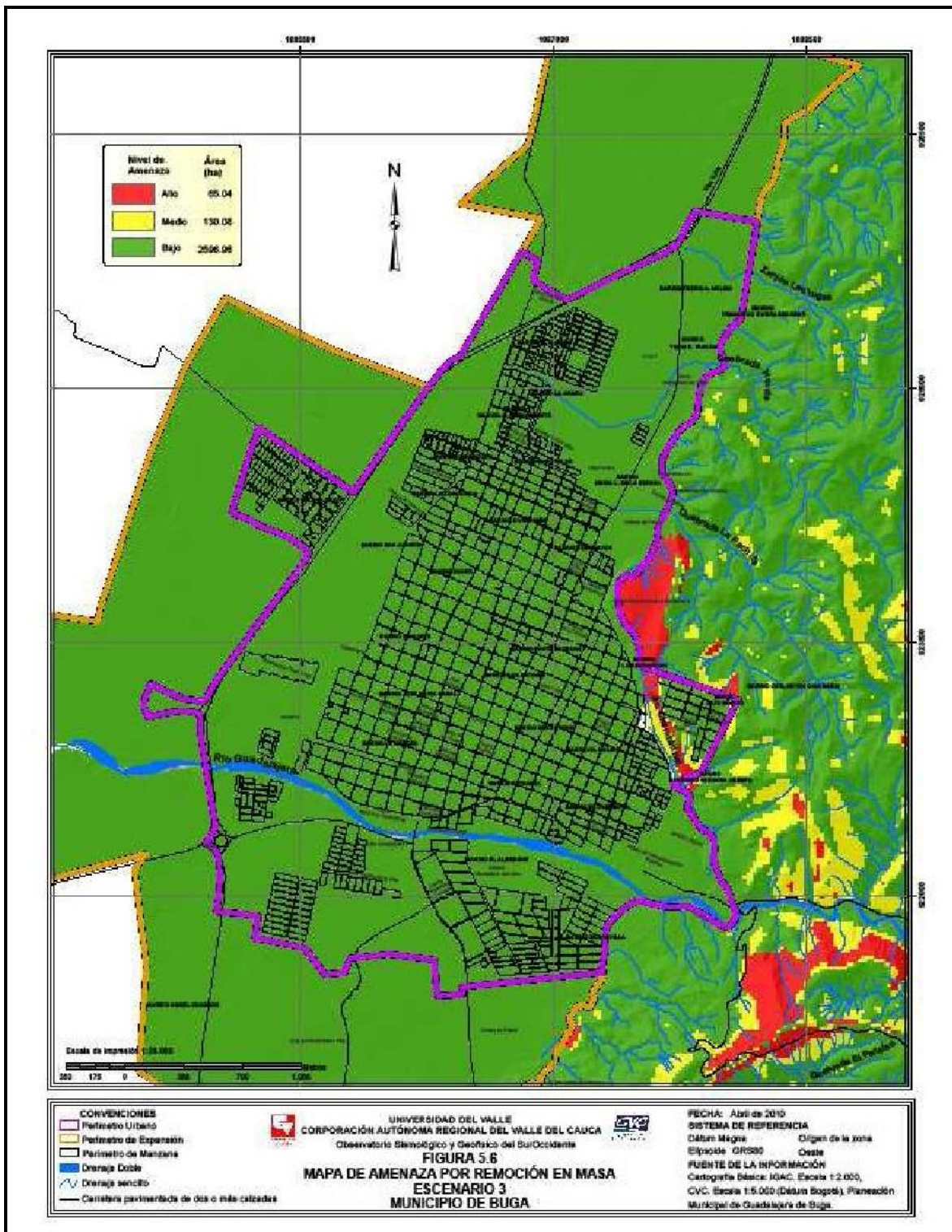


Figura 2.8 Zonificación de la amenaza por remoción en masa, escenario 3.



En la Tabla 2.2 se muestran los resultados escenarios de amenaza por remoción en masa y los principales aspectos de los niveles de amenaza, así como el significado para cada uno de los escenarios:

**Tabla 2.2** Principales aspectos de los niveles de amenaza por remoción en masa

<b>AMENAZA BAJA</b>	Áreas donde el terreno es estable por fenómenos de remoción en masa ante agentes externos. Corresponden a zonas planas o pendiente muy pequeña , urbanizadas
<b>AMENAZA MEDIA</b>	Áreas de pendiente intermedias, ubicadas en el sector oriental y colindan con el frente montañoso, donde el mecanismo de falla es de tipo traslacional. Presentan buena cobertura vegetal.
<b>AMENAZA ALTA</b>	Áreas con pendientes medias a fuertes, caracterizadas por presentar un espesor importante de suelo. El mecanismo de falla predominante hacia la ladera del alto de la Cruz es de tipo rotacional, mientras que en el sector sur oriental hacia el sector del filo del Derrumbado es de tipo traslacional. Se caracterizan por la falla del talud debido a algunos de los agentes externos descritos o por la combinación de ellos.

#### *2.1.3.2. Escenarios de amenaza por inundación y avenidas torrenciales en el municipio de Buga*

De acuerdo con estudios previos realizados en el marco del proyecto MIDAS, se evaluaron las amenazas por inundaciones y avenidas torrenciales originadas por las crecientes del río Guadalajara y las quebradas La Honda, La Pachita y Chambimbal para periodos de retorno de 10, 30 y 100 años y posteriormente se generó la cartografía de amenaza por inundaciones y avenidas torrenciales en la zona urbana y de expansión urbana del municipio de Guadalajara de Buga.

Los caudales correspondientes a las crecientes analizadas se calcularon a través de la modelación hidrológica a partir del análisis de los registros de las precipitaciones en las estaciones climatológicas ubicadas en la cuenca del río Guadalajara, considerando lluvias críticas de 18 horas de duración. Para la generación de los mapas de amenaza por inundaciones y avenidas torrenciales se construyó e implementó un modelo matemático bidimensional mediante el cual se simularon diferentes crecientes correspondientes a periodos de retorno de 10, 30 y 100 años.

La cartografía de amenaza por inundaciones y avenidas torrenciales se determinó realizando una zonificación de las áreas inundadas de acuerdo con los niveles de intensidad y frecuencia de cada uno de los fenómenos, con base en los resultados de la modelación hidrodinámica. Se establecieron tres niveles de amenaza según los rangos de frecuencia del fenómeno (representada en el periodo de retorno de la creciente) y el rango de magnitud o intensidad (representada por la profundidad de agua en las áreas inundadas, la velocidad de la corriente y el valor del producto de la profundidad por la velocidad, es decir, el caudal unitario). Ver Tabla 2.3.

**Tabla 2.3.** Nivel de frecuencia de los eventos de inundaciones y avenidas torrenciales

Frecuencia	Frecuencia de la inundación
$Tr \leq 10$ años	Alta
$10 \text{ años} < Tr \leq 30$ años	Media
$30 \text{ años} < Tr \leq 100$ años	Baja

A cada escenario seleccionado se le debe realizar una clasificación cualitativa de acuerdo con su intensidad o magnitud. Las características hidráulicas a tener en cuenta para determinar la intensidad o magnitud son la profundidad,  $H$ , la velocidad,  $V$ , y el producto de la profundidad por la velocidad,  $H*V$ .

Los umbrales de intensidad o magnitud del evento definidos en el presente estudio se presentan en la Tabla 2.4. El primer umbral determinado corresponde al nivel o profundidad del agua observada a partir de la cual las comunidades desalojan sus viviendas (0.45 m) y el segundo umbral corresponde al criterio en el cual se considera que la vida de una persona está en riesgo (0.90 m). En lo que respecta a la velocidad del flujo, los umbrales corresponden a 0.5 m/s y 0.8 m/s, respectivamente. Los umbrales del producto de la profundidad por la velocidad corresponden a 0.225 m<sup>2</sup>/s y 0.45 m<sup>2</sup>/s. Los umbrales definitivos de intensidad o magnitud del evento se toman de acuerdo con el rango de niveles, el rango de velocidades y los rangos del producto de la profundidad por la velocidad.

**Tabla 2.4.** Nivel de intensidad o magnitud del evento de inundación

Intensidad o magnitud de la inundación	Nivel de intensidad o magnitud de la inundación
$H \geq 0.9 \text{ m}$ ó $V \geq 0.8 \text{ m/s}$ ó $H*V \geq 0.45 \text{ m}^2/\text{s}$	Alta
$0.45 \text{ m} \leq H < 0.9 \text{ m}$ ó $0.5 \text{ m/s} \leq V < 0.8 \text{ m/s}$ ó $0.225 \text{ m}^2/\text{s} \leq H*V < 0.45 \text{ m}^2/\text{s}$	Media
$0.05 \text{ m} < H < 0.45 \text{ m}$ y $V < 0.5 \text{ m/s}$ y $H*V < 0.225 \text{ m}^2/\text{s}$	Baja

Los niveles de amenaza que se utilizaron son alta, media y baja, los cuales dependen de los niveles de frecuencia o recurrencia del evento y de los niveles de intensidad de la amenaza, expresada mediante los tres rangos de profundidades de agua recomendados, como se presenta en la Tabla 2.5 (Ver informe hidráulica clasificación de amenaza por inundaciones). Ver Figura 2.7.

**Tabla 2.5.** Nivel de amenaza según la frecuencia y la intensidad o magnitud de la inundación

Nivel de intensidad	Nivel de amenaza			
	Nivel de intensidad alto $H \geq 0.9 \text{ m}$ ó $V \geq 0.8 \text{ m/s}$ ó $H*V \geq 0.45 \text{ m}^2/\text{s}$	<b>Alto</b>	<b>Alto</b>	<b>Alto</b>
	Nivel de intensidad medio $0.45 \text{ m} \leq H < 0.9 \text{ m}$ ó $0.5 \text{ m/s} \leq V < 0.8 \text{ m/s}$ ó $0.225 \text{ m}^2/\text{s} \leq H*V < 0.45 \text{ m}^2/\text{s}$	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Medio</b>
	Nivel de intensidad bajo $0.05 \text{ m} < H < 0.45 \text{ m}$ y $V < 0.5 \text{ m/s}$ y $H*V < 0.225 \text{ m}^2/\text{s}$	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>Bajo</b>
Frecuencia de la inundación	Frecuencia alta $Tr \leq 10$	Frecuencia media $10 < Tr \leq 30$	Frecuencia baja $30 < Tr \leq 100$	

Los umbrales de intensidad o magnitud para flujos torrenciales se presentan en la Tabla 2.6, los cuales son menores a los definidos para las inundaciones. El primer umbral adoptado corresponde al nivel observado a partir del cual las comunidades desalojan sus viviendas (0.25 m) y el segundo umbral corresponde al criterio en el cual la vida de una persona se encuentra en riesgo (0.5 m). En lo que respecta a las velocidades, los umbrales corresponden a 0.25 m/s y 0.5 m/s, respectivamente. Los umbrales del producto de la profundidad por la velocidad son  $0.1 \text{ m}^2/\text{s}$  y  $0.25 \text{ m}^2/\text{s}$ . Los umbrales definitivos de intensidad o magnitud de la amenaza por avenida torrencial se toman de acuerdo con el rango de niveles, el rango de velocidades y los rangos del producto de la profundidad por la velocidad del flujo.

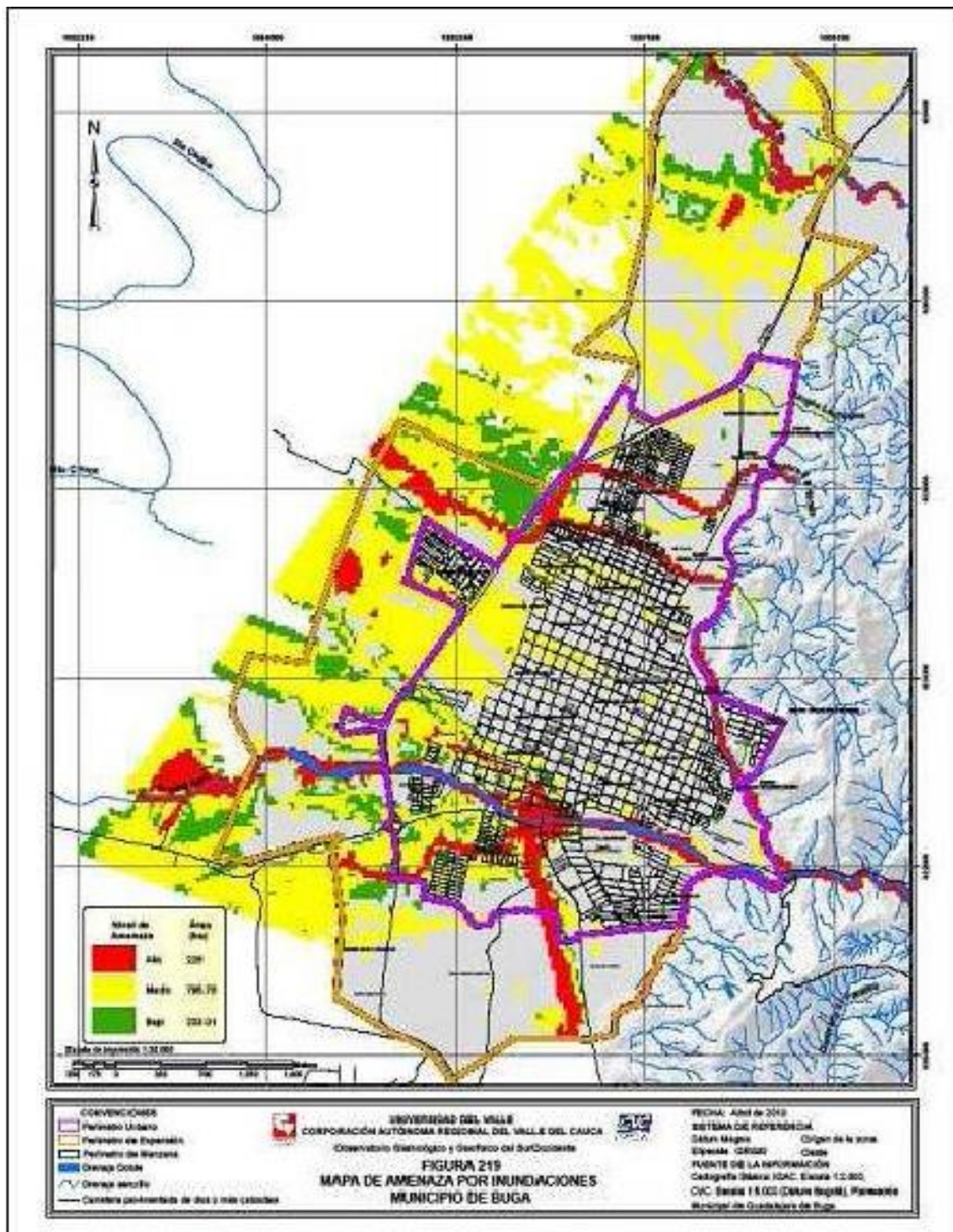


Figura 2.9 Mapa de amenaza por inundaciones en la zona urbana y de expansión de Buga.

**Tabla 2.6** Nivel de intensidad o magnitud de la amenaza por avenidas torrenciales

Intensidad o magnitud de la inundación	Nivel de intensidad o magnitud de la inundación
$H \geq 0.5\text{m}$ ó $V \geq 0.5 \text{ m/s}$ ó $H*V \geq 0.25 \text{ m}^2/\text{s}$	Alto
$0.25 \text{ m} \leq H < 0.5 \text{ m}$ ó $0.25 \text{ m/s} \leq V < 0.5 \text{ m/s}$ ó $0.1 \text{ m}^2/\text{s} \leq H*V < 0.25 \text{ m}^2/\text{s}$	Medio
$0.05 \text{ m} < H < 0.25 \text{ m}$ y $V < 0.25 \text{ m/s}$ y $H*V < 0.1 \text{ m}^2/\text{s}$	Bajo

Los niveles de amenaza que se recomienda utilizar son alta, media y baja, los cuales dependen de los niveles de frecuencia o recurrencia del evento y de los niveles de intensidad de la amenaza, expresada mediante los tres rangos de profundidades de agua recomendados. Ver Tabla 2.7 y Figura 2.10.

**Tabla 2.7.** Nivel de amenaza según la frecuencia y la intensidad o magnitud de avenidas torrenciales

		Nivel de amenaza		
Nivel de intensidad	<b>Nivel de intensidad alto</b> $H \geq 0.5 \text{ m}$ ó $V \geq 0.5 \text{ m/s}$ ó $H*V \geq 0.25 \text{ m}^2/\text{s}$	<b>Alto</b>	<b>Alto</b>	<b>Alto</b>
	<b>Nivel de intensidad medio</b> $0.25 \text{ m} \leq H < 0.5 \text{ m}$ ó $0.25 \text{ m/s} \leq V < 0.5 \text{ m/s}$ ó $0.1 \leq H*V < 0.25 \text{ m}^2/\text{s}$	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Medio</b>
	<b>Nivel de intensidad bajo</b> $0.05 \text{ m} < H < 0.25 \text{ m}$ y $V < 0.25 \text{ m/s}$ y $H*V < 0.1 \text{ m}^2/\text{s}$	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>	<b>Bajo</b>
Frecuencia de la inundación		Frecuencia alta $Tr \leq 10$	Frecuencia media $10 < Tr \leq 30$	Frecuencia baja $30 < Tr \leq 100$



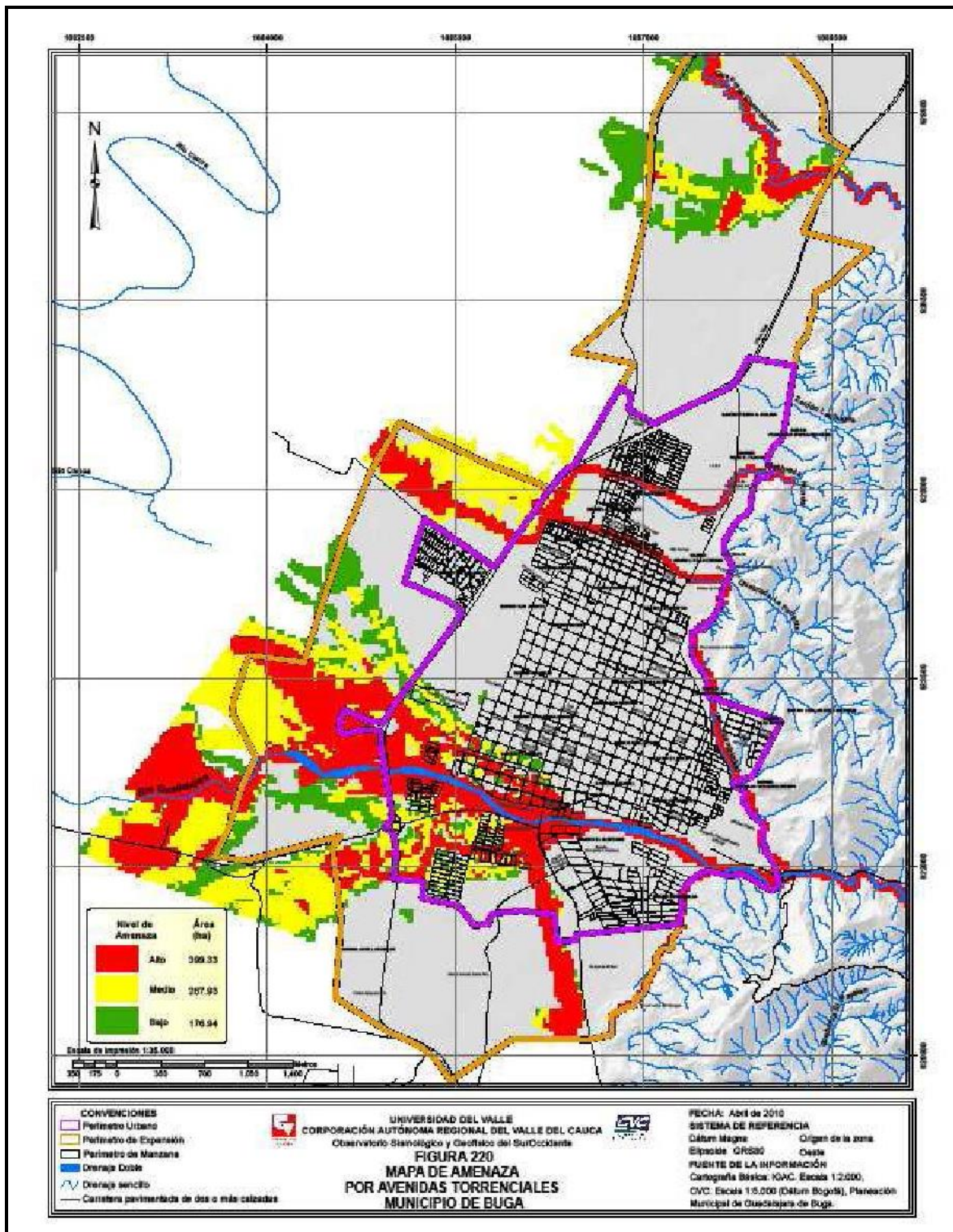


Figura 2.10 Amenaza por avenidas torrenciales en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.

#### **2.1.4. Adquisición y evaluación de la información para la evolución de la vulnerabilidad y escenarios de afectación para los fenómenos de remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales.**

Todos los procesos se realizaron espacialmente y por ello se utilizó la cartografía urbana y del área de expansión producida por el IGAC en Sistema de Referencia MAGNA que se complementó con información predial de la Secretaria de Planeación del Municipio de Buga.

En el mes de mayo se realizó un levantamiento de la información predial y socioeconómica de las áreas expuestas a amenaza de los distintos eventos para el municipio de Buga, mediante encuestas y muestreo en las manzanas que presentaron los mayores niveles de exposición. (Anexo 2.1). Las encuestas se realizaron en las manzanas próximas a los cauces de los ríos y quebradas que atraviesan al Municipio, incluyéndose algunas acequias, además de la zona de ladera al oriente; dichas zonas presentan altos niveles de amenaza para los eventos en estudio y en los sitios que históricamente han sido afectados por los eventos a modelar.

Las observaciones iniciales permitieron identificar los lugares que revelan mayores problemas o falencias, permitiendo así la caracterización de los elementos corporales y estructurales expuestos en dichas zonas.

Los barrios donde se realizaron reconocimientos en campo y el levantamiento de la información predial y socioeconómica son:

- Al norte, en proximidades a las quebradas La Honda y La Pachita: Jorge Eliecer Gaitán, Popular, El Caracolí, El Jardín, Los Rosales.
- Al Oriente: Alto Bonito.
- Al Sur, en proximidades al río Guadalajara de Buga: La Merced, Ricaurte, Estambul, José María Cabal; Prados de la Julia, El Albergue, Los Ángeles, Aures, Portales del Río, Capri.

En los barrios encuestados al norte del municipio, las observaciones manifestadas por los habitantes, respecto a la amenaza, apuntan a disminución de los eventos relacionados a inundaciones debido a la ejecución en los últimos años de acciones comunitarias y obras por parte de la Administración local, tales como el mantenimiento y aumento en la sección de las quebradas, que han reducido la frecuencia de estos eventos.

En cuanto a la amenaza por remoción en masa latente en las laderas del barrio Alto Bonito, se puede identificar viviendas con falencias estructurales y mayor fragilidad de las poblaciones localizadas en la zona de mayor pendiente en el límite occidental del barrio colindante con la acequia Chambimbal, donde se evidencia un deficiente manejo en la captación de aguas de escorrentía, como problema que contribuye a la inestabilidad del terreno.

Al sur, las viviendas próximas al río Guadalajara de Buga pertenecen a un estrato socioeconómico superior al promedio del municipio, donde se identifica una mayor conservación de las estructuras y obras menores de mitigación frente a las viviendas (canales de aguas lluvias).

Las manzanas expuestas a inundación localizadas en el centro del municipio, son asociados históricamente a eventos de lluvias que ocasionan la colmatación del sistema de alcantarillado, y no necesariamente se le atribuye una susceptibilidad por el desbordamiento de cauces adyacentes.

Una vez obtenidas las amenazas por remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales, los elementos estructurales (viviendas) se complementaron con la Información Catastral Municipal y Levantamiento Predial de la Microzonificación Sísmica de Tuluá, Buga y Palmira (Uniandes, 2005) y los elementos corporales (información sobre personas) con el SISBEN III, se construyó la base de datos georreferenciada a las manzanas con la información para realizar los cálculos finales de Vulnerabilidad y Escenarios de Afectación por manzana para cada tipo de amenaza y se calcularon espacialmente todos los elementos que componen la vulnerabilidad y afectación ante cada una de las amenazas. Ver Figura 2.11. Para realizar los análisis espaciales se utilizó el ARCGIS 9.3

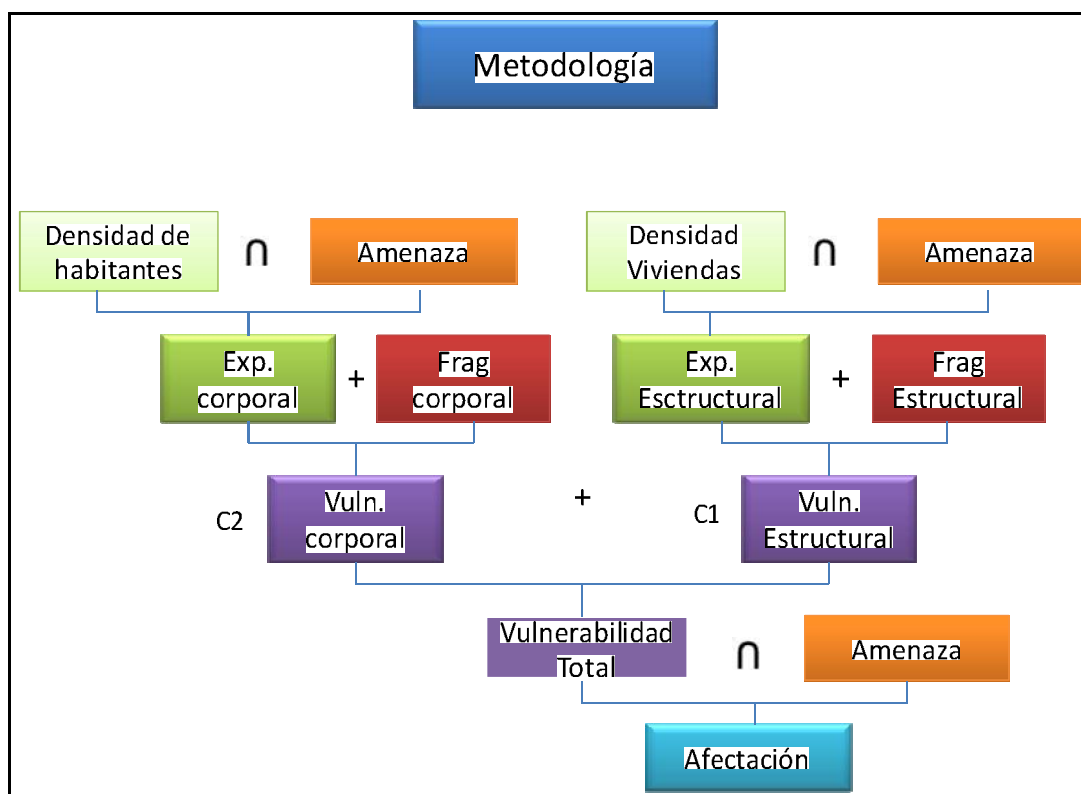


Figura 2.11 Diagrama de flujo de los cálculos espaciales de vulnerabilidad y afectación.



### 2.1.5. Identificación, caracterización y localización de los elementos corporales expuestos

La identificación de los elementos expuestos tanto corporales como estructurales se establece mediante la intersección de la densidad del elemento expuesto con el tipo de amenaza

$$Exp_i = Dens_i \cap Amenaza_j$$

i = corporal y estructural

j = inundaciones, avenidas torrenciales y escenario crítico de remoción en masa

Los cálculos se realizaron georreferenciando las bases de datos y el muestreo realizados en campo y para ser conscientes con la escala del proyecto se agregaron los predios a nivel de manzana asignando a las manzanas las medidas de los datos que se muestran en la Tabla 2.8 y se obtuvieron los siguientes resultados

**Tabla 2.8.** Medidas de la información de predios asignadas a las manzanas

Elementos corporales	
Densidad poblacional	Número de habitantes por área
Edades del jefe del hogar	Moda
Sexo del jefe del hogar	Moda
Escolaridad del jefe del hogar	Moda
Dependencia infantil	(Niños/adultos)*100
Elementos Estructurales	
Densidad de viviendas	Número de viviendas por área
Tipología constructiva	Moda
Estado de conservación	Moda
Tipología de cubiertas	Moda
Avalúo catastral	Sumatoria

#### 2.1.5.1. Densidad de población por área de manzana (H<sub>a</sub>)

De acuerdo con los datos obtenidos de las distintas fuentes de información se pudo caracterizar demográficamente la densidad poblacional por área de manzana en hectáreas de las zonas afectadas por cualquiera de las tres amenazas. (RM, I, AT). Ver Figura 2.12.

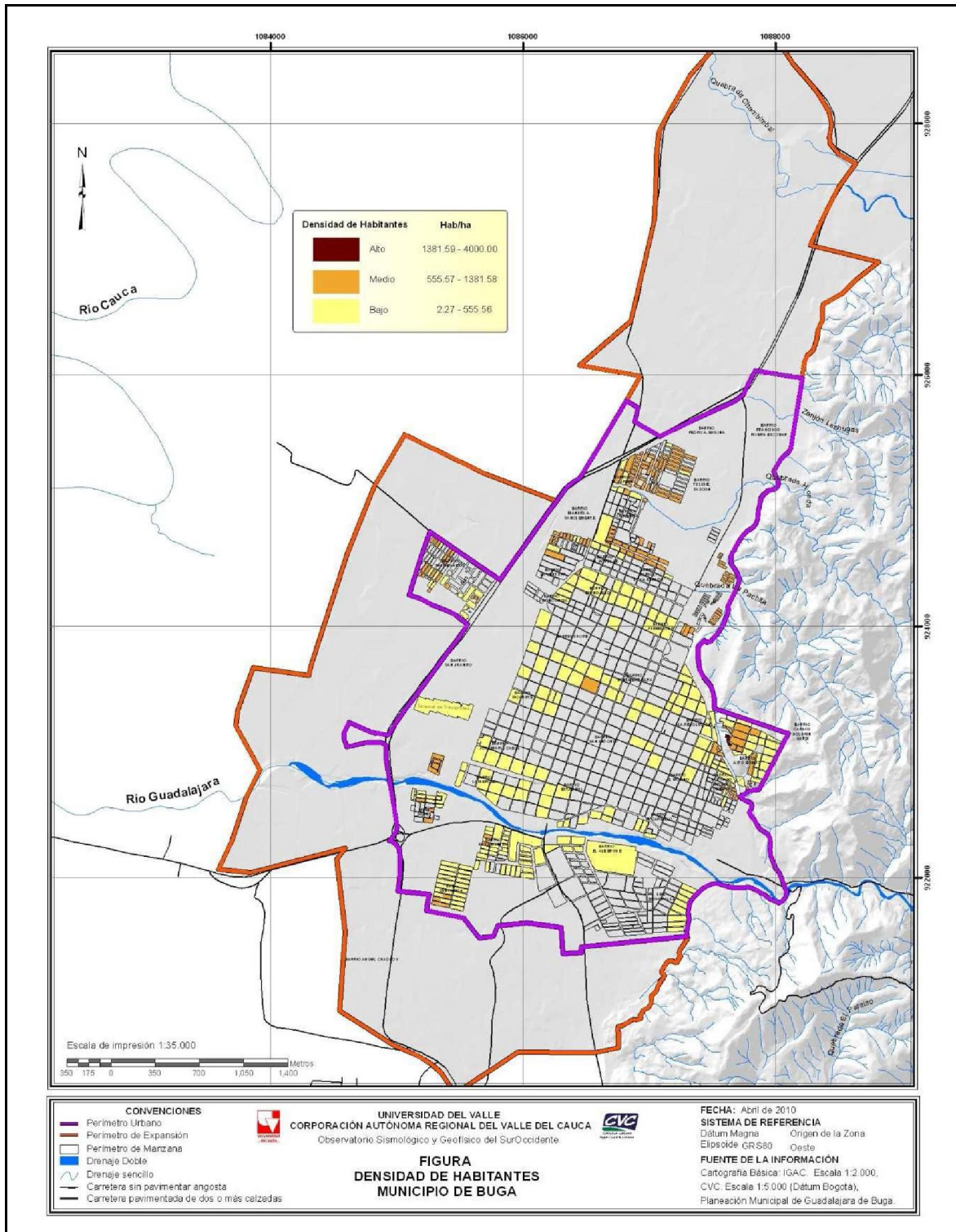


Figura 2.12 Densidad de habitantes.

#### *2.1.5.2. Edad 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 inversa, lo que permite inferir que en los hogares donde el jefe de hogar es menor de edad, los niveles tienden a ser altos, en los jefes adultos los niveles son relativamente bajos, mientras que en los hogares cuyos jefes de hogar son adultos mayores (60 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 dentro del ciclo de vida familiar, por lo cual puede interpretarse 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. Ver Figura 2.13.

#### *2.1.5.3. Sexo del jefe del Hogar*

Con relación a la condición de género del jefe de hogar, se tiene que mientras en los hogares con jefatura masculina hay niveles de fragilidad menores que en los hogares con jefatura femenina. Éste indicador adquiere mucha más relevancia si se asocia a con otros indicadores como educación y dependencia infantil. Ver Figura 2.14.

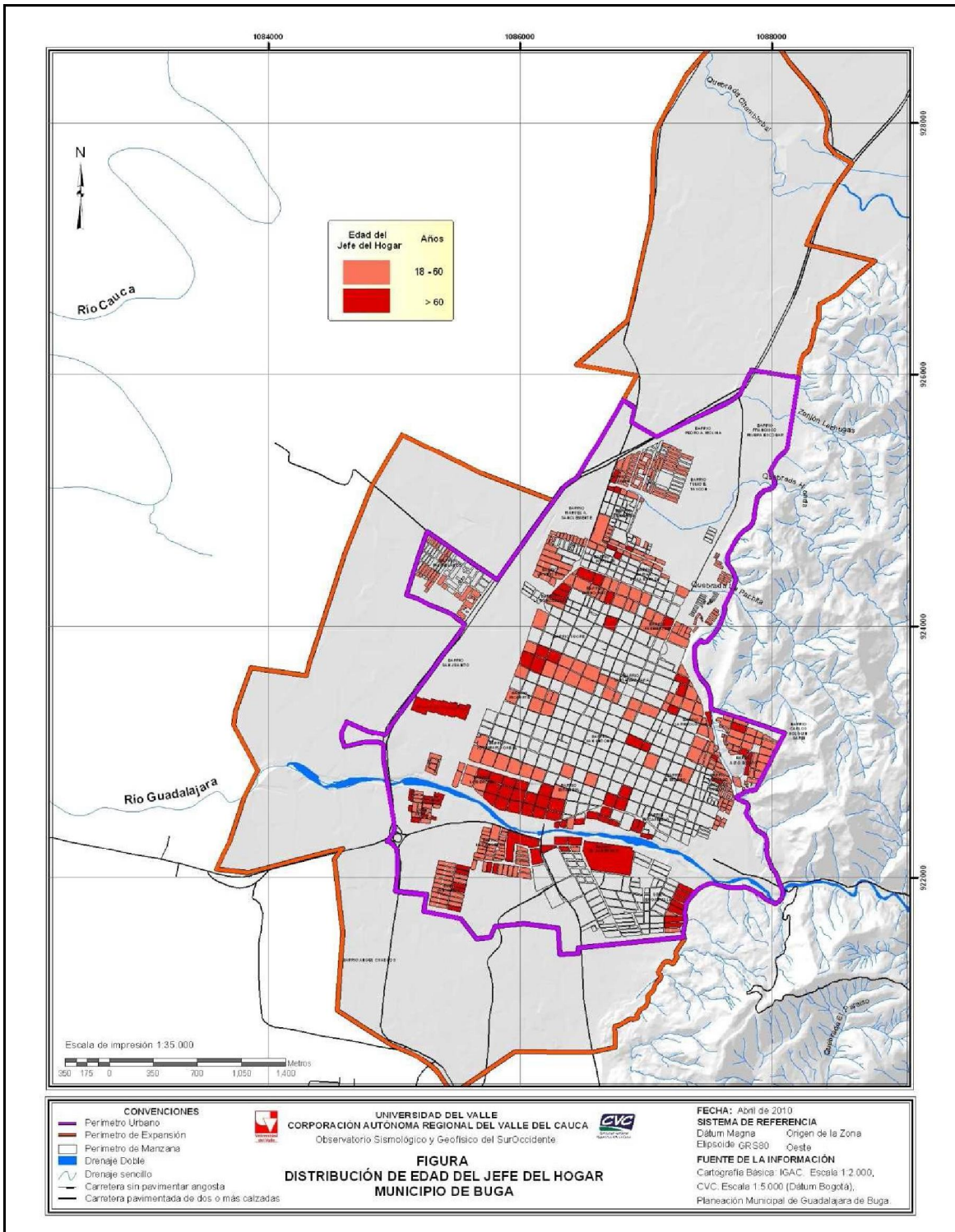


Figura 2.13 Distribución de edad del jefe del hogar.



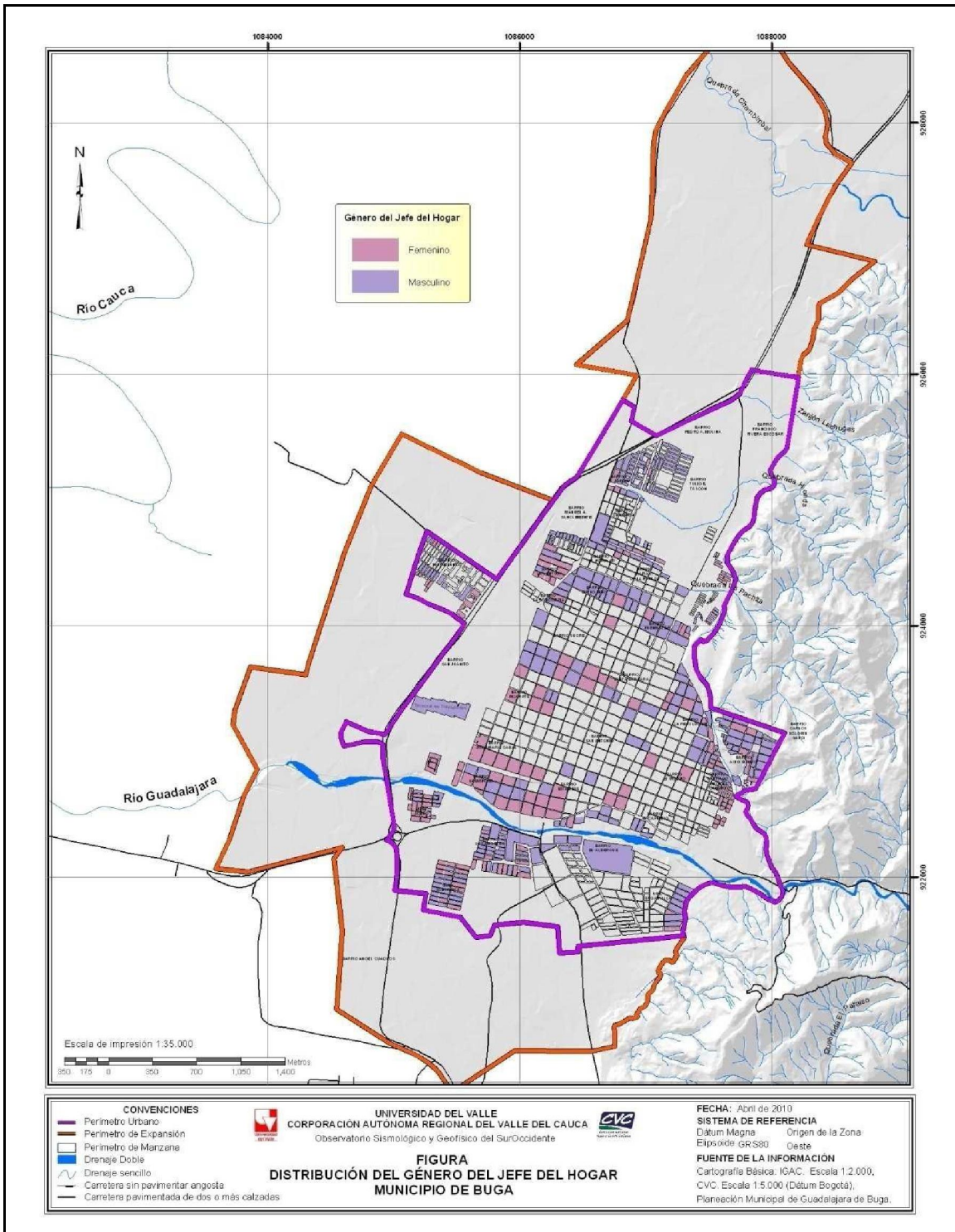


Figura 2.14 Distribución espacial de la jefatura del hogar por género.

#### 2.1.5.4. *Escolaridad del jefe del Hogar*

El analfabetismo o la escasa escolaridad es uno de los rasgos característicos de los colectivos sociales más vulnerables... La carencia del *saber social* influye negativamente en saberes sobre su amenaza que enfrentan y la manera de enfrentarse a esta. Ver Figura 2.15.

#### 2.1.5.5. *Dependencia Infantil*

Este indicador establece la proporción entre la población infantil con respecto a la población adulta; el índice total indica qué cantidad de niños menores de 18 años están a cargo de una persona adulta. Este indicador muestra la “carga” sobre la disponibilidad de adultos y su relevancia en el diagnóstico de la vulnerabilidad tiene que ver con que se trata de un valor síntesis o de relación entre estos dos grupos de edad. En este caso niveles de dependencia infantil elevados son indicativos de mayor vulnerabilidad. Resulta en términos operativos desde el punto de vista de la gestión del riesgo en sus diferentes etapas (prevención, respuesta, recuperación, reparación, etc.) estimar cuantas personas están a cargo de otras en la toma de decisiones y para las acciones concretas. La discriminación por dependencia infantil para el municipio de Buga (ver mapa 3.10) se realizó de acuerdo a los datos obtenidos en tres clases, 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 supone un rasgo de heterogeneidad poblacional respecto a la fragilidad o debilidad potencial de cada uno de ellos para afrontar las situaciones de peligro. 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 jóvenes supone de antemano la falta de éstas aptitudes. Ver Figura 2.16.

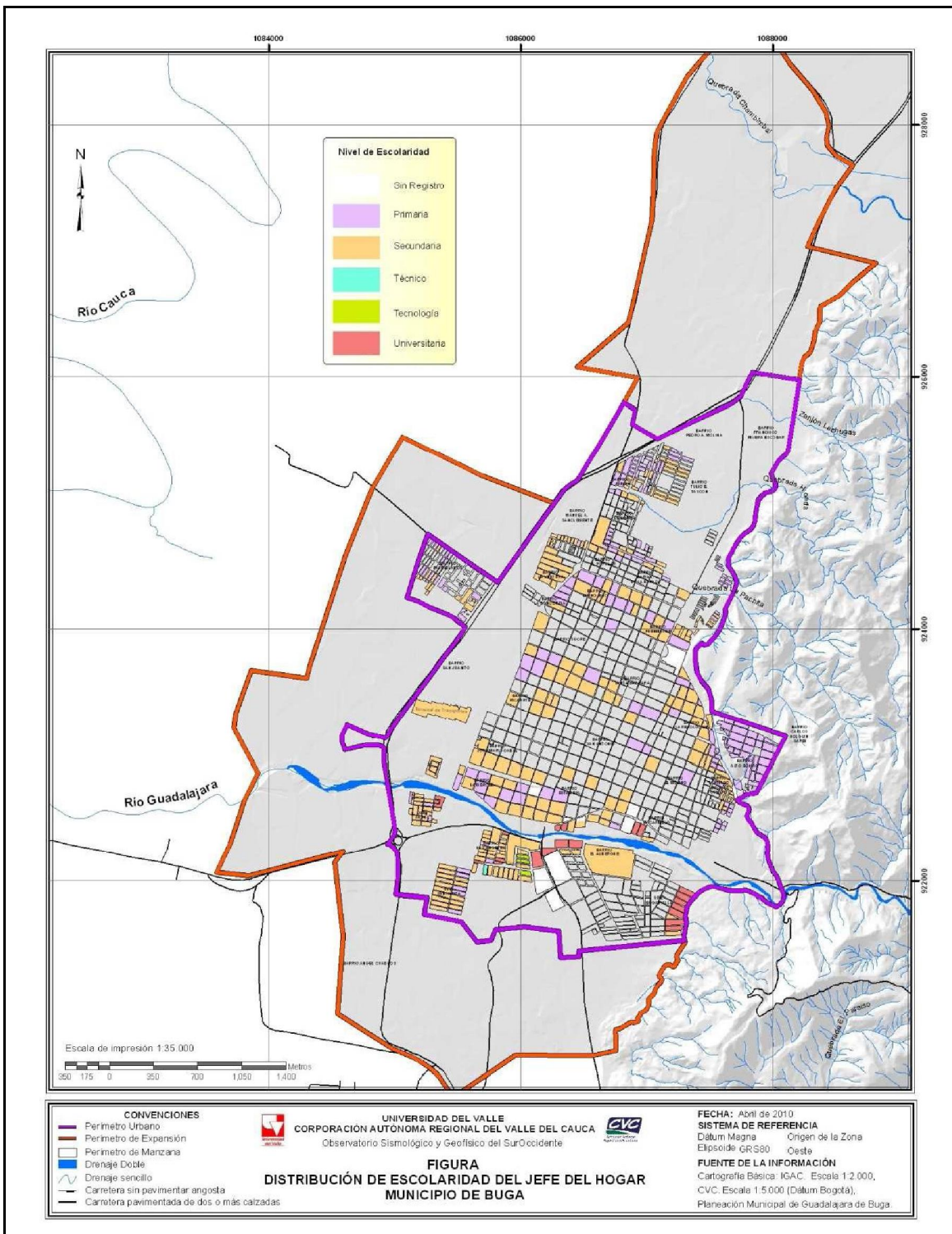
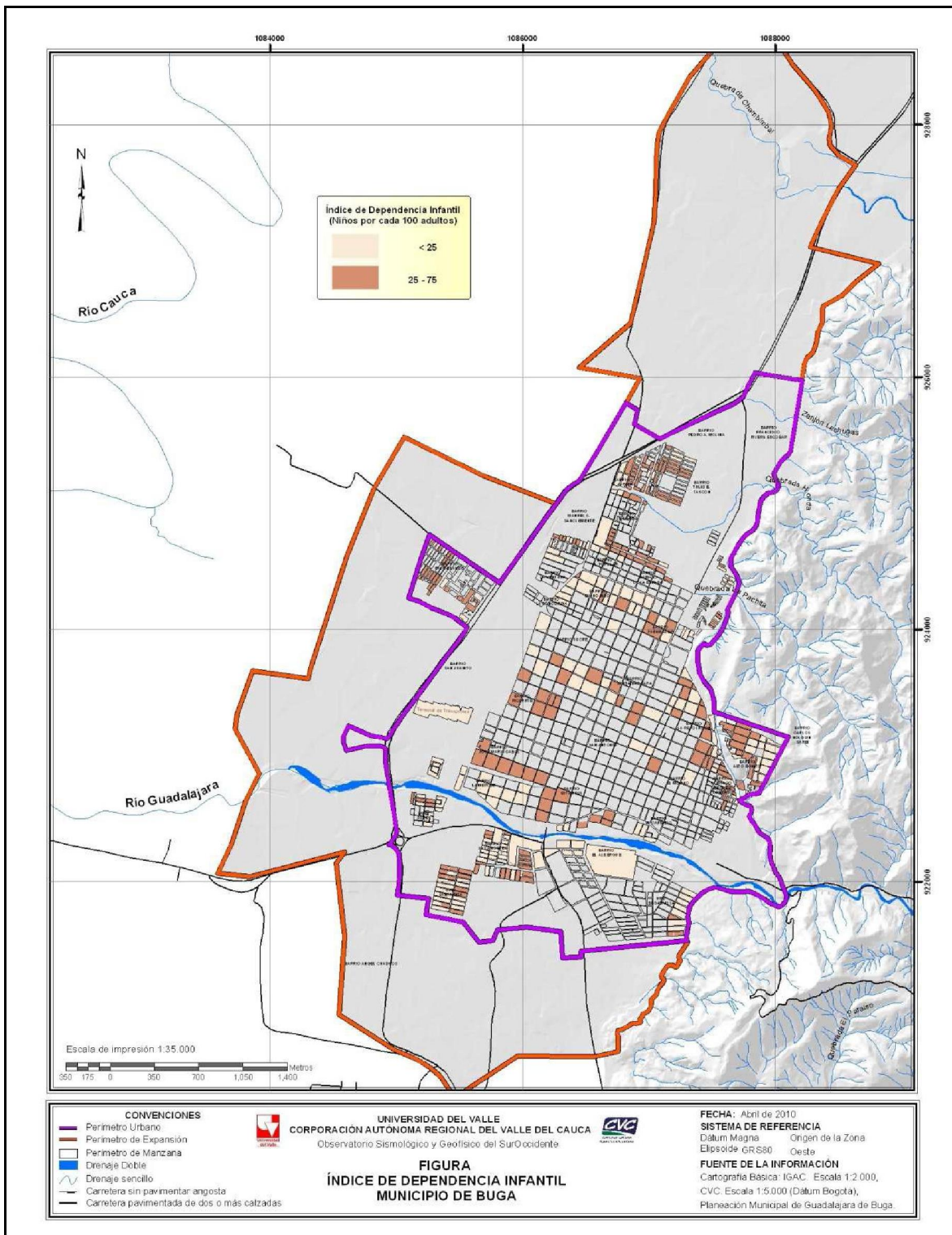


Figura 2.15 Distribución espacial de la escolaridad del jefe del hogar.





*Figura 2.16 Distribución espacial del nivel de dependencia infantil.*



## **2.1.6. Identificación, caracterización y localización de los elementos estructurales expuestos**

### *2.1.6.1. Densidad de viviendas por área de manzanas en unidades de hectárea.*

Este indicador se obtuvo en la etapa de recolección y levantamiento de información predial, necesaria para determinar los niveles de exposición estructural. Ver Figura 2.17.

### *2.1.6.2. Tipología estructural.*

De acuerdo a la experiencia, los fenómenos de remoción, en masa inundaciones y avenidas torrenciales ocasionan daños masivos en las viviendas. El tipo de material del cual estén construidos 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 de tipología estructural reflejan una predominancia de viviendas construidas en mampostería principalmente adobe y bahareque. Ver Figura 2.18

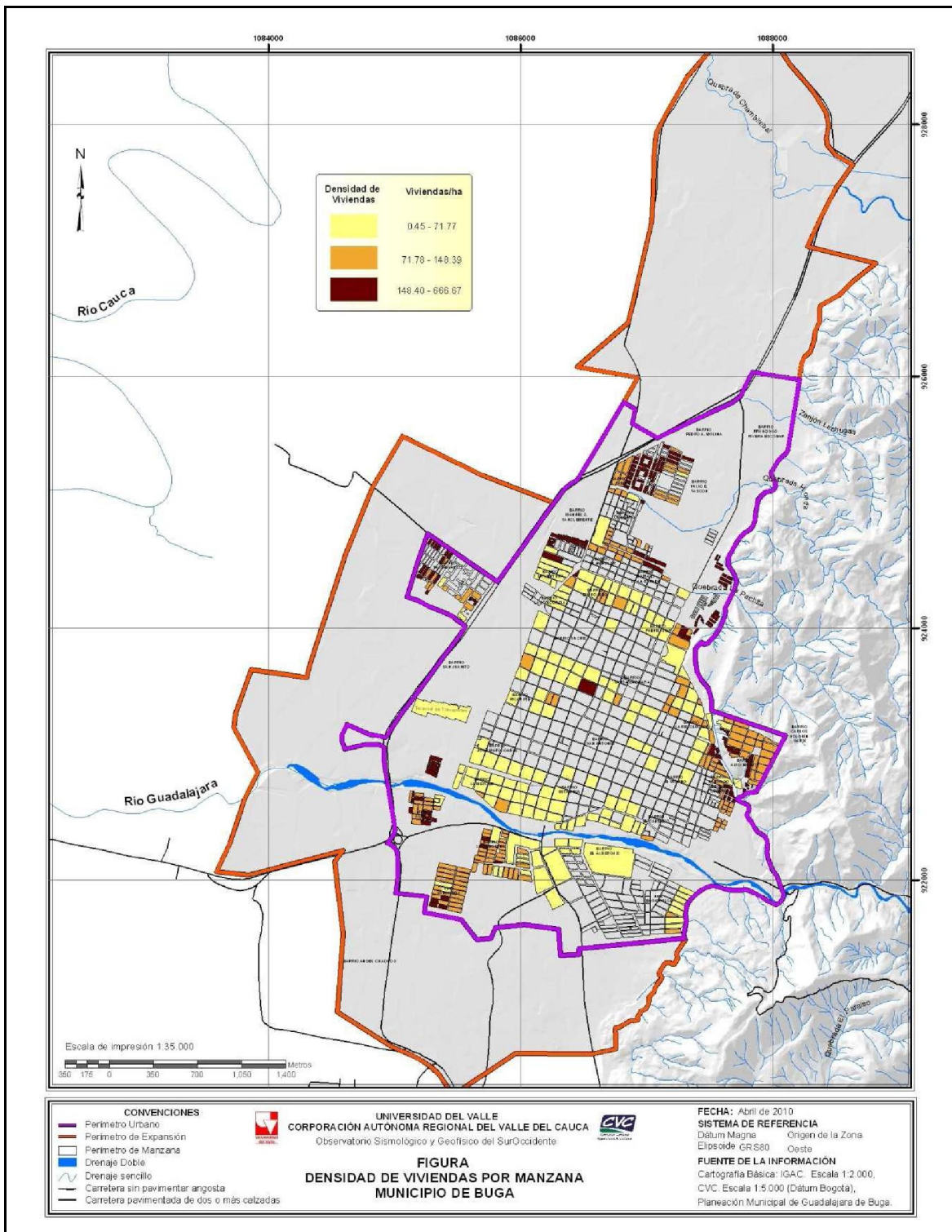


Figura 2.17 Densidad de viviendas.

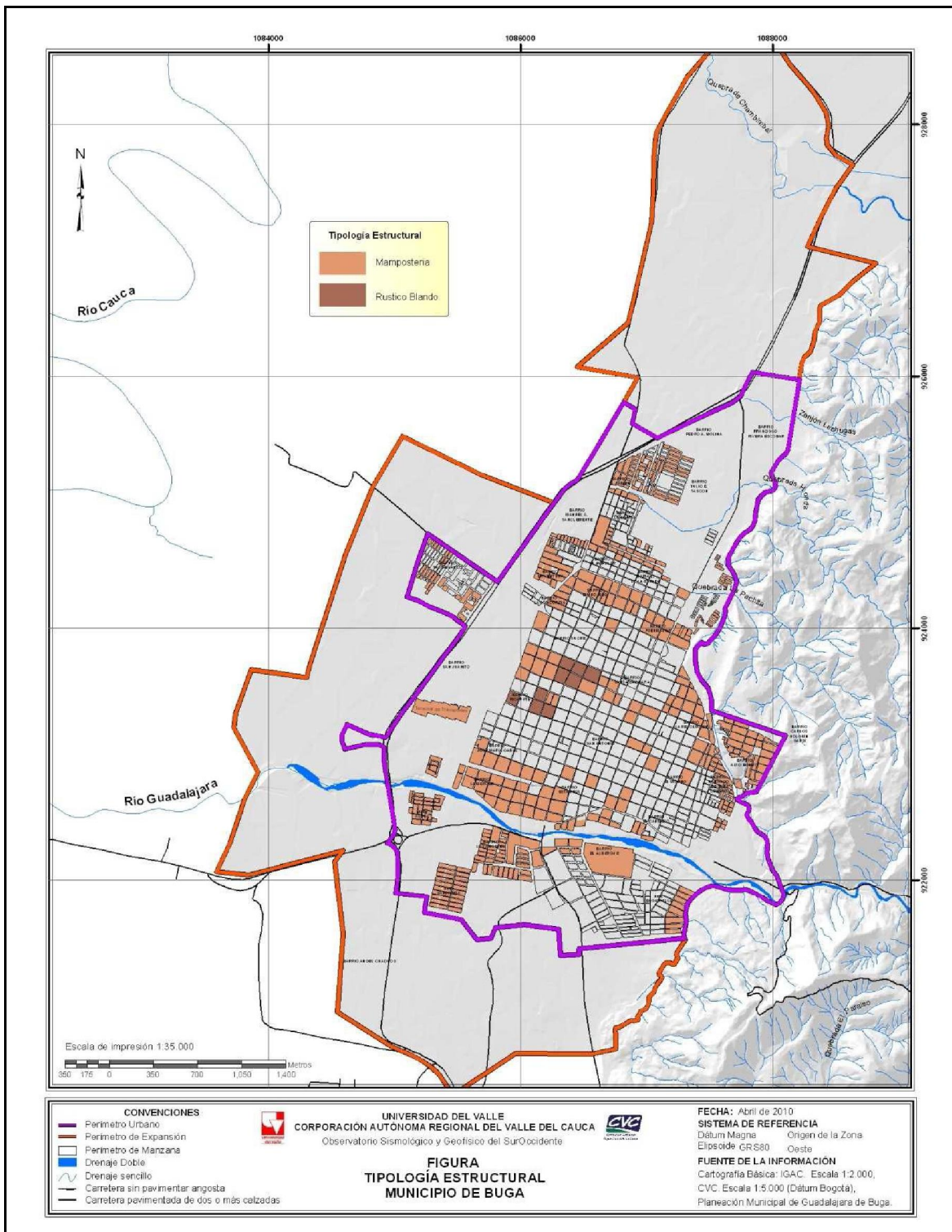


Figura 2.18 Distribución espacial de tipología estructural de las viviendas.

#### *2.1.6.3. Tipología de las cubiertas*

Este parámetro señala la importancia que tiene el tipo de material con el cual están contruidos los techos de las viviendas dentro la vulnerabilidad, puesto que en determinadas circunstancias la cubierta la que deberá soportar cualquier efecto provocado especialmente por un fenómenos de remoción en masa. Materiales blandos o livianos empleados para la cubierta significa niveles de fragilidad superiores, mientras que viviendas cuyas cubiertas están hechas de materiales más resistentes como tejas de barro que han sido amarradas sobre el artesonado para garantizar mayor firmeza ó losas de cemento indican niveles relativamente bajos de fragilidad.

Puede apreciarse en la distribución espacial de las cubiertas de las viviendas afectadas por amenazas de remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales en el casco urbano del municipio, son predominantes las tejas de barro siguiendo un buen porcentaje de lamina y losa. Ver Figura 2.19.

#### *2.1.6.4. Estado de Conservación*

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 los fenómenos de remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales. De acuerdo con los datos obtenidos, el 95 % de las viviendas se encuentran en buen estado y el 5% de las viviendas presentan regular estado. Ver Figura 2.20

#### *2.1.6.5. Avalúo catastral*

A pesar de que el avalúo catastral no se tiene en cuenta para el cálculo de la fragilidad estructural, conocer el avalúo catastral de de cada uno de los predios expuestos , puede resultar muy importante en términos de la gestión del riesgo para estimar las pérdidas económicas y establecer una cobertura subsidiaria como instrumento financiero para la recuperación de pérdidas frente a los desastres naturales. La principal fuente de información para este cálculo fue la base datos catastral utilizada por la microzonificación sísmica del municipio de Buga. (2005). Ver Figura 2.21.

En este mapa se muestra el avalúo catastral de las viviendas expuestas a los tres fenómenos que se estudiaron en Buga: remoción en masa, inundaciones y avenidas torrenciales de la base de datos utilizado por la microzonificación sísmica año 2005. El valor catastral (no comercial) de los predios expuestos es aproximadamente de 197000 millones de pesos.



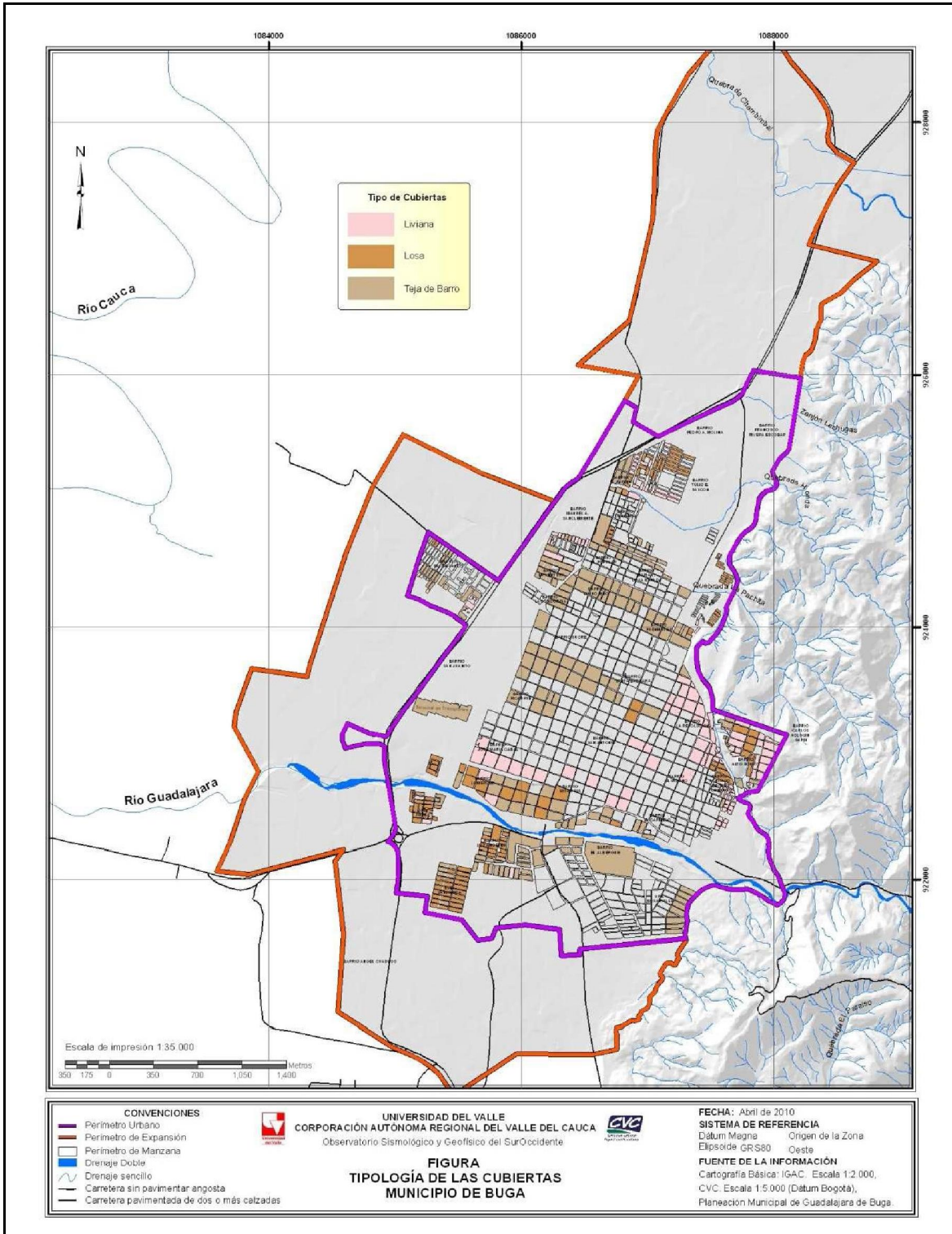
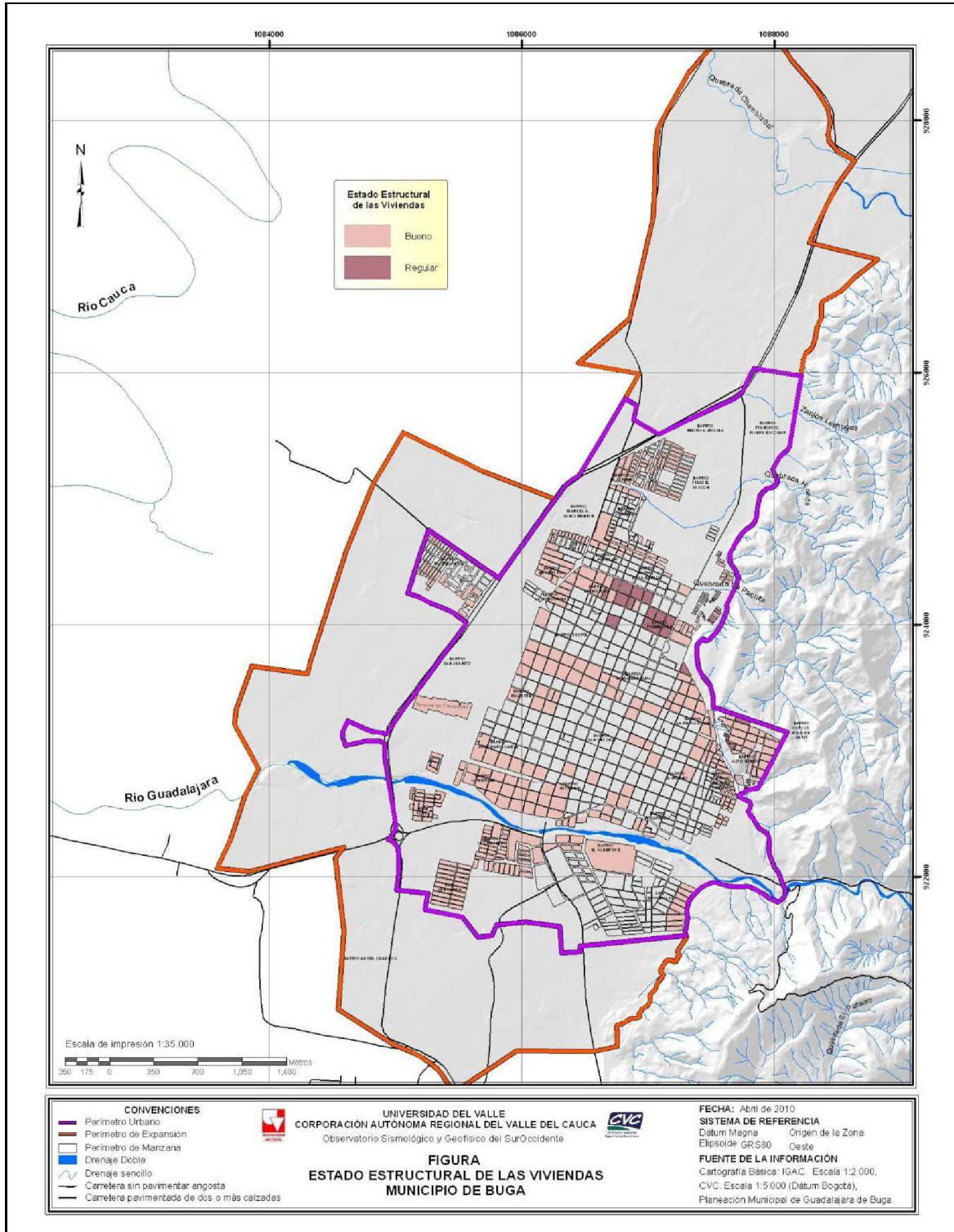


Figura 2.19 Distribución espacial de la tipología de cubiertas.



*Figura 2.20 Distribución espacial del estado estructural de las viviendas.*



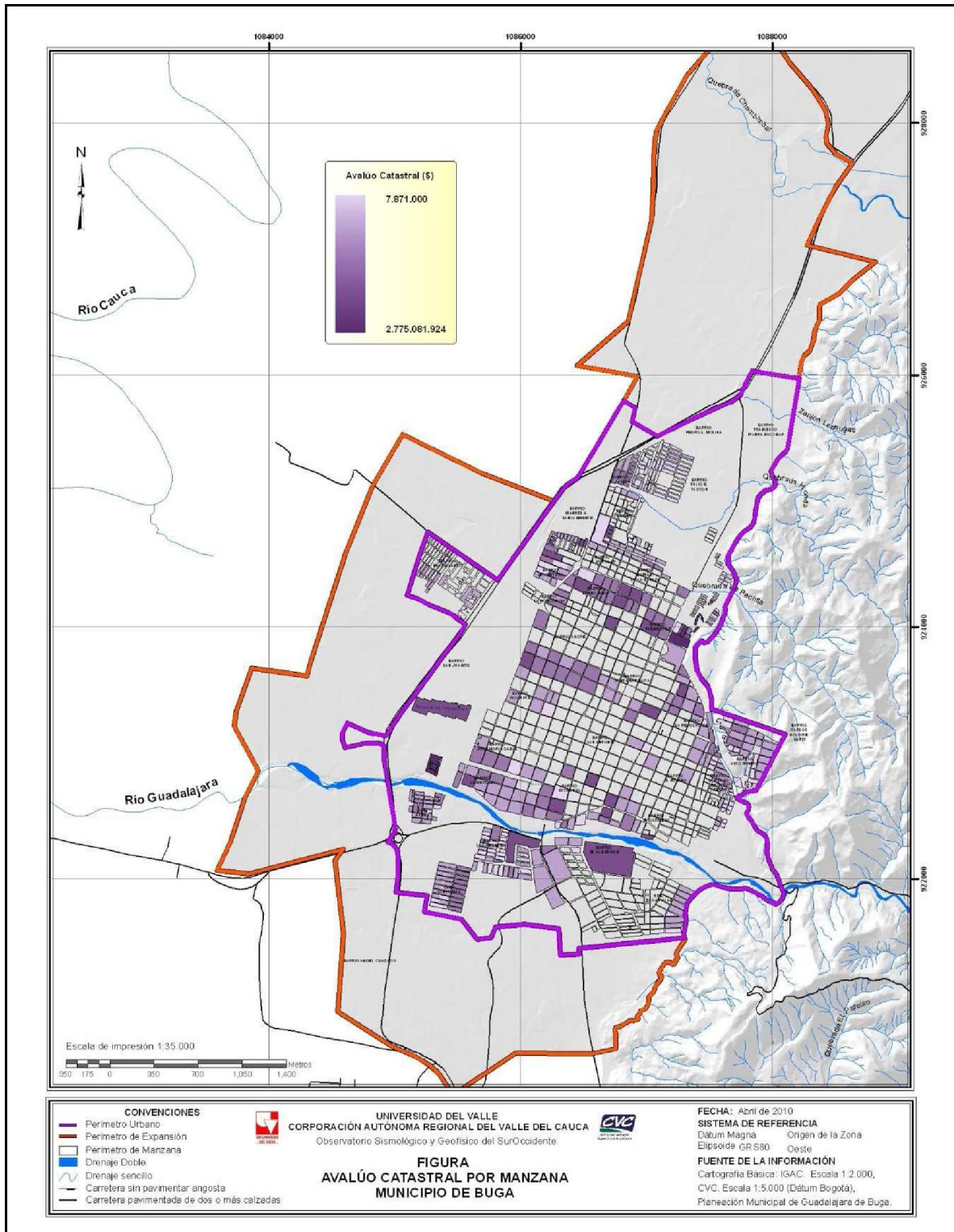


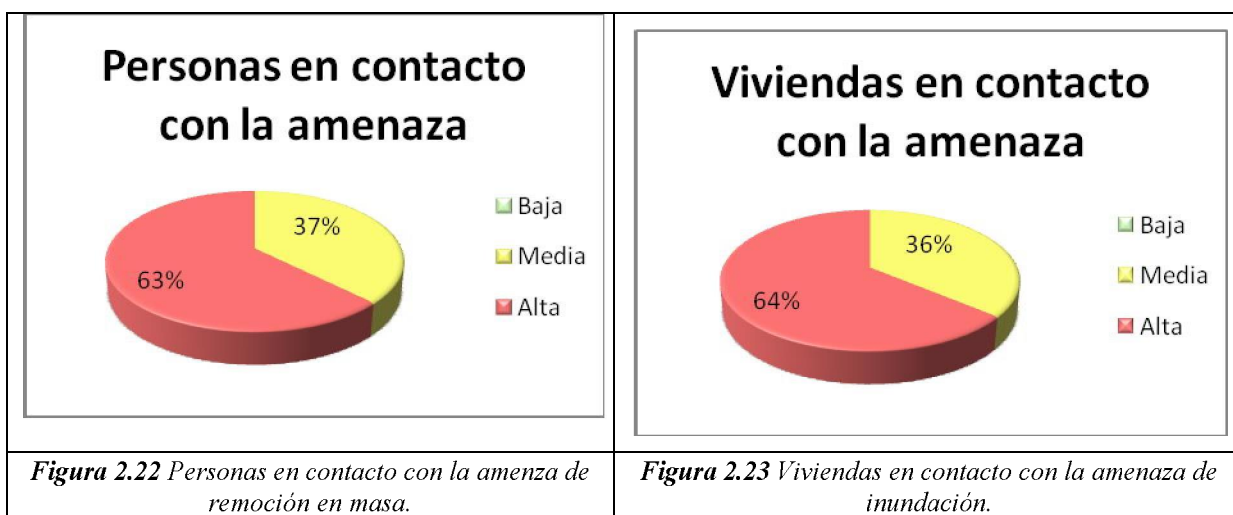
Figura 2.21 Distribución espacial del avalúo catastral.

## 2.1.7. Evaluación de la vulnerabilidad y afectación por amenaza de remoción en masa en el área urbana y de expansión del municipio de Buga

### 2.1.7.1. Identificación del nivel de exposición de los de los elementos corporales y estructurales expuestos ante la amenaza por remoción en masa.

La exposición ante la amenaza hace referencia a los elementos estructurales y corporales que son potencialmente afectables por dicha amenaza particular. 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 en qué condiciones de amenaza se encuentran, a fin último de tomar decisiones y medidas concretas de mitigación.

La exposición para la remoción en masa es la relación entre la amenaza y el elemento expuesto en contacto directo con la misma y a partir de la densidad corporal (número de personas por unidad de área de manzana en hectáreas) y la densidad estructural (número de viviendas por unidad de área de manzana en hectáreas) es posible obtener aproximadamente el número de personas y el número de predios en contacto con la amenaza de remoción en masa considerando una vivienda por predio. Los siguientes gráficos y tabla muestran aproximadamente el número de personas y viviendas en contacto con la amenaza alta media y baja. Ver Figuras 2.22 y 2.23, ver Tabla 2.9.



**Tabla 2.9.** Número de predios y personas expuestas al fenómeno de remoción en masa

Remoción		
Amenaza	Personas	Predios
Baja	0	0
Media	891	191
Alta	1488	338



Se obtuvieron los mapas de exposición corporal y estructural a la amenaza por remoción en masa mediante una intersección espacial del escenario más crítico (escenario tres) de la amenaza por remoción en masa y la densidad corporal y estructural de los elementos afectados. Los resultados se clasificaron con el Método de Jerk (*Natural Breaks*) en tres clases: exposición alta, exposición media y exposición baja para cada uno de los elementos expuestos corporal y estructural, como puede apreciarse en las Figuras 2.24 y 2.25, los predios y personas expuestas a la remoción en masa están localizados en la parte baja del barrio Alto Bonito exclusivamente debido a que la zona urbana y de expansión de Buga se sitúa en un cono aluvial plano y solo colinda al oriente con una zona montañosa donde se ubica dicho barrio.

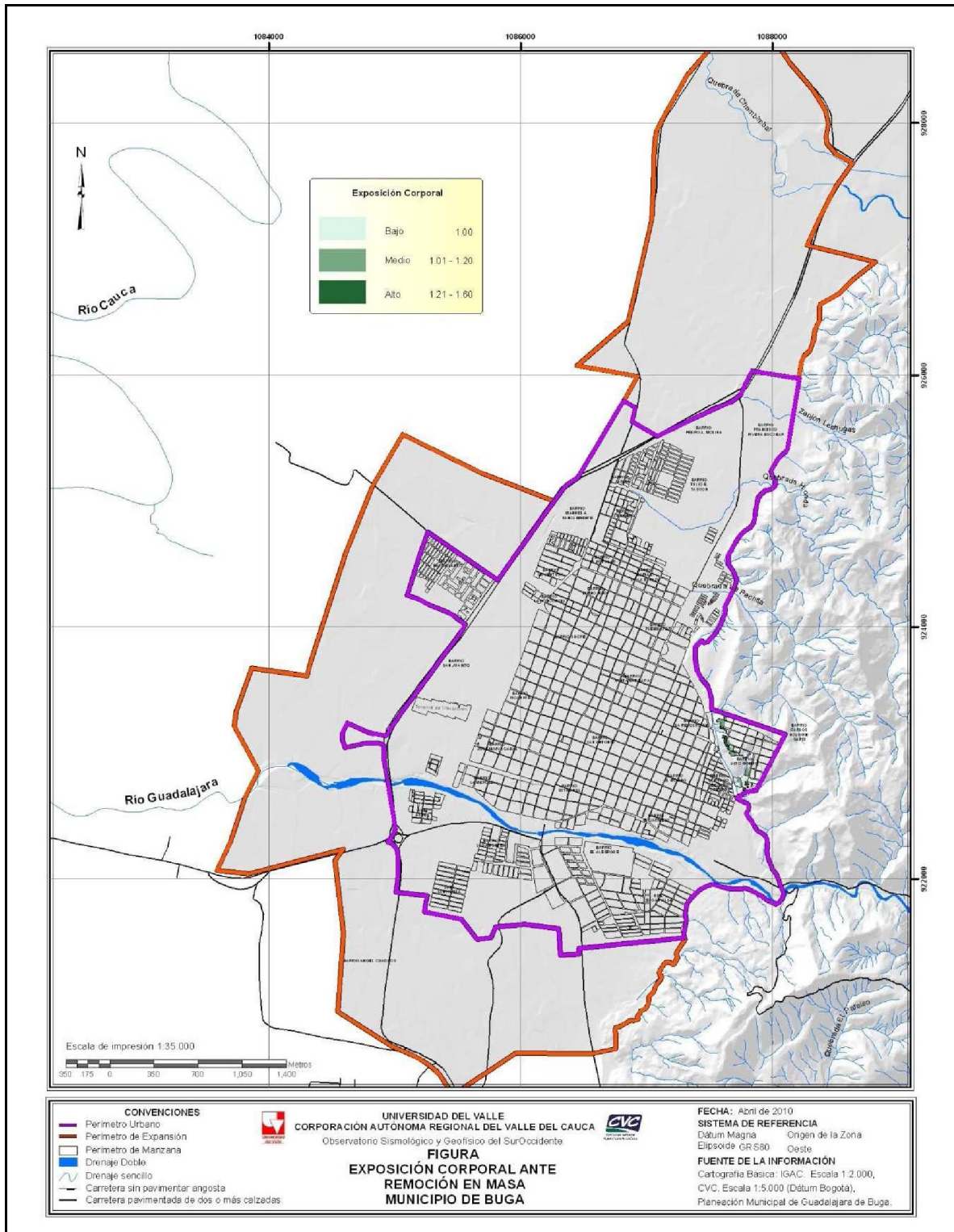


Figura 2.24 Exposición corporal ante fenómenos de remoción en masa en la zona urbana y de expansión de Buga.

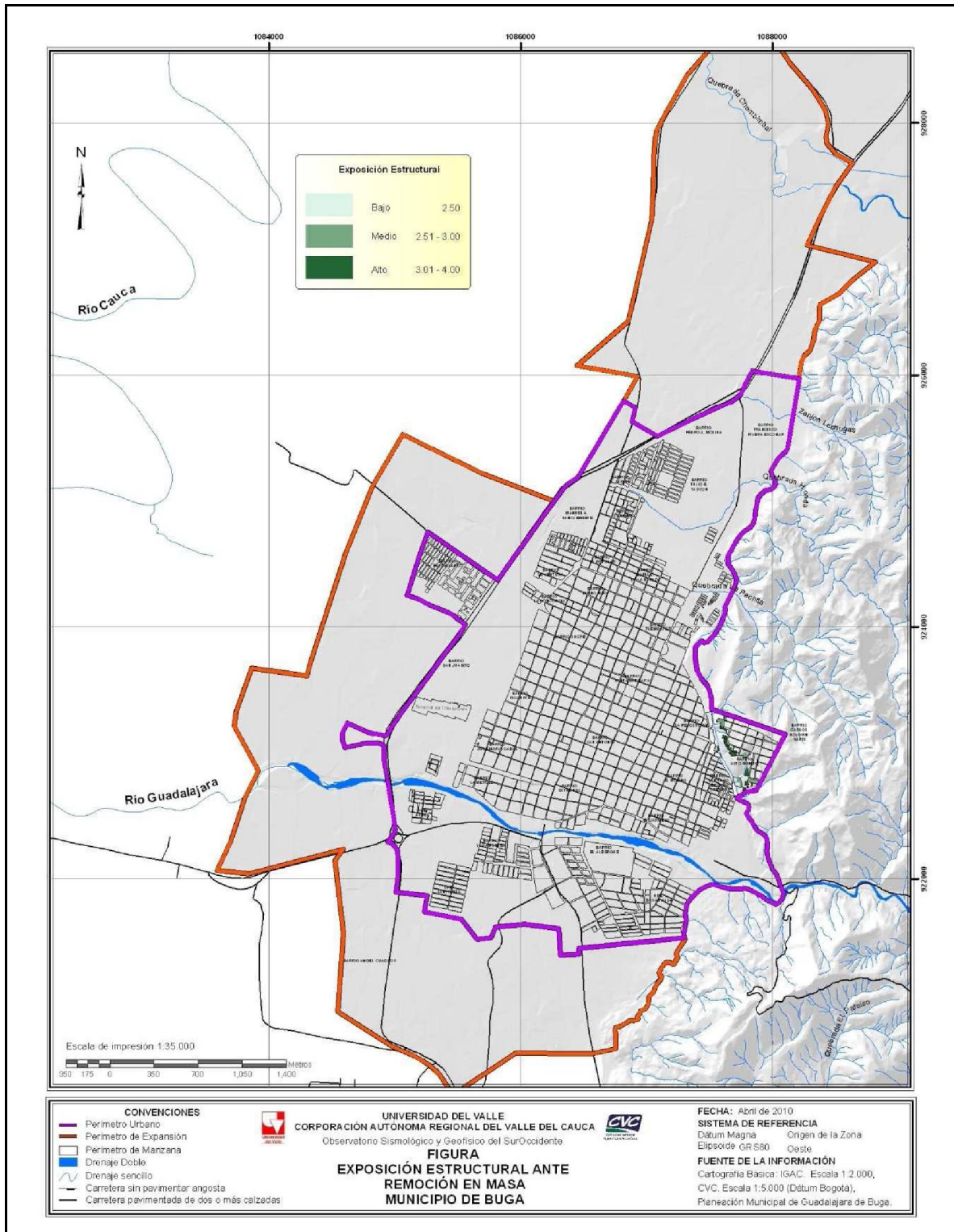


Figura 2.25 Exposición estructural ante fenómenos de remoción en masa en la zona urbana y de expansión de Buga.

### 2.1.8. Cálculo de la fragilidad corporal y estructural de los elementos expuestos a la remoción en masa en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.

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 seleccionados y presentados en la metodología permitió identificar claramente el grado de fragilidad o debilidad de las viviendas y personas expuestas a los fenómenos de remoción en masa en el área urbana y de expansión del municipio de Buga.

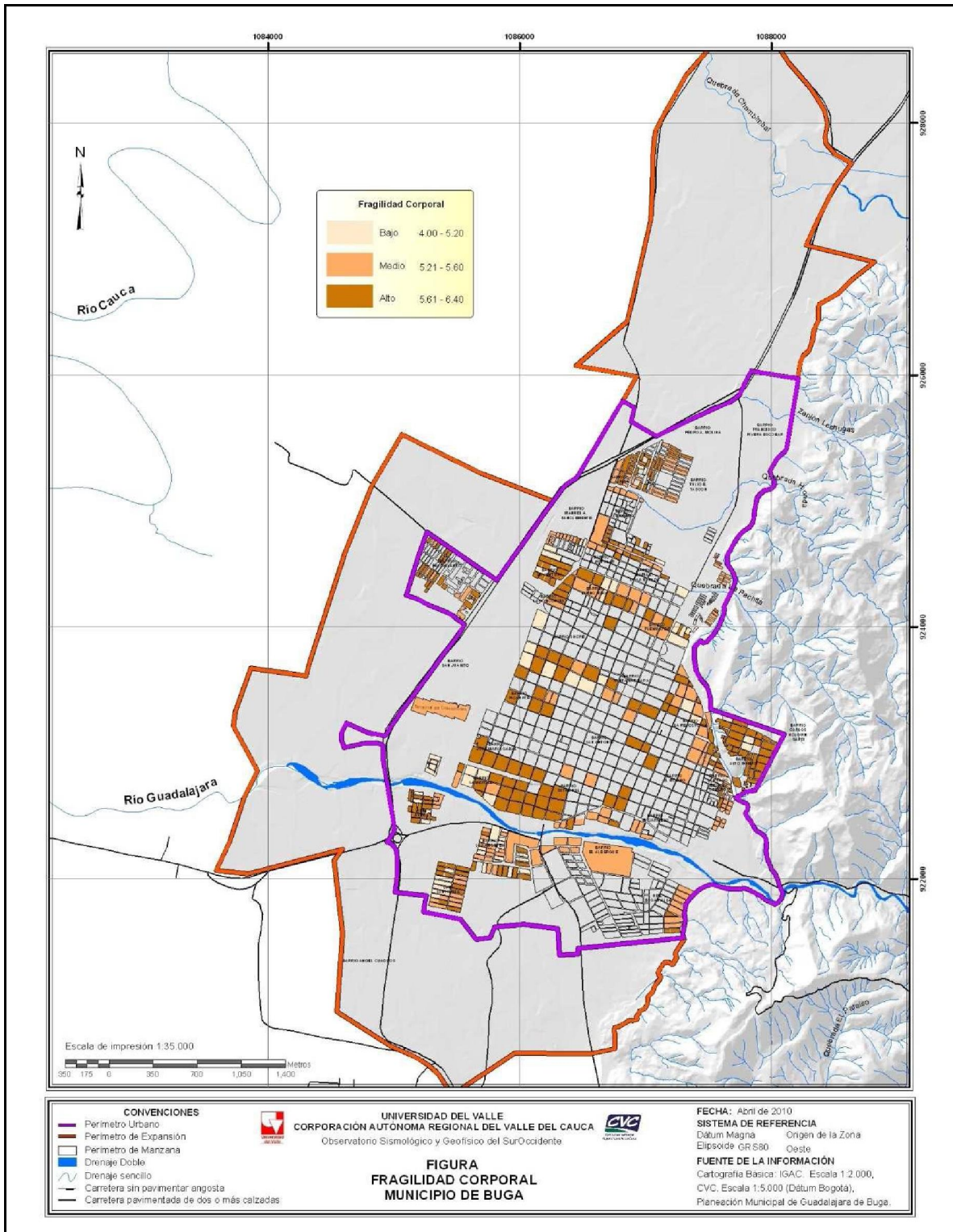
#### 2.1.8.1. Fragilidad corporal ante fenómeno de remoción en masa

Se utilizaron los valores de las variables y los pesos que se muestran en la Tabla 2.10. Ponderación de la Fragilidad Corporal. Es de anotar que la fragilidad corporal es la misma para las tres amenazas que se están evaluando: remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales. Ver 2.26.

**Tabla 2.10.** Ponderación de la fragilidad corporal para las amenazas por remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales

Variable	Tipo	Valor Variable	Asignación de valor (1-10)	Descripción	Peso variable
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	[Vmin-25]	10	Se propone baja vulnerabilidad cuando la edad del jefe de hogar es de 25 años	0,2
	II	(25-60]	6	Se propone moderada vulnerabilidad cuando esta entre 25 y 60 años el jefe de hogar	
	III	(75-Vmax]	8	Se propone alta vulnerabilidad cuando la razón esta por encima de los 60 años el jefe de hogar	
Dependencia infantil	I	1/1	2	Se propone baja vulnerabilidad cuando hay un adulto por cada niño	0,2
	II	1/2	6	Se propone moderada vulnerabilidad cuando hay un adulto por cada dos niños	
	III	1 / 3 en adelante	8	Se propone alta vulnerabilidad cuando hay un adulto por cada tres niños ó más	
Escolaridad del jefe del 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	





*Figura 2.26* Fragilidad corporal ante amenaza de remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales en la zona urbana y de expansión de Buga.

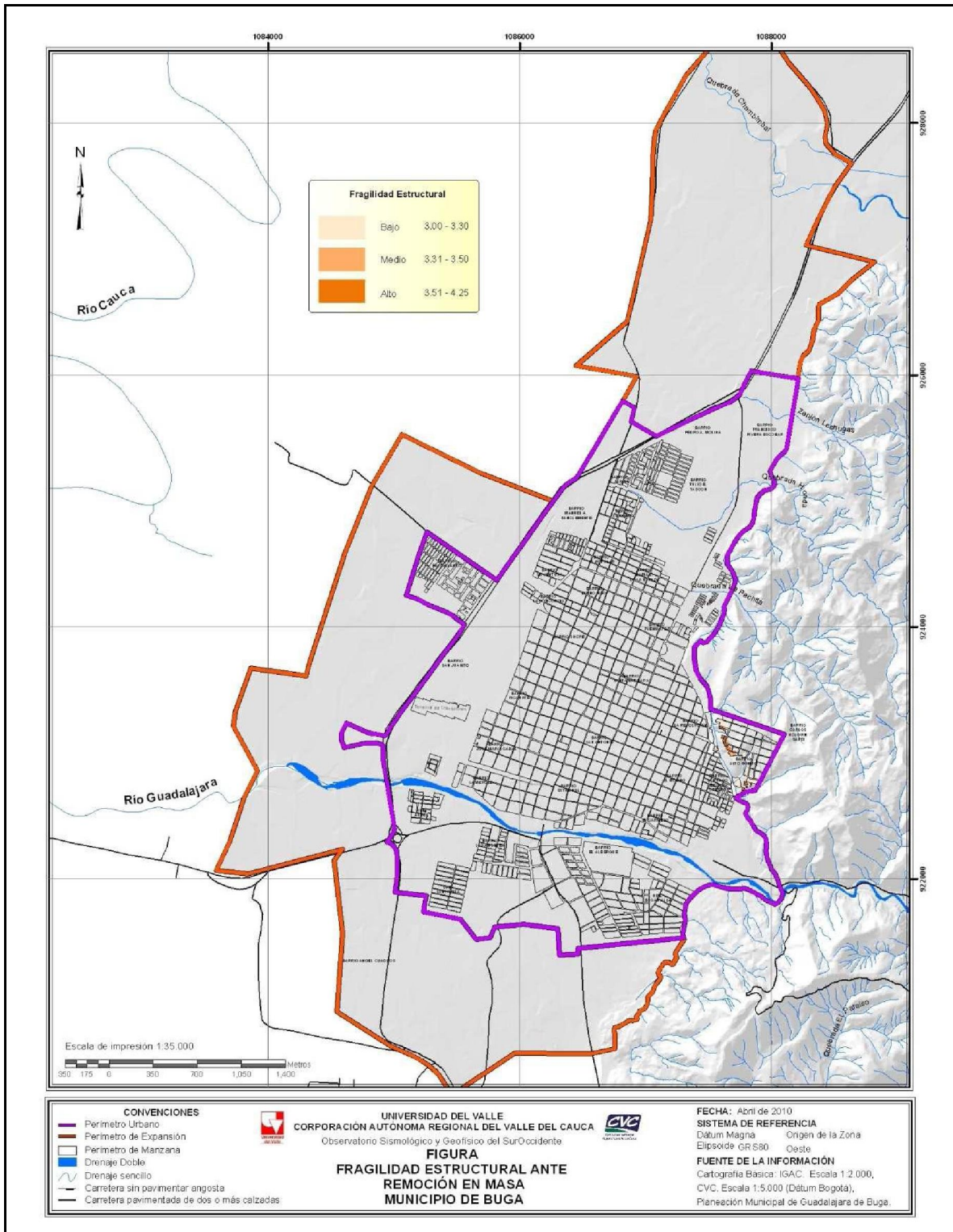
2.1.8.2. *Fragilidad estructural ante fenómenos de remoción en masa*

Esta se calculó con la asignación de valores y pesos de la Tabla 2.10 y que específicamente para remoción en masa se muestra en la Tabla 2.11, ver Figura 2.27.

**Tabla 2.11.** Ponderación de la fragilidad estructural para la remoción en masa

<b>Variables</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor de la Variable</b>	<b>Ranking* Asignación de valor (1-10)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pesos</b>
<b>Material de construcción</b>	I	Rústico	10	Vulnerabilidad alta para madera burda, desechos, zinc, cartón, esterilla, guadua	0,25
	II	Mampostería	7	Vulnerabilidad moderada para adobe, ladrillo, piedra, roca pulida, cantos	
	III	Concreto	5	Vulnerabilidad baja para armado, en masa, ordinario	
<b>Techos</b>	I	Paja, palma ó similar	10	Vulnerabilidad alta	0,10
	II	Teja de barro, asbesto, Lamina metálica	8	Vulnerabilidad moderada	
	III	Cemento-concreto	5	Vulnerabilidad baja	
<b>Estado de la vivienda</b>	I	Mal estado	10	Vulnerabilidad alta para Avanzado estado de afectación de los elementos portantes, inclinación y agrietamiento	0,15
	II	Regular estado	8	Vulnerabilidad moderada por ligero envejecimiento de los elementos portantes con leves fisuras	
	III	Buen Estado	5	Vulnerabilidad baja para Los elementos portantes no presentan fisuras, ni agrietamiento	

\* Nota: Se le asignan valores de 1-10 a los valores nominales de las variables (ranking)



*Figura 2.27 Fragilidad estructural ante amenaza de remoción en masa en la zona urbana y de expansión de Buga.*

**2.1.9. Calculo de la vulnerabilidad corporal, estructural y total o global ante fenómenos de remoción en masa en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.**

*2.1.9.1. Evaluación de la vulnerabilidad corporal ante amenaza de remoción en masa en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga*

Una vez obtenido los mapas de exposición y fragilidad corporal se obtuvo la vulnerabilidad corporal ante fenómeno de remoción en masa.

$$V_{corp} = (Exp_{corp} + Frag_{corp})$$

Los resultados pueden apreciarse en la Figura 2.28.

*2.1.9.2. Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante amenaza de remoción en masa en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga*

$$V_{est} = C_1 (Exp_{est} + Frag_{est})$$

Los resultados pueden verse en la Figura 2.29.

*2.1.9.2. Calculo de la vulnerabilidad total o global ante amenaza de remoción en masa en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga*

Una vez obtenido la distribución espacial de las vulnerabilidades estructural y corporal se calcula la vulnerabilidad global que se relaciona tanto con los elementos corporales como los elementos estructurales.

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

$$C_1 = 7$$

$$C_2 = 3$$

Los resultados pueden verse en el Mapa 2.1 y la Figura 2.30, en ellos, se muestra espacialmente el resultado del cálculo de la ecuación:

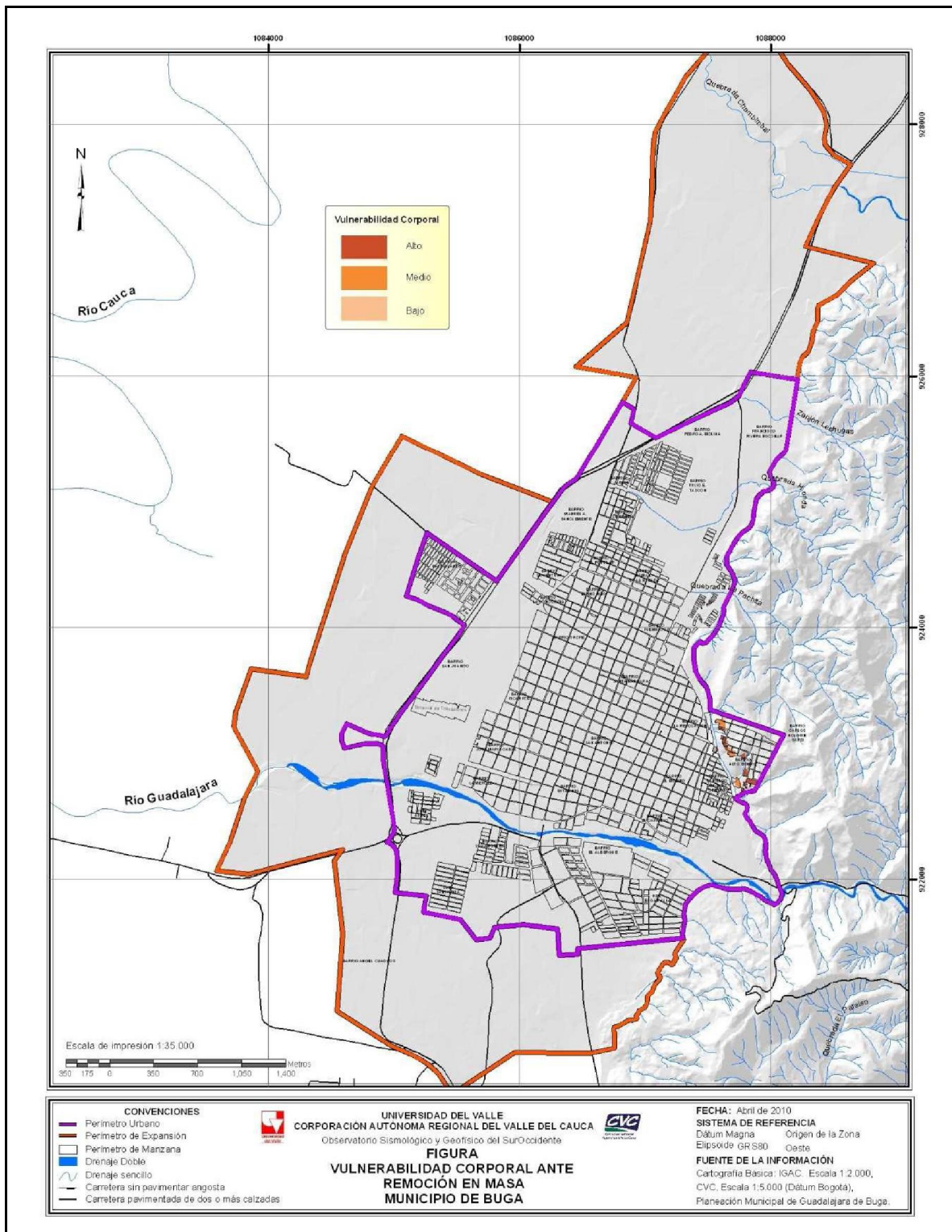
$$V = C_1 (Exp_{est} + Frag_{est}) + C_2 (Exp_{corp} + Frag_{corp})$$

$$C_1 = 7$$

$$C_2 = 3$$



Y se concluye que a pesar de que la zona afectada por fenómeno de remoción en masa es relativamente pequeña la vulnerabilidad de los elementos expuestos es muy alta.



*Figura 2.28 Vulnerabilidad corporal ante fenómenos de remoción en masa en Buga.*

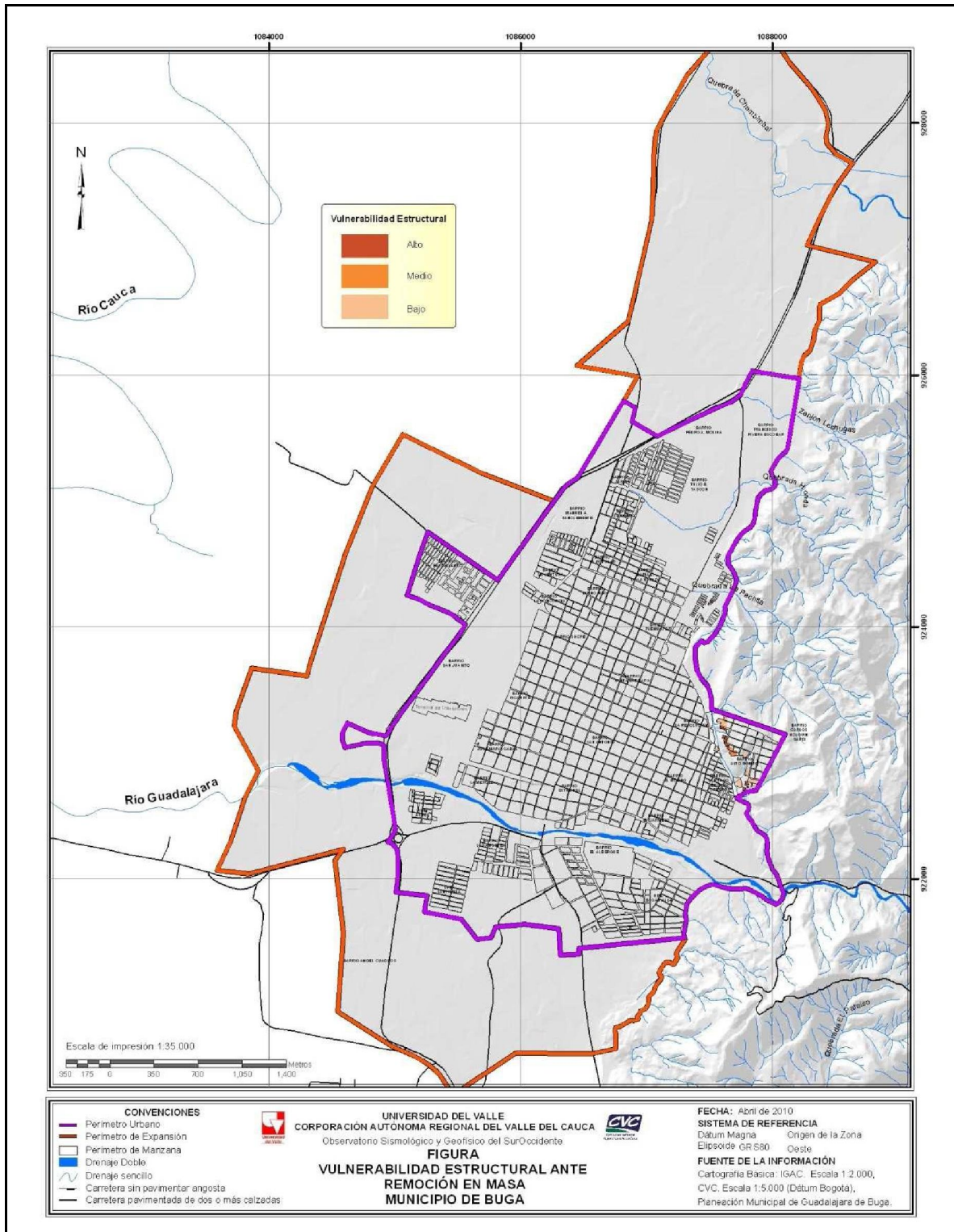


Figura 2.29 Vulnerabilidad estructural ante fenómenos de remoción en masa en Buga.

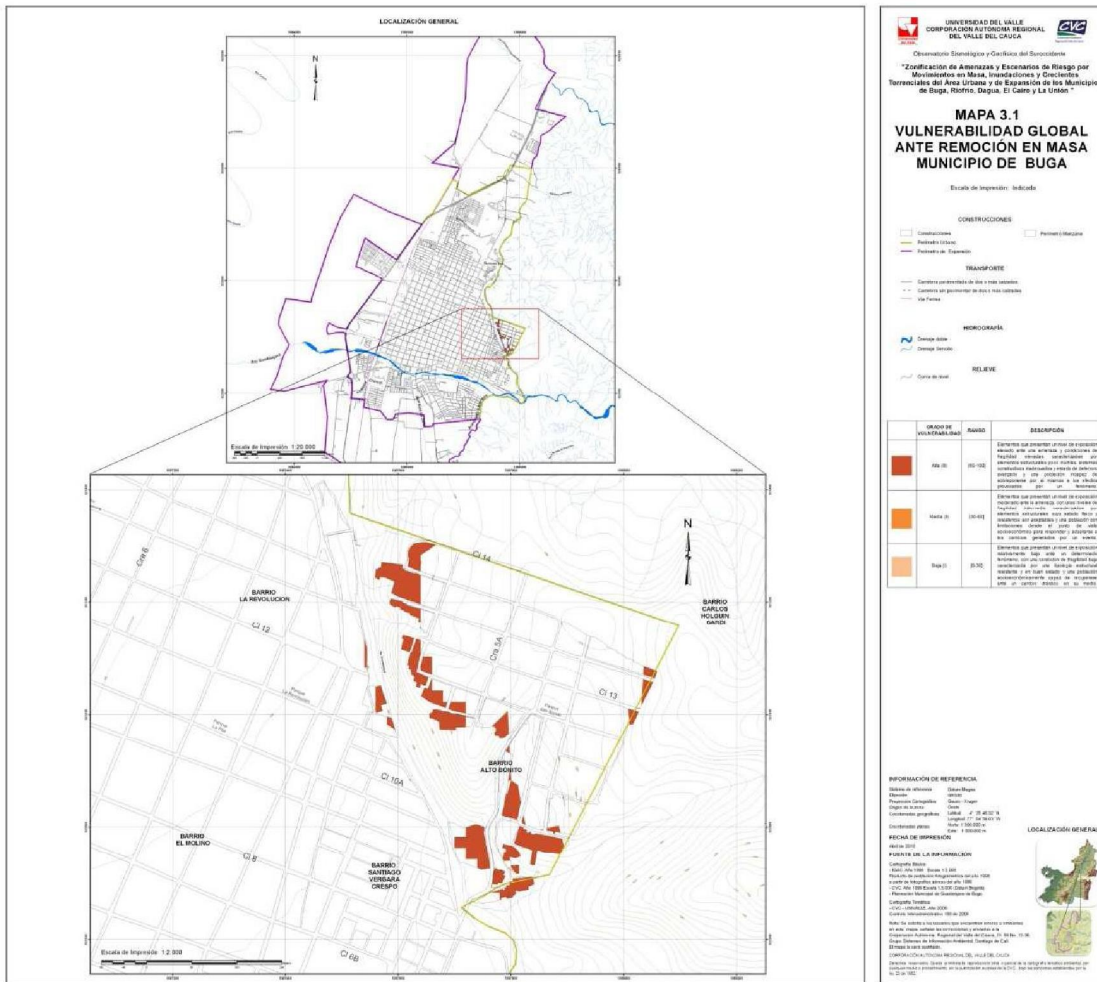
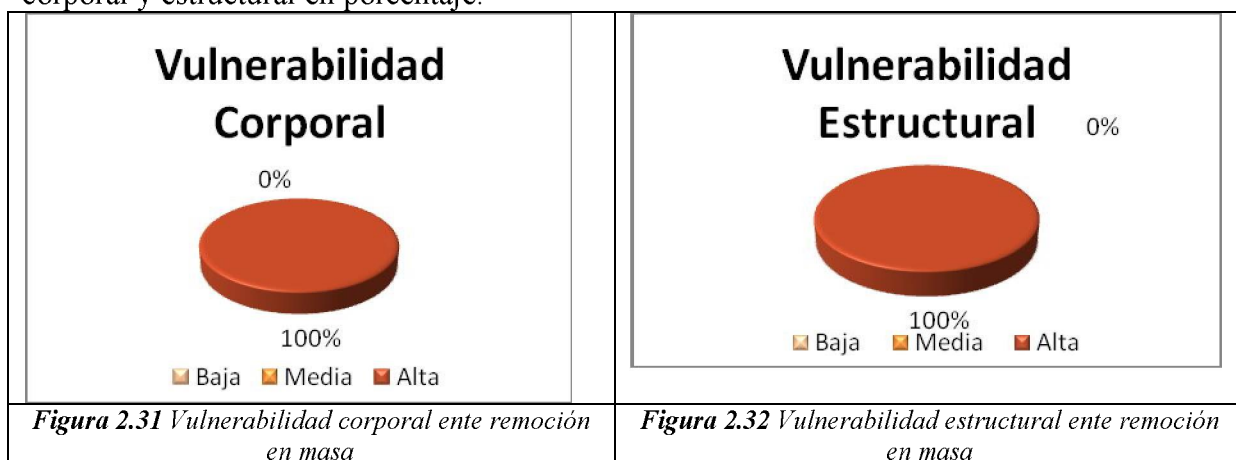


Figura 2.30 Vulnerabilidad global ante fenómenos de remoción en masa en Buga.



Se calculó aproximadamente el número de personas y predios con vulnerabilidad alta media y baja y se muestra en la Tabla 2.12. En las figuras 2.31 y 2.32 se muestra la vulnerabilidad corporal y estructural en porcentaje.



**Tabla 2.12.** Número de predios y personas con vulnerabilidades alta media y baja ante el fenómeno de remoción en masa

Remoción		
Vulnerabilidad	Personas	Predios
Baja	0	0
Media	0	0
Alta	531	2380

Las conclusiones que puede sacarse de estos gráficos es que a pesar del número de viviendas y personas es bajito respecto al número de personas y viviendas de toda la zona urbana todas las viviendas y personas tienen una vulnerabilidad alta.

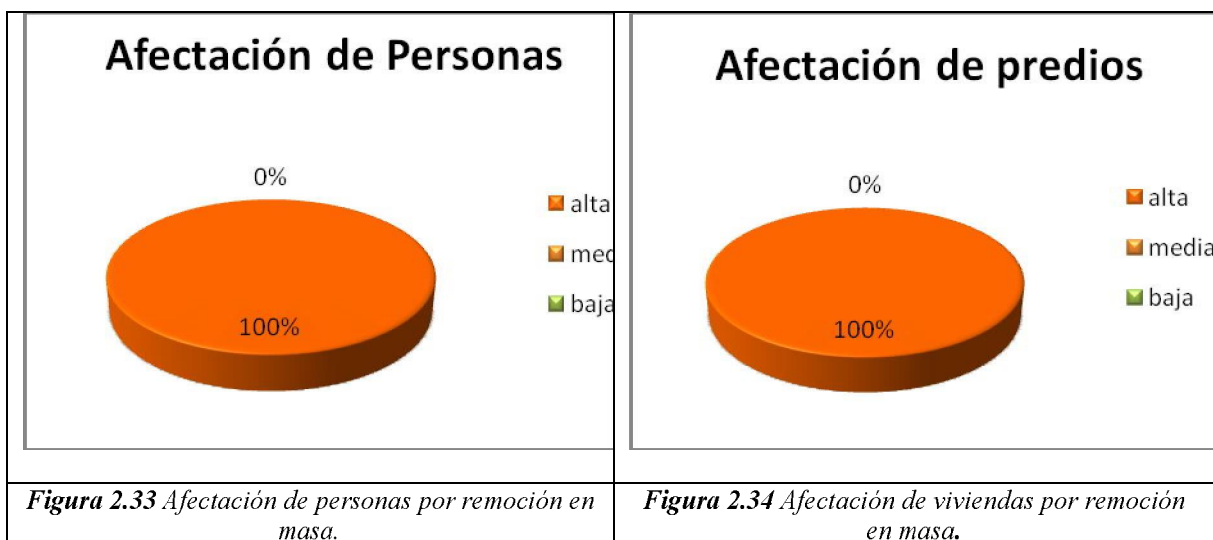
**2.1.10. Estimación del grado de afectación o daño por amenaza de remoción en masa en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.**

El cálculo del nivel de afectación se realiza con una intersección de la vulnerabilidad clasificada (Figura 2.30 y Mapa 2.1) y el Escenario 3 de la amenaza por remoción en masa (Figura 2.8).

El riesgo o afectación por fenómeno de remoción en la zona de Ladera del barrio Alto Bonito es alto como puede apreciarse en el Mapa 2.2 y Figura 2.35.

El clasificarse este sector con afectación alta lo convierten en un sector de alto riesgo por fenómenos de remoción en masa donde los daños esperados son los máximos, es decir, la pérdida de la vida y la destrucción parcial y/o total de las viviendas. Ver Figuras 2.33, 2.34 y 2.35. El cálculo aproximado de personas y viviendas afectadas por remoción en masa se

muestra en la Tabla 2.13 y puede apreciarse que todas están en riesgo alto y la forma como serán afectadas puede verse en la Tabla 2.14.



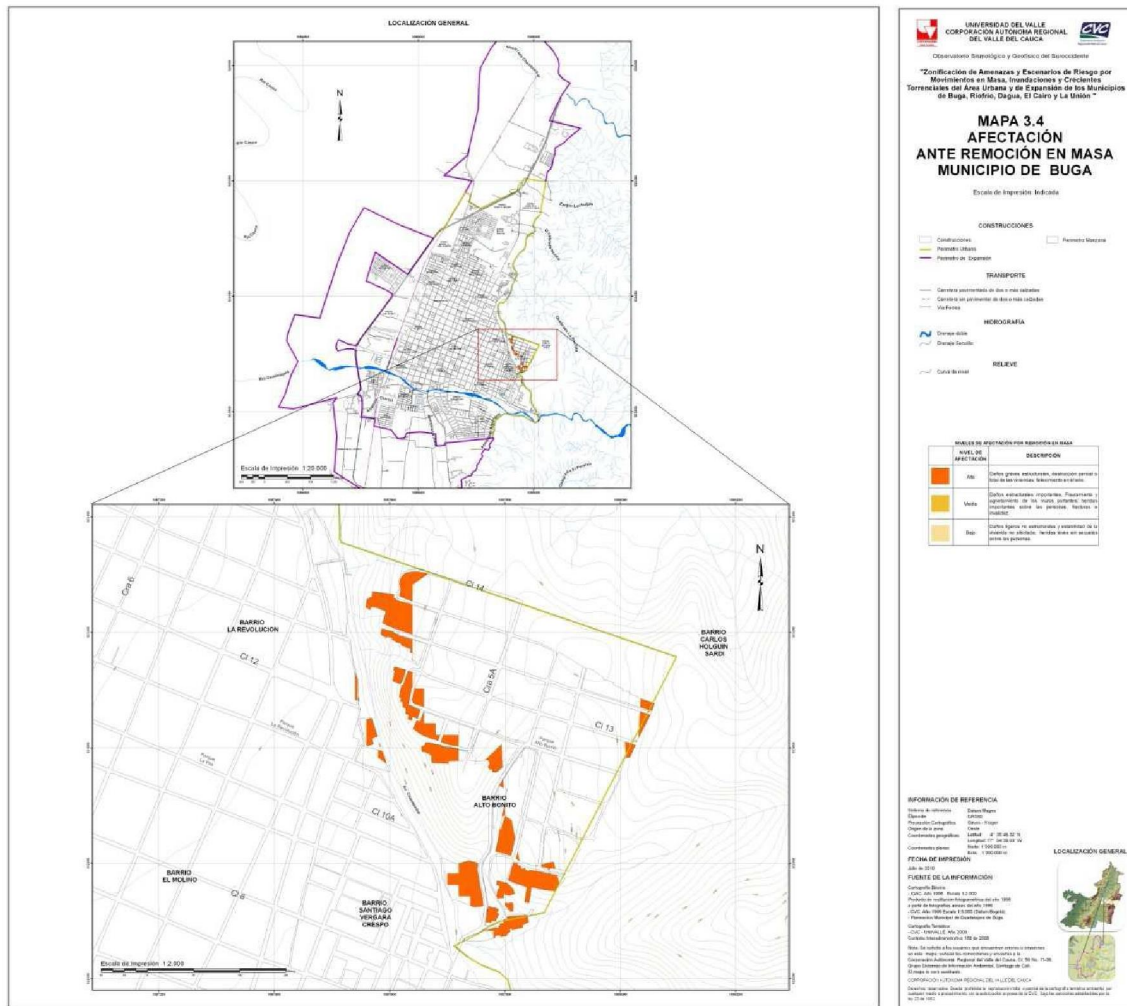


Figura 2.35 Afectación o riesgo ante fenómenos de remoción en masa en Boga.



Como se ve la parte afectadas y en riesgo alto la parte baja de la ladera del Barrio Alto Bonito y esto fundamentalmente por la poca capacidad de canalizar la escorrentía en épocas de lluvia.

**Tabla 2.13.** Número de viviendas y personas con afectación (riesgo) alto medio y bajo ante fenómeno de remoción en masa

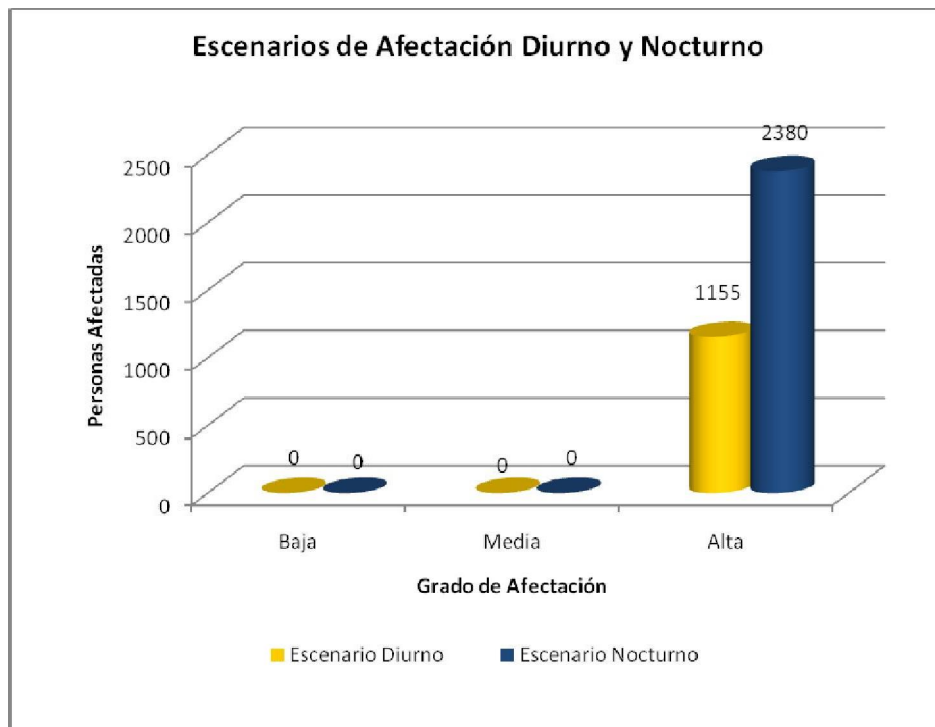
Remoción		
amenaza	Personas	Predios
alta	3982	843
media	0	0
baja	0	0

**Tabla 2.14.** Modo de daño o afectación por fenómenos de remoción en masa

ELEMENTOS EXPUESTOS	INDICADOR	MODO DE DAÑO Ó AFECTACIÓN
PERSONAS	I	Heridas leves sin secuelas
	II	Heridas importantes (fracturas, invalidez)
	III	Pérdida de la vida
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

### 2.1.11. Escenarios de afectación diurno y nocturno

A partir del muestreo que se realizó se calcularon los escenarios diurno y nocturno, en cuanto al riesgo para personas en cada uno de estos escenarios, se supuso que nocturno es el total de personas afectadas y el diurno son solo las personas que están en sus viviendas durante el día, como menores de edad, ancianos o personas que no salen de sus viviendas a laborar. Ver Figura 2.36.



*Figura 2.36 Escenarios de afectación diurno y nocturno para el municipio de Buga.*

En la Tabla 2.15 pueden verse los valores numéricos

**Tabla 2.15.** Cantidad de personas afectadas o en riesgo por remoción en masa en escenarios diurnos y nocturnos

Remocion			
Afectación	PersonadDiu	PersonasNoc	Predios
Baja	0	0	0
Media	0	0	0
Alta	1155	2380	531

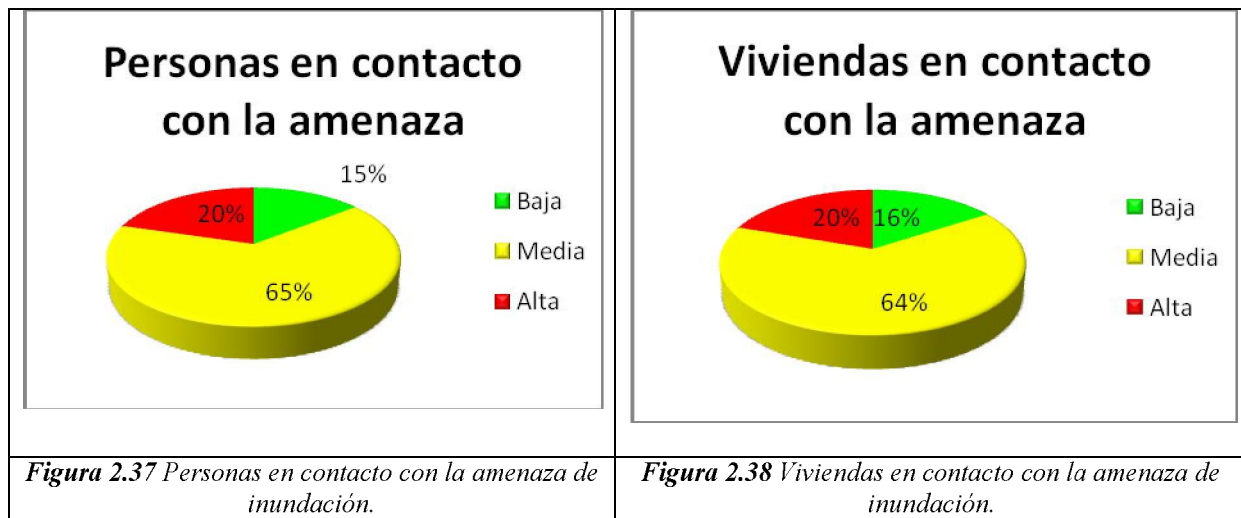
### **2.1.12. Evaluación de la vulnerabilidad y afectación por amenaza de inundaciones en el área urbana y de expansión del municipio de Buga**

#### *2.1.12.1. Identificación del nivel de exposición de los de los elementos corporales y estructurales expuestos ante la amenaza inundación*

La exposición ante la amenaza hace referencia a los elementos estructurales y corporales que son potencialmente afectables por dicha amenaza particular. Para la identificación del nivel de exposición se realizaron los mismos procesos utilizados para los cálculos de remoción en masa. La exposición para la inundación es la relación entre la amenaza clasificada de inundación (Figura 2.9) y el elemento expuesto en contacto directo con la misma.

A partir de la intersección puede calcularse aproximadamente el número de personas y viviendas afectadas por inundación. Los siguientes gráficos y tabla muestran aproximadamente el número de personas y viviendas en contacto con la amenaza alta media y baja.

En las figuras 2.37 y 2.38 pueden verse los porcentajes de personas y viviendas respecto al total de personas y viviendas en contacto con amenaza alta media y baja.



En la Tabla 2.16 se muestra ya en términos de número de personas y viviendas

**Tabla 2.16.** Nivel de exposición de personas y predios ante fenómenos de inundación

Inundaciones		
Amenaza	Personas	Predios
Baja	3143	833
Media	14228	3390
Alta	4448	1038

Se obtuvieron las figuras de exposición corporal y estructural a la amenaza por inundación mediante una intersección espacial de la amenaza por inundaciones (Figura 2.9) y la densidad corporal y estructural de los elementos afectados (Figuras 2.12 y 2.17). De igual manera los resultados se clasificaron con el Método de Jerk (*Natural Breaks*) en tres clases: exposición alta, exposición media y exposición baja para cada uno de los elementos expuestos corporal y estructural. Las Figuras 2.39 y 2.40 muestran la exposición corporal y exposición estructural clasificada ante inundaciones que en síntesis muestran las áreas geográficas más expuestas del casco urbano ante la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno de inundación.

A partir de la densidad corporal (número de personas por unidad de área de manzana en hectáreas) y la densidad estructural (número de viviendas por unidad de área de manzana en hectáreas) es posible obtener aproximadamente el número de personas y el número de predios expuestos ante la amenaza de remoción en masa considerando una vivienda por predio.

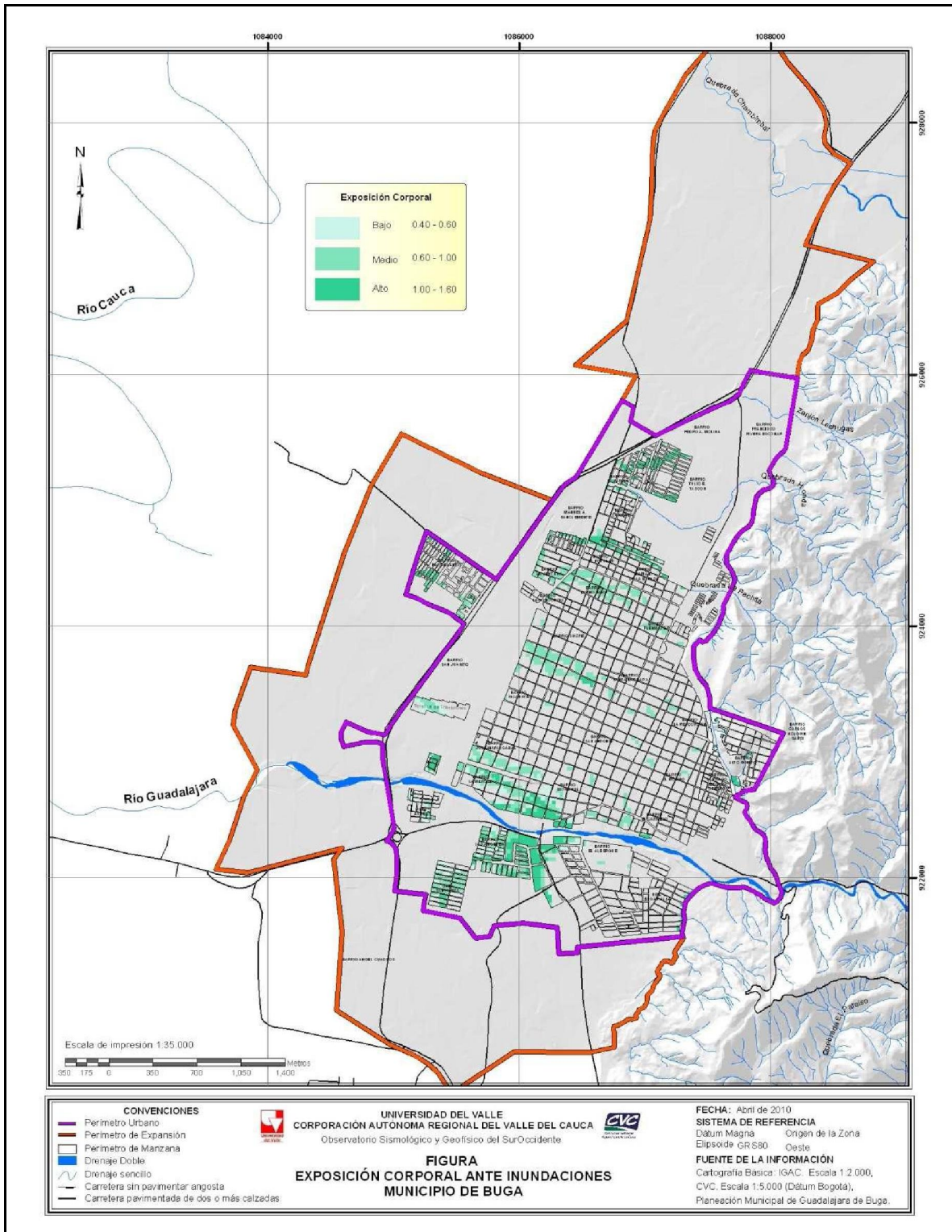
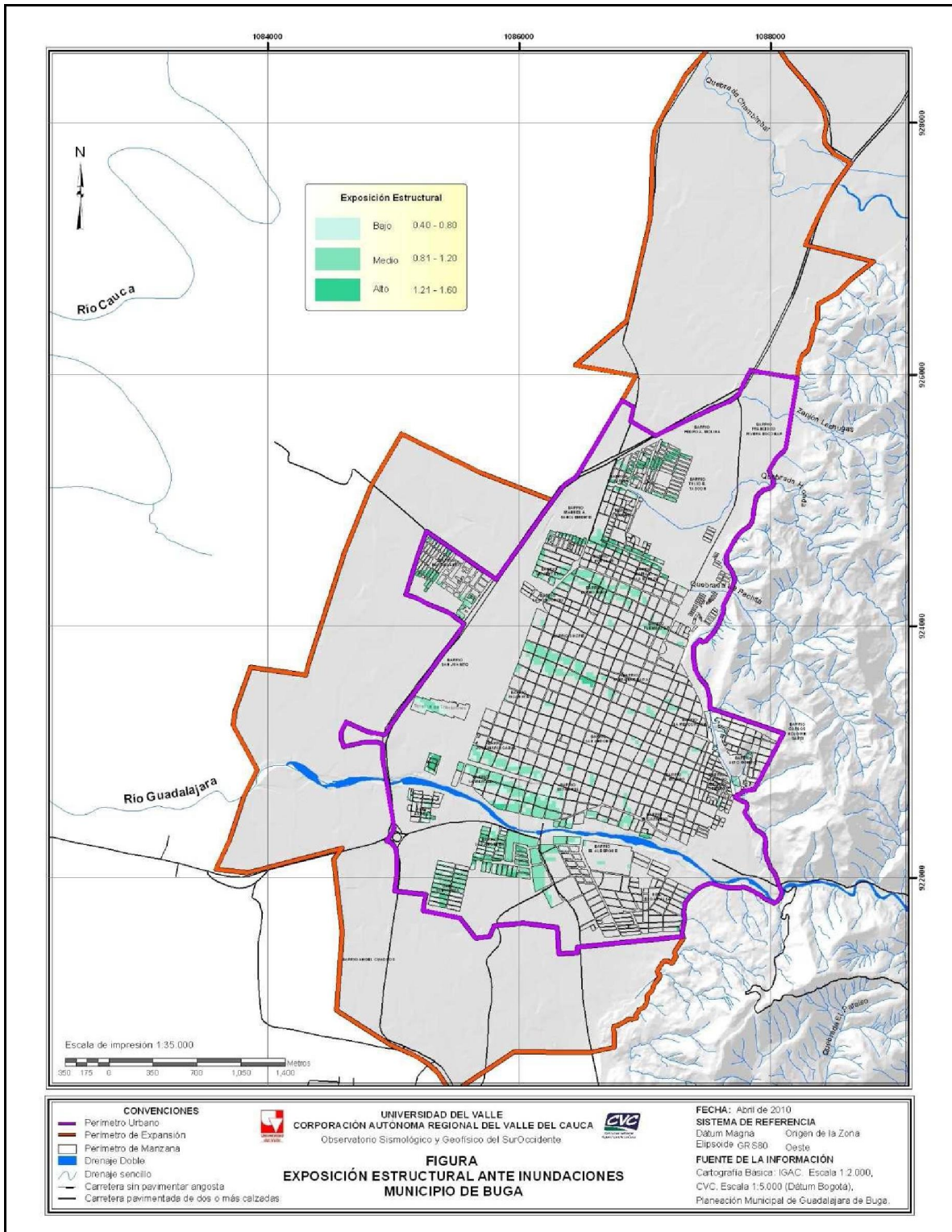


Figura 2.39 Exposición corporal ante inundaciones.





*Figura 2.40* Exposición estructural ante inundaciones.



### 2.1.12.2. Fragilidad corporal y estructural ante fenómeno de inundación

Como se había dicho anteriormente la fragilidad corporal es la misma para las amenazas de remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales (Ver Figura 2.26). La fragilidad estructural se calculó teniendo en cuenta la Tabla 2.17 para la asignación de valores jerarquizados y pesos a las variables. Ver Figura 2.41.

#### Cálculo de la fragilidad estructural

**Tabla 2.17.** Ponderación de la fragilidad estructural ante inundación

Variables	Tipo	Valor de la Variable	Ranking* Asignación de valor (1-10)	Descripción	Pesos
<b>Material de construcción</b>	I	Rústico	9	Vulnerabilidad alta para madera burda, desechos, zinc, cartón, esterilla, guadua	0,35
	II	Mampostería	4	Vulnerabilidad moderada para adobe, ladrillo, piedra, roca pulida, cantos	
	III	Concreto	1	Vulnerabilidad baja para armado, en masa, ordinario	
<b>Techos</b>	I	Paja, palma ó similar	9	Vulnerabilidad alta	0
	II	Teja de barro, asbesto, Lamina metálica	6	Vulnerabilidad moderada	
	III	Cemento-concreto	1	Vulnerabilidad baja	
<b>Estado de la vivienda</b>	I	Mal estado	9	Vulnerabilidad alta para Avanzado estado de afectación de los elementos portantes, inclinación y agrietamiento	0,25
	II	Regular estado	5	Vulnerabilidad moderada por ligero envejecimiento de los elementos portantes con leves fisuras	
	III	Buen Estado	1	Vulnerabilidad baja para Los elementos portantes no presentan fisuras, ni agrietamiento	
<b>Medida de mitigación</b>	I	Tiene algún tipo de medida estructural	3	Baja para viviendas que han realizado algún tipo de medida estructural para evitar inundaciones	0,20
	II	No tiene ninguna medida estructural	8	Alta para viviendas que no tienen ningún tipo de medida estructural para evitar inundaciones	

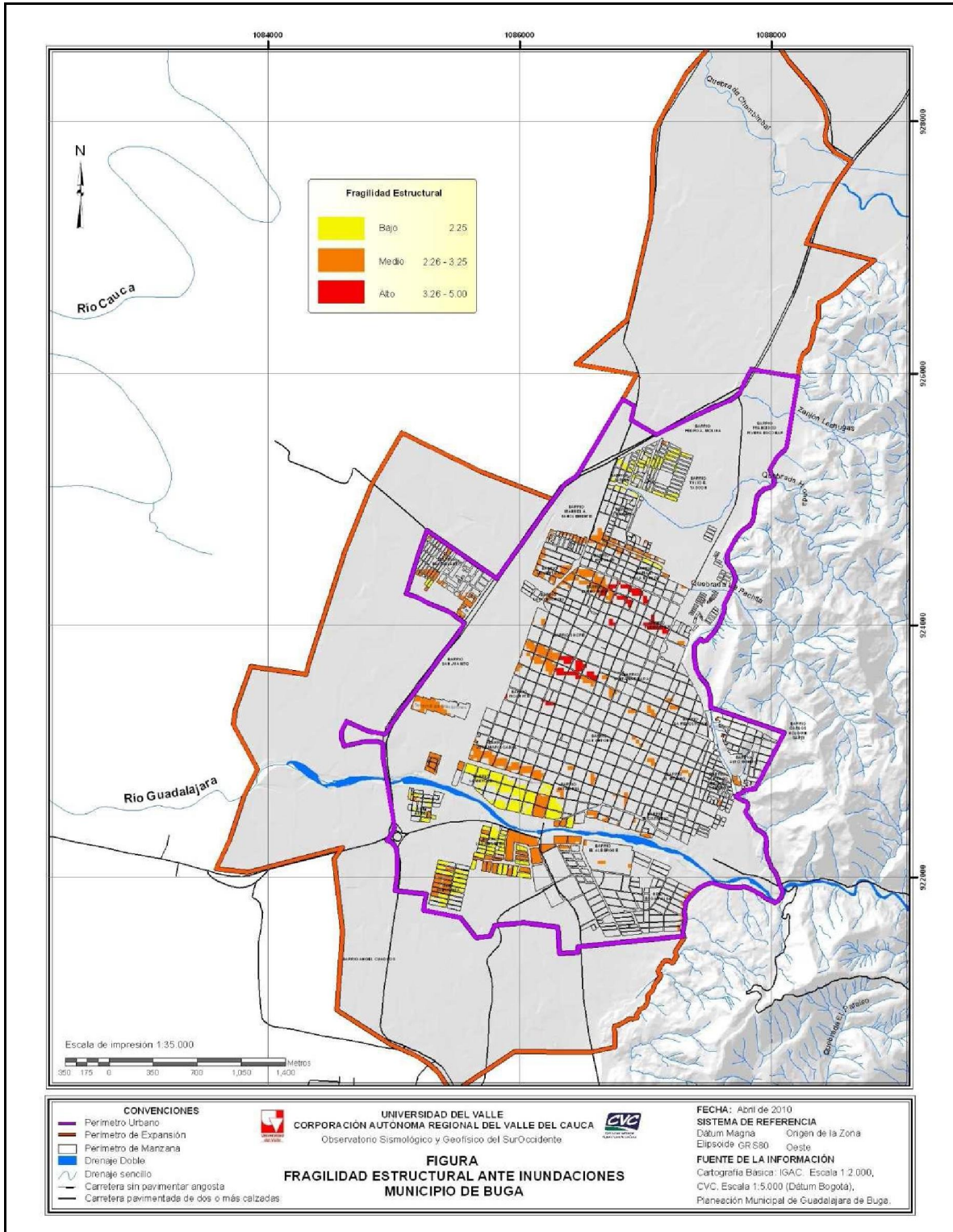


Figura 2.41 Fragilidad estructural ante fenómenos de inundación en Buga.

**2.1.13. Cálculo de la vulnerabilidad total o global ante inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.**

*2.1.13.1. Evaluación de la vulnerabilidad corporal ante inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga*

Una vez obtenido los mapas de exposición y fragilidad corporal se obtuvo la vulnerabilidad corporal ante fenómeno de remoción en masa.

$$V_{corp} = Exp_{corp} + Frag_{corp}$$

Los resultados pueden apreciarse en la Figura 2.42.

*2.1.13.2. Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga*

$$V_{est} = C_1 Exp_{est} + Frag_{est}$$

Los resultados pueden verse en la Figura 2.43.

*2.1.13.3. Cálculo de la vulnerabilidad total o global ante inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga*

Una vez obtenido la distribución espacial de las vulnerabilidades estructural y corporal se calcula la vulnerabilidad global que se relaciona tanto con los elementos corporales como los elementos estructurales.

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

$$C_1 = 7$$

$$C_2 = 3$$

Los resultados pueden verse en la Figura 2.44 y el Mapa 2.3.

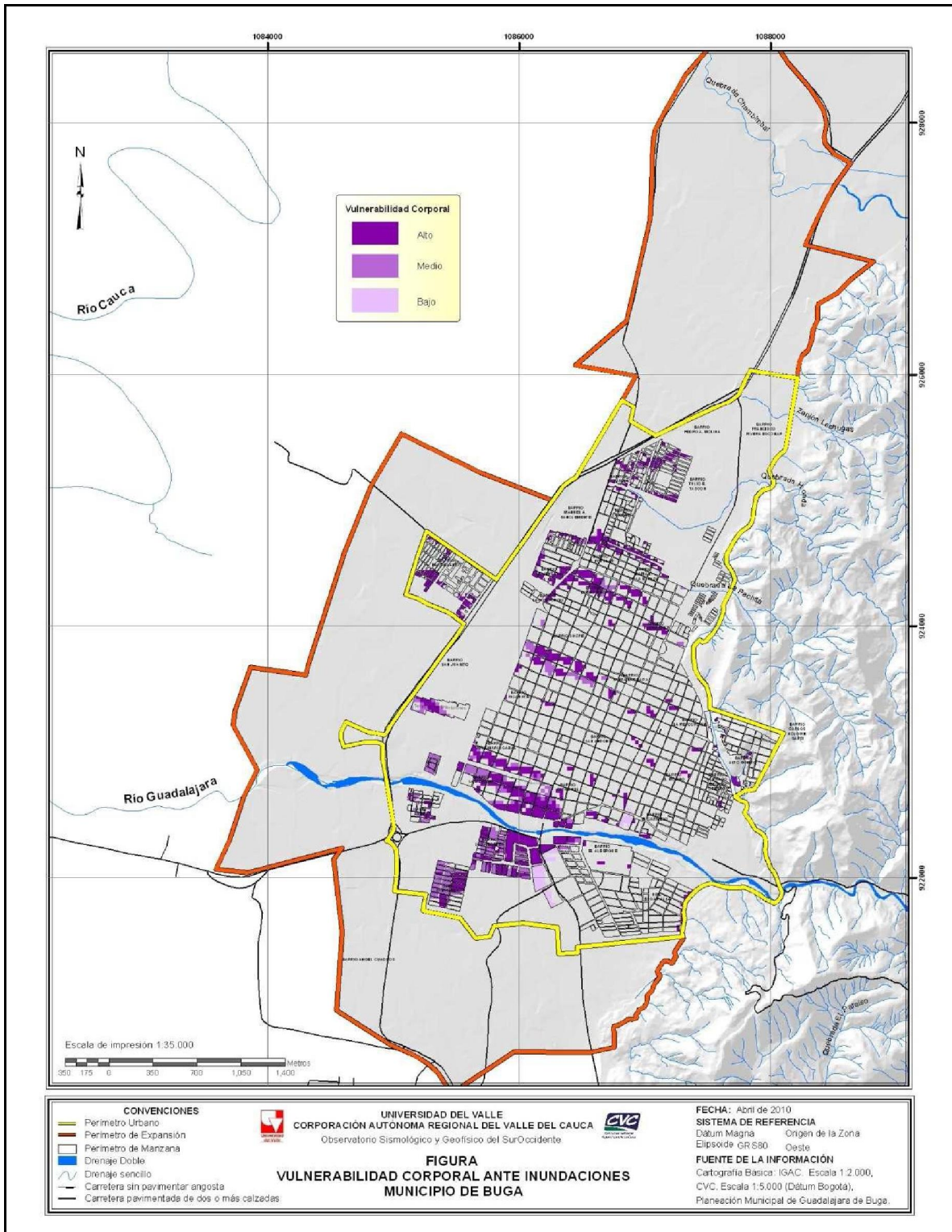


Figura 2.42 Vulnerabilidad corporal ante fenómenos de inundación en Buga.



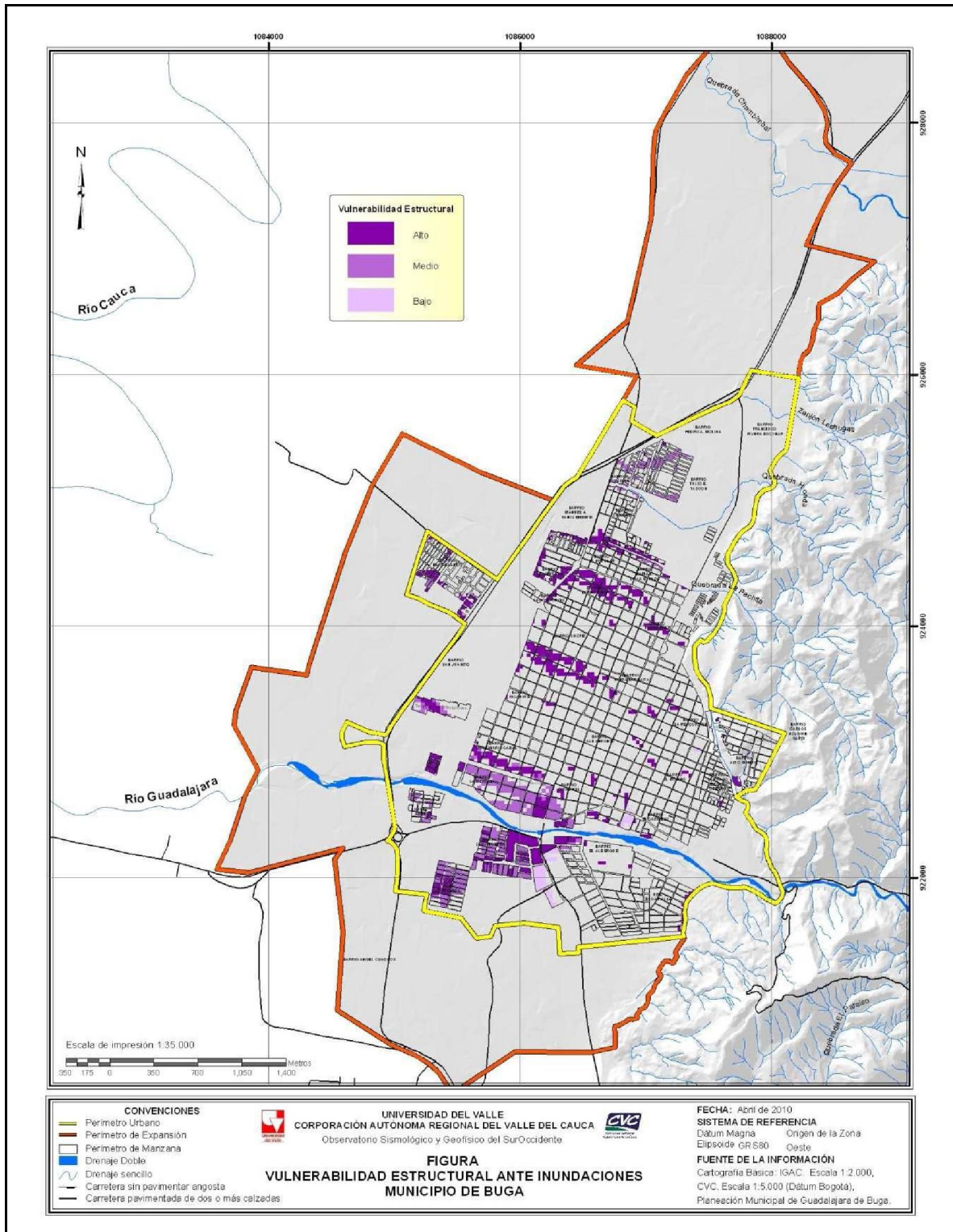


Figura 2.43 Vulnerabilidad estructural ante fenómenos de inundación en Buga.



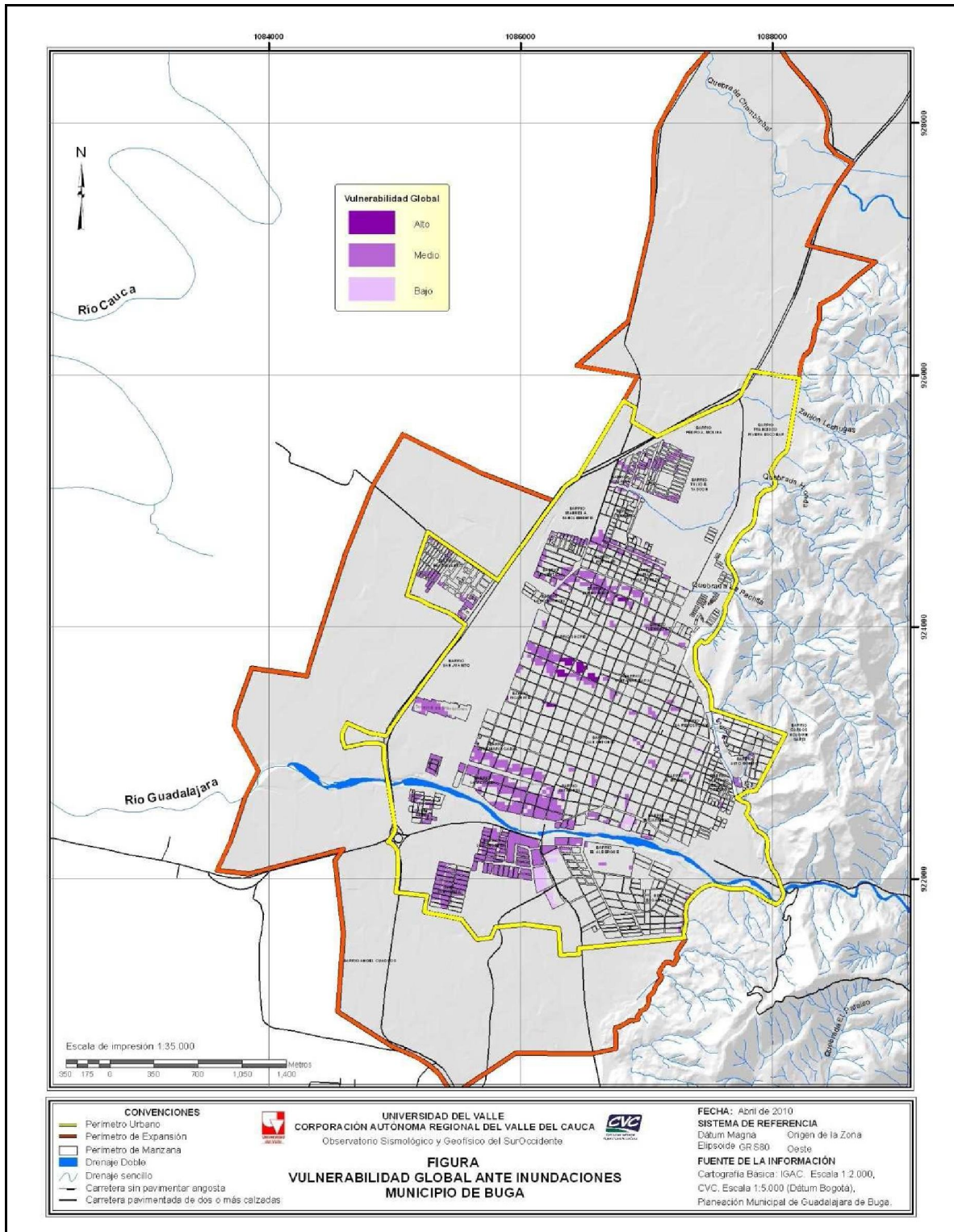
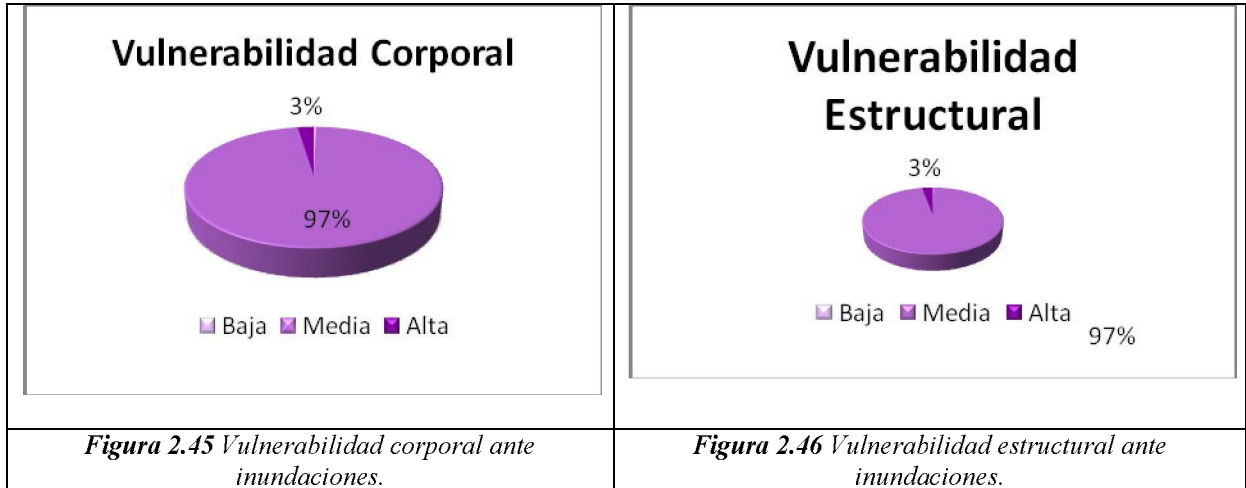


Figura 2.44 Vulnerabilidad global ante inundaciones en Buga.

Las Figuras 2.45 y 2.46 muestran en porcentaje la vulnerabilidad corporal y estructural ante fenómenos de inundación en el municipio de Buga.



Se calculó aproximadamente el número de personas y predios con vulnerabilidad alta media y baja y se muestra en la Tabla 2.18.

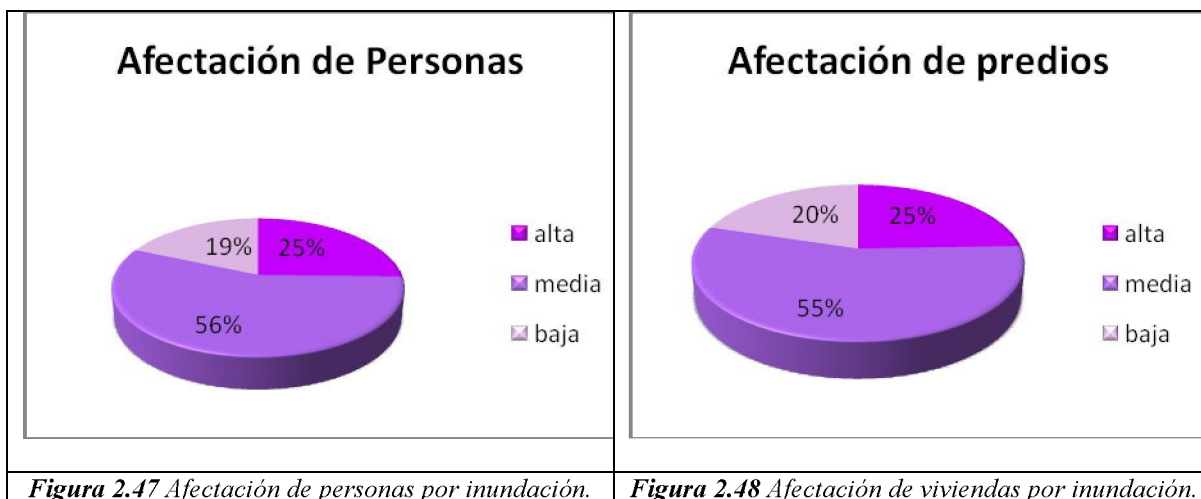
**Tabla 2.18.** Número de viviendas y personas con vulnerabilidades alta media y baja ante inundaciones

Inundaciones		
Vulnerabilidad	Personas	Predios
Baja	20	61
Media	5115	21106
Alta	127	654

*2.1.14. Estimación del grado de afectación o daño por inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.*

El cálculo del nivel de afectación o riesgo por inundaciones se realiza con una intersección de la vulnerabilidad ante inundaciones clasificadas (Figura 2.44) y el mapa de amenazas por inundaciones (Figura 2.9).

Las figuras 2.47 y 2.48 es la afectación de viviendas y personas respecto a personas y viviendas en contacto con la amenaza por inundaciones no debe entenderse respecto a todo el área urbana del municipio de Buga.

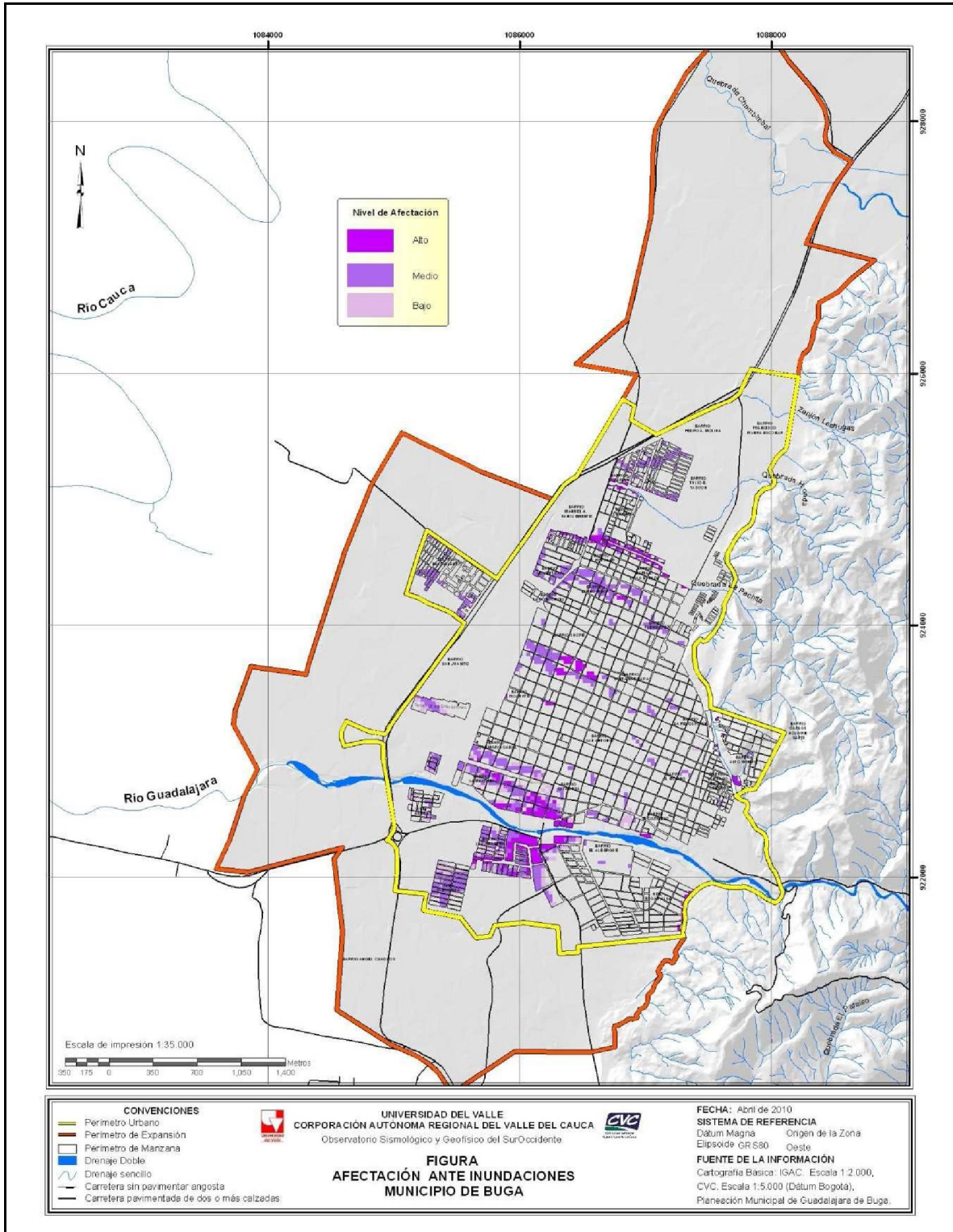


En la tabla 2.19 se muestra el tipo de afectación

**Tabla 2.19.** Modo de daño o afectación por inundaciones

ELEMENTOS EXPUESTOS	INDICADOR	MODO DE DAÑO Ó AFECTACIÓN
PERSONAS	I	Heridas leves sin secuelas
	II	Heridas importantes (fracturas, invalidez)
	III	Pérdida de la vida
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

En la Figura 2.49 y el Mapa 2.4 de Afectación se muestra la distribución espacial del riesgo o afectación de la zona urbana y de expansión del Municipio de Buga.



*Figura 2.49 Afectación ante fenómenos de inundación en Buga.*



Los resultados de este cálculo interpretan los datos históricos. Los barrios cercanos a la parte oriental del Río Guadalajara La Merced, Los Ángeles están en zonas de riesgo medio porque a pesar están expuestas a inundaciones el estado de las viviendas es buena es decir la fragilidad estructural es baja. Sin embargo los barrios en contacto con Quebrada Honda y la Pachita están altamente afectado en parte por el tratamiento que se le ha dado a estas quebradas según queda documentado en los registros históricos.

### 2.1.15. Escenarios de afectación diurno y nocturno.

A partir del muestreo que se realizó se calcularon los escenarios diurno y nocturno en cuanto el riesgo para personas en cada uno de estos escenarios. Se supuso que nocturno es el total de personas afectadas y el diurno son solo las personas que están en sus viviendas durante el día, como menores de edad, ancianos o personas que no salen de sus viviendas a laborar. En la Tabla 2.20 pueden verse los valores numéricos. Ver Figura 2.50.

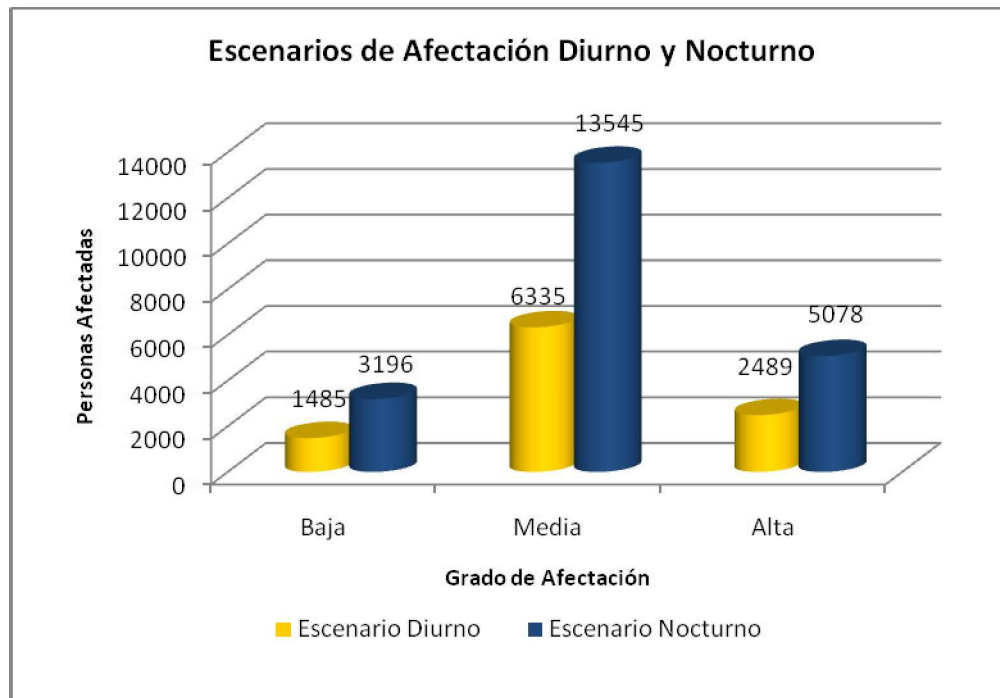


Figura 2.50 Escenarios de afectación diurno y nocturno.

Tabla 2.20. Cantidad de personas afectadas o en riesgo por remoción en masa en escenarios diurnos y nocturnos

Inundaciones			
Afectación	PersonadDiu	PersonasNoc	Predios
Baja	1485	3196	849
Media	6335	13545	3253
Alta	2489	5078	1158



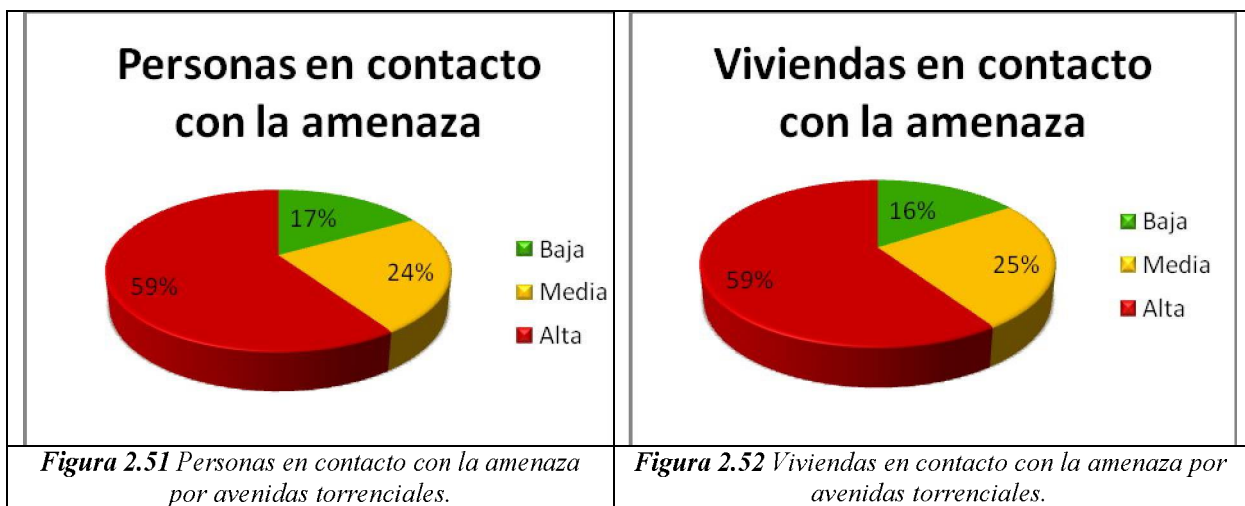
## 2.1.16. Evaluación de la vulnerabilidad y afectación por amenaza de avenidas torrenciales en el área urbana y de expansión del municipio de Buga

### 2.1.16.1. Identificación del nivel de exposición de los elementos corporales y estructurales expuestos ante la amenaza de avenidas torrenciales

La exposición ante la amenaza por avenidas torrenciales hace referencia a los elementos estructurales y corporales que son potencialmente afectables por dicha amenaza. Para la identificación del nivel de exposición se realizaron los mismos procesos utilizados para los cálculos de remoción en masa e inundaciones. La exposición para las avenidas torrenciales es la relación entre la amenaza clasificada de avenidas torrenciales y el elemento expuesto en contacto directo con la misma que en este proyecto se tomó como la densidad por unidad de área de manzana

A partir de la intersección puede calcularse aproximadamente el número de personas y viviendas afectadas por inundación. Los siguientes gráficos y tabla muestran aproximadamente el número de personas y viviendas en contacto con la amenaza alta media y baja.

En las figuras 2.51 y 2.52 pueden verse los porcentajes de personas y viviendas respecto al total de personas y viviendas en contacto con amenaza alta media y baja.



Ver Tabla 2.21 en la cual se relacionan el número de personas y predios afectados por avenidas torrenciales.

**Tabla 2.21.** Personas y predios afectados por avenidas torrenciales

Avenidas torrenciales		
Amenaza	Personas	Predios
Baja	2183	521
Media	3076	820
Alta	7725	1964

Se obtuvieron los mapas de exposición corporal y estructural a la amenaza por inundación mediante una intersección espacial de la amenaza por avenidas torrenciales (Figura 2.10) y la densidad corporal y estructural de los elementos afectados (Figuras 2.12 y 2.17). De igual manera los resultados se clasificaron con el Método de Jerk (*Natural Breaks*) en tres clases: exposición alta, exposición media y exposición baja para cada uno de los elementos expuestos corporal y estructural.

Las Figuras 2.53 y 2.54 muestran la exposición corporal y exposición estructural clasificada ante avenidas torrenciales inundaciones que en síntesis muestran las áreas geográficas más expuestas del casco urbano ante la posibilidad de ocurrencia de un fenómeno de avenida torrencial.

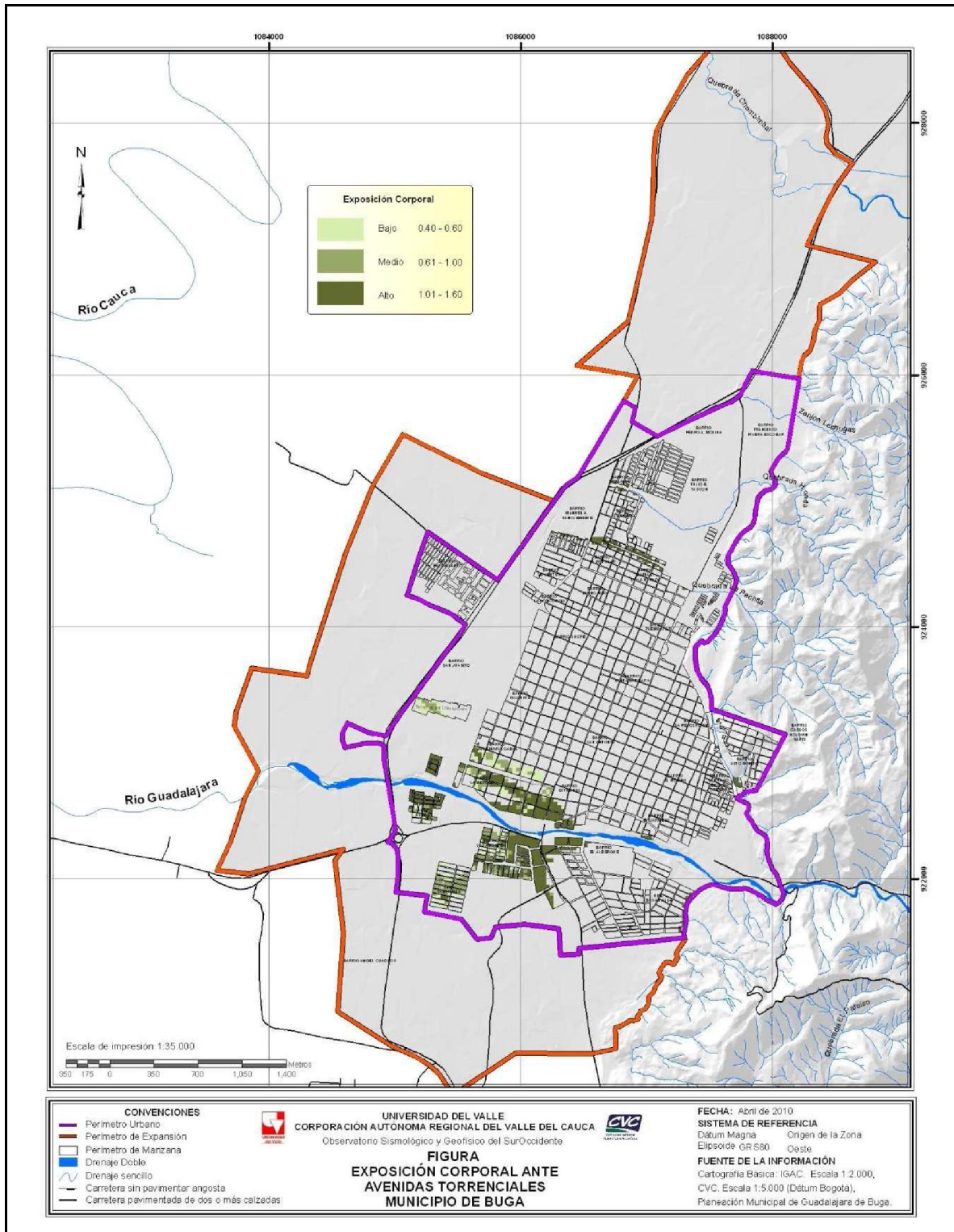


Figura 2.53 Exposición corporal ante amenazas de avenidas torrenciales, municipio de Buga.

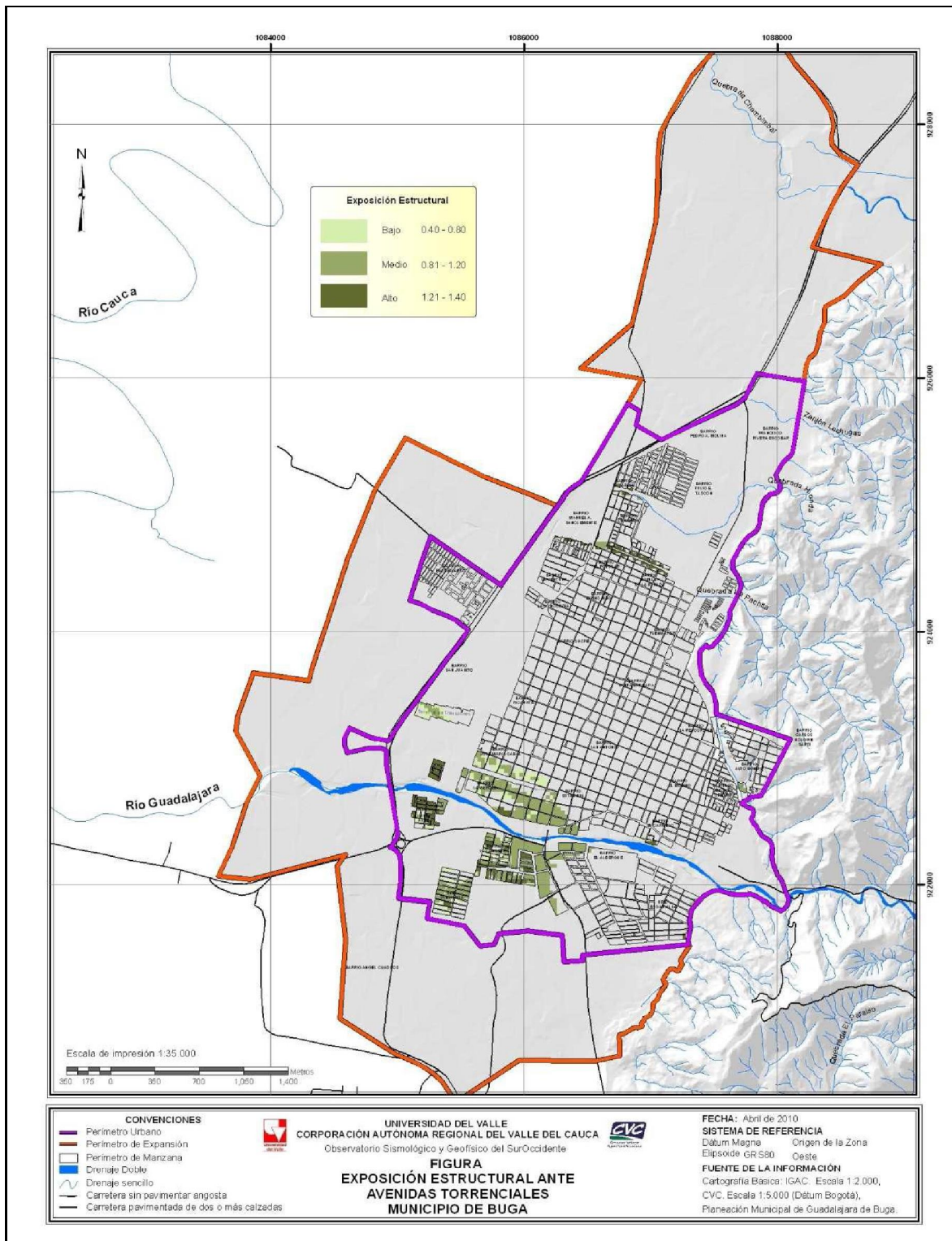


Figura 2.54 Exposición estructural ante amenazas de avenidas torrenciales, municipio de Buga.

Hay que anotar que una de las diferencias entre el contacto con la amenaza por inundaciones y amenaza por avenidas torrenciales es que las segundas están estrechamente ligadas a las corrientes de agua y las primeras al introducir los históricos están en contacto personas y viviendas con inundaciones por colmatación en los servicios públicos.

### 2.1.17. Fragilidad corporal y estructural ante fenómeno de avenidas torrenciales

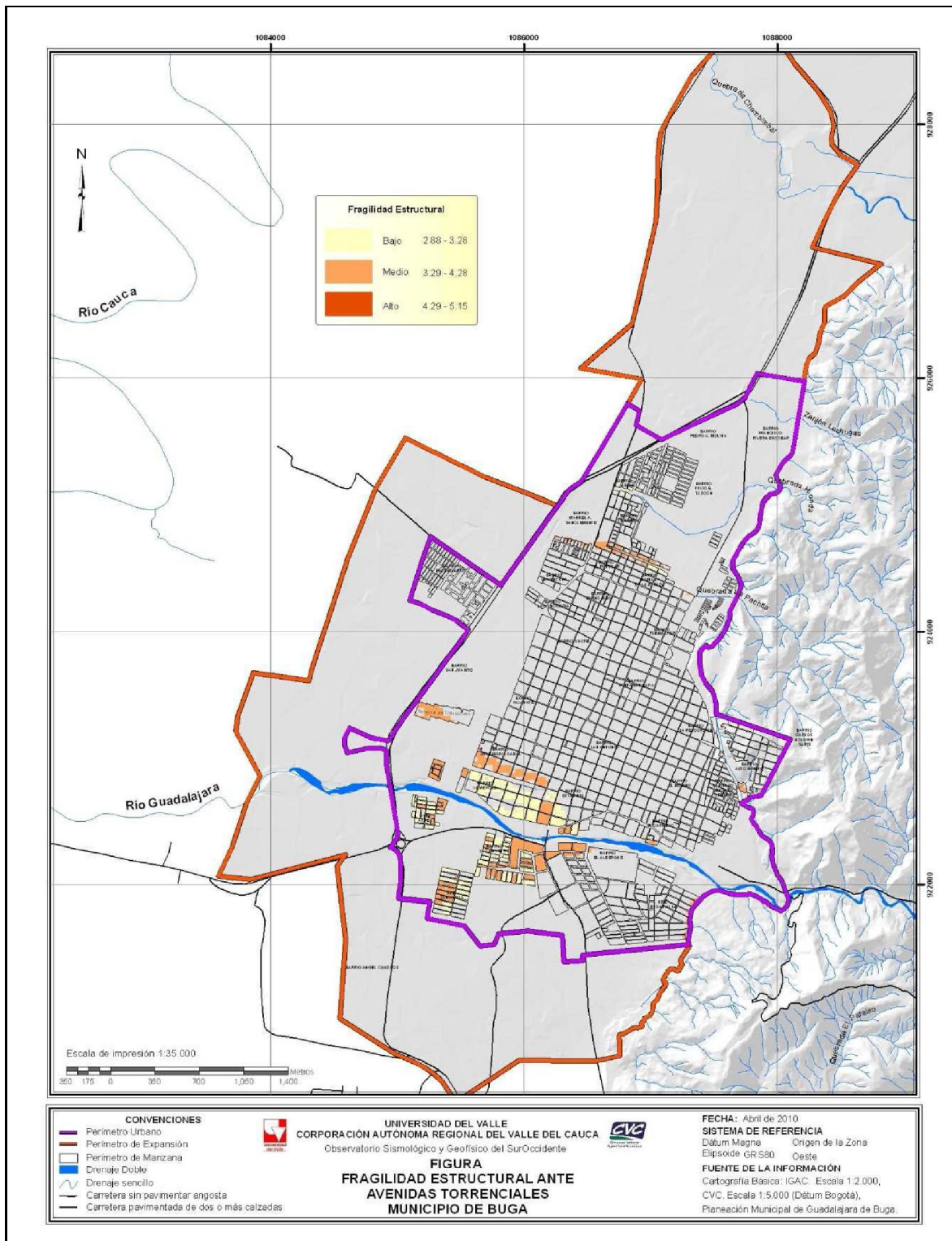
Como se dijo anteriormente, la fragilidad corporal es la misma para las amenazas de remoción en masa, inundación y avenidas torrenciales (Ver figura 2.26) La fragilidad estructural se calculó teniendo en cuenta la Tabla 2.17 para la asignación de valores jerarquizados y pesos a las variables. Ver Figura 2.55.

### Cálculo de la fragilidad estructural

**Tabla 2.22.** Ponderación de la fragilidad estructural para avenidas torrenciales

Variables	Tipo	Valor de la Variable	Ranking* Asignación de valor (1-10)	Descripción	Pesos
Material de construcción	I	Rústico	10	Vulnerabilidad alta para madera burda, desechos, zinc, cartón, esterilla, guadua	0,35
	II	Mampostería	5	Vulnerabilidad moderada para adobe, ladrillo, piedra, roca pulida, cantos	
	III	Concreto	2	Vulnerabilidad baja para armado, en masa, ordinario	
Techos	I	Paja, palma ó similar	10	Vulnerabilidad alta	0,05
	II	Teja de barro, asbesto, Lamina metálica	7	Vulnerabilidad moderada	
	III	Cemento-concreto	2	Vulnerabilidad baja	
Estado de la vivienda	I	Mal estado	10	Vulnerabilidad alta para Avanzado estado de afectación de los elementos portantes, inclinación y agrietamiento	0,20
	II	Regular estado	6	Vulnerabilidad moderada por ligero envejecimiento de los elementos portantes con leves fisuras	
	III	Buen Estado	2	Vulnerabilidad baja para Los elementos portantes no presentan fisuras, ni agrietamiento	
Medida de mitigación	I	Tiene algún tipo de medida estructural	3	Baja para viviendas que han realizado algún tipo de medida estructural para evitar inundaciones	0,175
	II	No tiene ninguna medida estructural	8	Alta para viviendas que no tienen ningún tipo de medida estructural para evitar inundaciones	





*Figura 2.55 Fragilidad estructural ante amenazas por avenidas torrenciales, municipio de Buga.*

### **2.1.18. Calculo de la vulnerabilidad total o global ante avenidas torrenciales en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.**

#### *2.1.18.1. Evaluación de la vulnerabilidad corporal ante avenidas torrenciales en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga*

Una vez obtenido los mapas de exposición y fragilidad corporal se obtuvo la vulnerabilidad corporal ante fenómeno de remoción en masa.

$$V_{corp} = (Exp_{corp} + Frag_{corp})$$

Los resultados pueden apreciarse en la Figura 2.56.

#### *2.1.18.2. Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga*

$$V_{est} = C_1 (Exp_{est} + Frag_{est})$$

Los resultados pueden apreciarse en la Figura 2.57.

#### *2.1.18.3. Calculo de la vulnerabilidad total o global ante inundaciones en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga*

En el Mapa 2.5 y la Figura 2.58 se muestra espacialmente el resultado del cálculo de la ecuación:

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

$$C_1 = 7$$

$$C_2 = 3$$

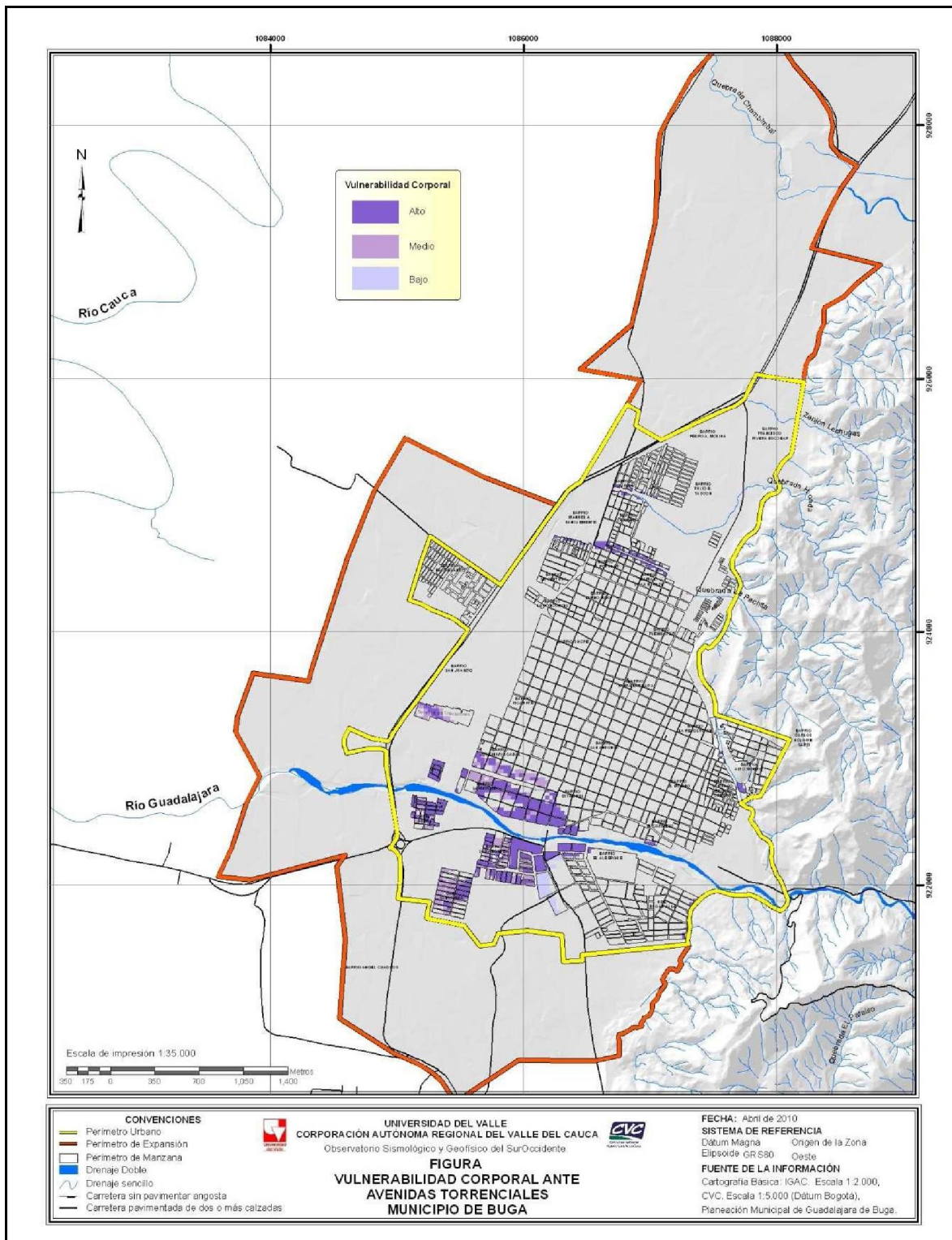


Figura 2.56 Vulnerabilidad corporal ante amenazas avenidas torrenciales, municipio de Buga.



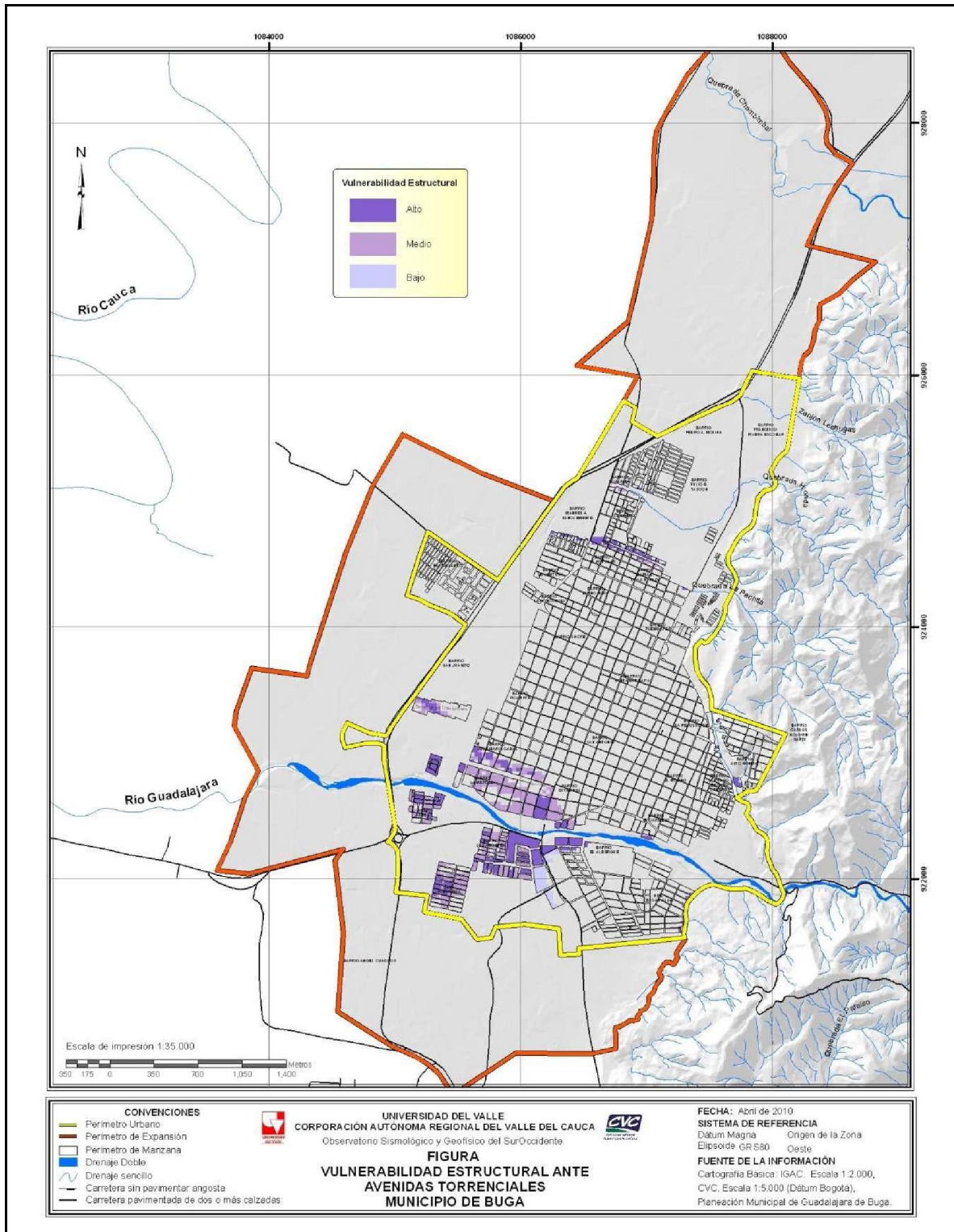


Figura 2.57 Vulnerabilidad estructural ante amenazas por avenidas torrenciales, municipio de Buga.

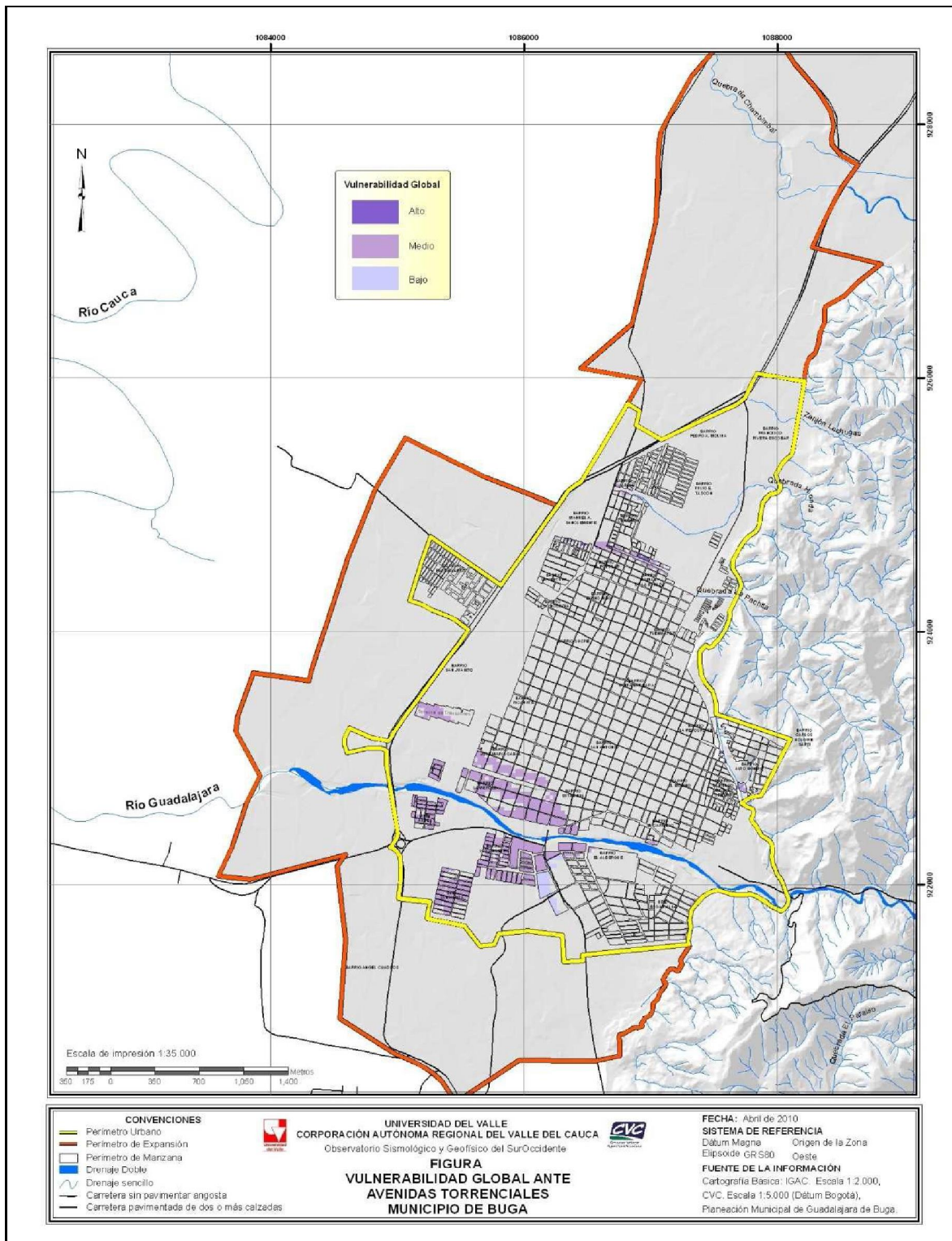
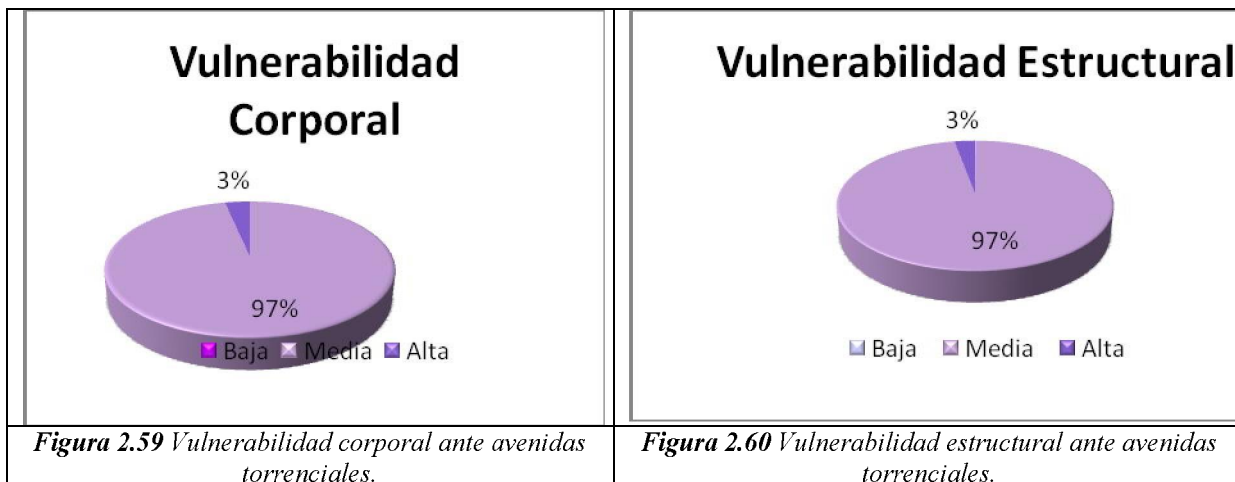


Figura 2.58 Vulnerabilidad global ante amenazas por avenidas torrenciales, municipio de Buga.



Las Figuras 2.59 y 2.60 muestran porcentualmente la vulnerabilidad corporal y estructural ante amenazas por avenidas torrenciales.



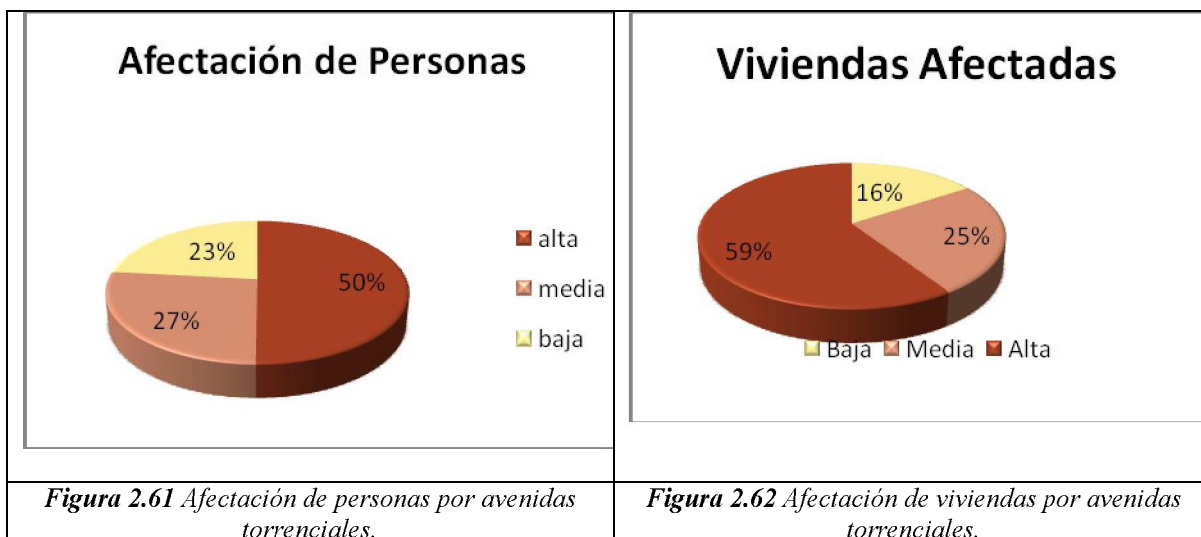
Se calculó aproximadamente el número de personas y predios con vulnerabilidad alta media y baja y se muestra en la Tabla 2.23.

**Tabla 2.23.** Número de viviendas y personas con vulnerabilidades alta media y baja ante avenidas torrenciales

Avenidas torrenciales		
Vulnerabilidad	Personas	Predios
Baja	0	3
Media	12553	3213
Alta	432	95

**2.1.19. Estimación del grado de afectación o daño por avenidas torrenciales en la zona urbana y de expansión del municipio de Buga.**

El cálculo del nivel de afectación o riesgo por inundaciones se realiza con una intersección de la vulnerabilidad ante avenidas torrenciales clasificada (Figura 2.58, Mapa 2.5) y el mapa de amenazas por avenidas torrenciales (Figura 2.10). Las Figuras 2.61 y 2.62 muestran la afectación porcentual de personas y viviendas por avenidas torrenciales. Ver Tabla 2.24. Para ver la distribución espacial de la afectación por avenidas torrenciales ver Figura 2.63.



**Tabla 2.24.** 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	Pérdida de la vida
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

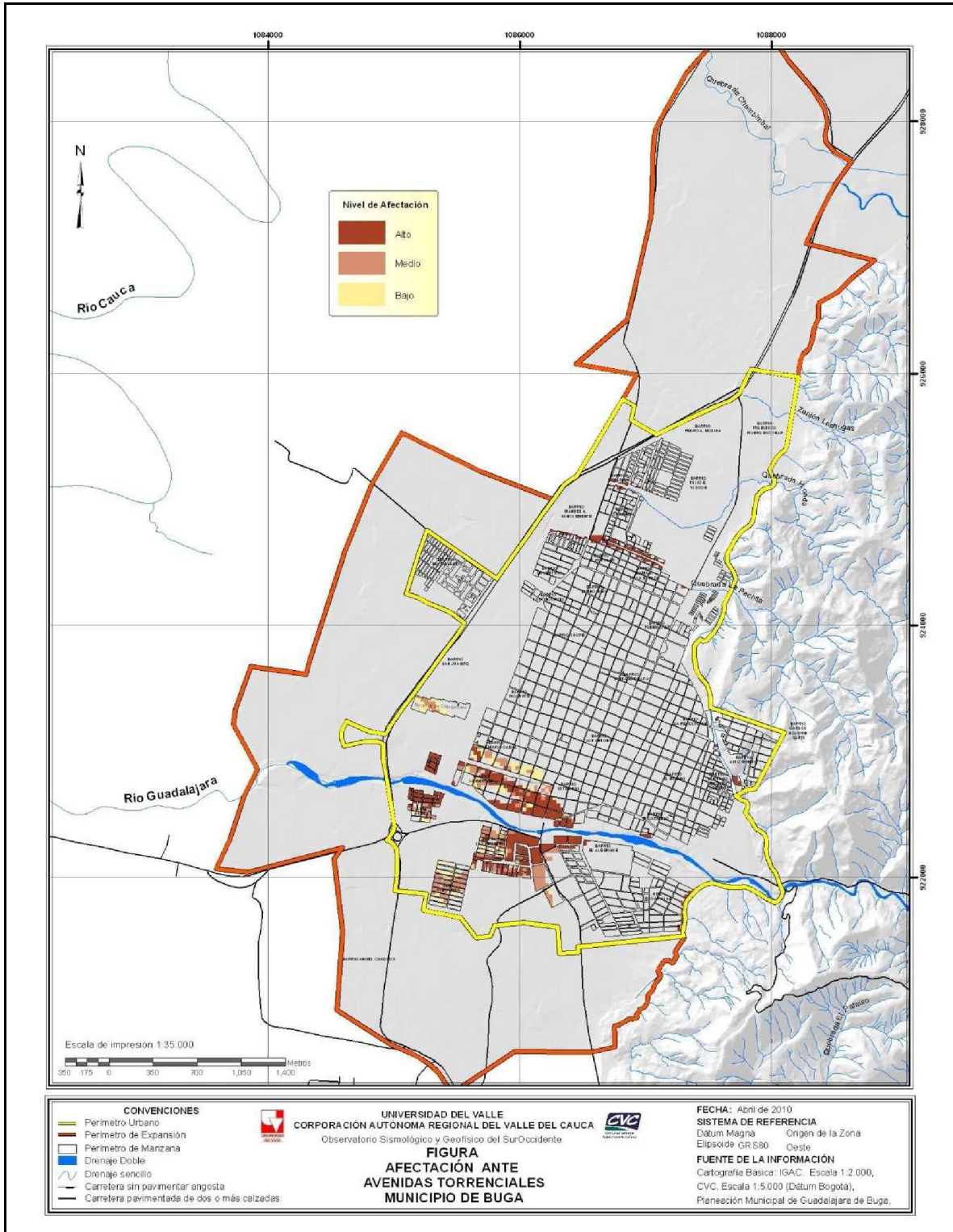


Figura 2.63 Afectación por avenidas torrenciales, municipio de Buga.

### 2.1.20. Escenarios de afectación diurno y nocturno.

A partir del muestreo que se realizó se calcularon los escenarios diurno y nocturno en cuanto el riesgo por avenidas torrenciales para personas en cada uno de estos escenarios. Se supuso que nocturno es el total de personas afectadas y el diurno son solo las personas que están en sus viviendas durante el día, como menores de edad, ancianos o personas que no salen de sus viviendas a laborar. En la Tabla 2.25 pueden verse los valores numéricos. Ver Figura 2.64.

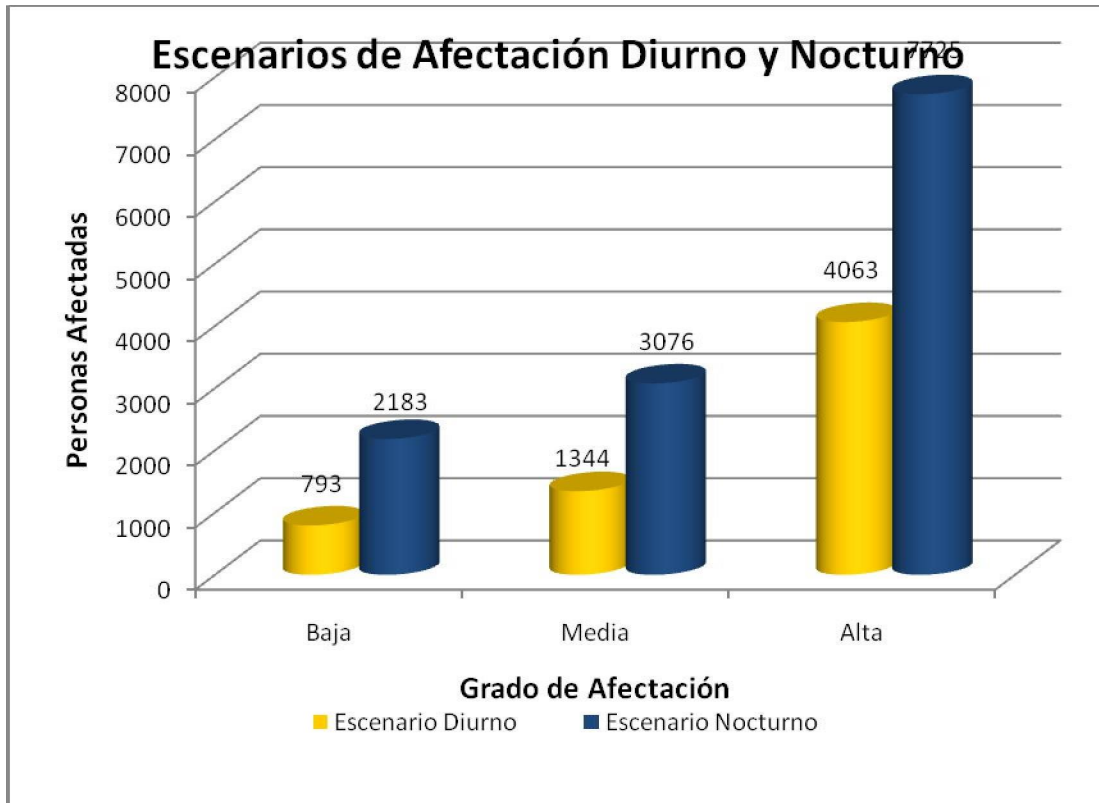


Figura 2.64 Escenarios de afectación diurno y nocturno.

Tabla 2.25. Cantidad de personas afectadas o en riesgo por avenidas torrenciales en escenarios diurnos y nocturnos

Avenidas torrenciales			
Afectación	PersonasDiu	PersonasNoc	Predios
Baja	793	2183	521
Media	1344	3076	823
Alta	4063	7725	1961

### **3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**



### **3.1. CONCLUSIONES**

Muchos de los desastres y emergencias de las cabeceras municipales se producen en la mayoría de los casos por inadecuado uso del suelo, no hay respuesta a las emergencias, se presentan ineficiencias al concretar soluciones al respecto. Buga en particular, esta afectada en temporada invernal la colmatación del sistema de alcantarillado y colapso de la entrega del sistema de acueducto, en este municipio registrados en varias fuente documentales (Documento Buga Historicidad) que han causado problema en el caso urbano. la carrera 18 a la altura del Cementerio y la Empresa Grasas. A estos sectores se suman el llamado Caracolí, frente a la Empresa Finca deficiente diseño y planificación de los acueductos y alcantarillados.

En los barrios encuestados al norte del municipio, las observaciones manifestadas por los habitantes, respecto a la amenaza, apuntan a disminución de los eventos relacionados a inundaciones debido a la ejecución en los últimos años de acciones comunitarias y obras por parte de la Administración local, tales como el mantenimiento y aumento en la sección de las quebradas, que han reducido la frecuencia de estos eventos.

En cuanto a la amenaza por remoción en masa latente en las laderas del barrio Alto Bonito, se puede identificar viviendas con falencias estructurales y mayor fragilidad de las poblaciones localizadas en la zona de mayor pendiente en el límite occidental del barrio colindante con la acequia Chambimbal, donde se evidencia un deficiente manejo en la captación de aguas de escorrentía, como problema que contribuye a la inestabilidad del terreno.

Al sur, las viviendas próximas al río Guadalajara de Buga pertenecen a un estrato socioeconómico superior al promedio del Municipio, donde se identifica una mayor conservación de las estructuras y obras menores de mitigación frente a las viviendas (canales de aguas lluvias).

Las manzanas expuestas a inundación localizadas en el centro del Municipio, son asociados históricamente a eventos de lluvias que ocasionan la colmatación del sistema de alcantarillado, y no necesariamente se le atribuye una susceptibilidad por el desbordamiento de cauces adyacentes.

Respecto a la zona de expansión hay que anotar que está afectada fundamentalmente por inundaciones y por evanidas toerrencales de ninguna manera por remoción en masa ya que toda la zona de expansión se encuentra en zona plana

### **3.2. RECOMENDACIONES**

Parte de las zonas de expansión en el oriente y sur de Buga se encuentra en zonas de amenaza alta por avenidas torrenciales e inundaciones y estas son zonas de desbordes frecuentes e intensidad alta en la cual podrían generarse graves daños a núcleos urbanos, por lo cual se considera que no debe ser urbanizable y debe contar con una protección especial. En el caso de haber construcciones se deberán diseñar y construir estructuras de protección (casas, edificios, bodegas, hospitales, instituciones educativas, etc.)

Donde hay nivel de amenaza medio que son zonas de desbordes frecuentes e intensidad media en la cual podrían ocurrir daños significativos a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos; por tal motivo se debe prohibir la construcción de viviendas, granjas, hoteles, centros escolares o sanitarios, hospitales, bomberos, cementerios y actividades de naturaleza similar. Se debe considerar a largo plazo el cambio de uso del suelo en cuanto a las construcciones existentes en esta zona, si no se contempla el diseño y construcción de estructuras de protección (con el fin de minimizar los daños que se puedan ocasionar por las inundaciones)

Donde hay nivel de amenaza bajo los desbordes son poco frecuentes e la intensidad es baja pero podrían presentarse daños leves a instalaciones comerciales, industriales y/o servicios básicos, por lo cual se puede permitir la construcción de viviendas y hoteles, adoptando las medidas de seguridad correspondientes.

#### **Medidas estructurales**

Se recomienda plantear, dimensionar y evaluar, considerando los aspectos social, ambiental, técnico y económico, distintas medidas estructurales (obras) orientadas a la prevención, mitigación y/o control de los desbordamientos durante las crecientes y avenidas torrenciales del río Guadalajara, las quebradas Chambimbal, La Pachita y La Honda y las acequias El Albergue, Chambimbal, La Julia y El Chircal; esto con el fin de evitar o reducir magnitud e intensidad de la amenaza por inundaciones y avenidas torrenciales. Entre estas medidas se pueden considerar las siguientes: mejoramiento de las condiciones hidráulicas mediante dragado de los cauces al paso por la ciudad de Buga; construcción de áreas de almacenamiento, las cuales permiten amortiguar las crecientes al retener temporalmente una fracción del volumen de agua transportado por los cauces; y, mejorar las condiciones de acometida de las diferentes acequias que toman agua del río Guadalajara.

En las quebradas La Pachita y La Honda se recomienda realizar un trabajo educativo y de vigilancia para que estos cauces no sigan cumpliendo la función de alcantarilla y depósito de basuras y escombros al paso por la ciudad.

#### **Medidas no estructurales**

Las medidas no estructurales, solas o en conjunto con las estructurales, pueden minimizar significativamente las afectaciones de los elementos expuestos en las áreas amenazadas y,

por ende, disminuir los costos de los posibles daños. Entre las principales medidas estructurales recomendadas se tienen las siguientes:

Sistemas de pronóstico y alerta temprana: tienen la finalidad de anticiparse a la ocurrencia de la inundación, avisando a la población para la oportuna evacuación de las áreas potencialmente afectadas por el fenómeno y tomando las medidas necesarias para reducir los perjuicios resultantes de la inundación. Para el sistema de pronóstico se requiere de un sistema de monitoreo (registro continuo y permanente de precipitaciones y niveles de agua en la parte alta de la cuenca del río Guadalajara y las quebradas Chambimbal, La Pachita y La Honda) y transmisión telemétrica a un centro de pronósticos.

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

Se recomienda realizar una zonificación técnica de las áreas sometidas a diferentes niveles o grados de amenaza, así:

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

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

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

## **4. BIBLIOGRAFÍA**

#### **4. BIBLIOGRAFÍA**

CVC & UNIVALLE. Informes Mapas Temáticos, Municipio de Buga. Proyecto MIDAS. 2010.

\_\_\_\_\_ Informe de Amenazas por Remoción en masa, Municipio de Buga. Proyecto MIDAS. 2010.

Informe de Amenazas por Inundaciones y Avenidas Torrenciales, Municipio de Buga. Proyecto MIDAS. 2010.



## **5. ANEXOS**

## **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 EDIFICACIÓN**

11. Condición de Amenaza: Alta \_\_\_\_\_ Media \_\_\_\_\_ Baja \_\_\_\_\_

Edad y Geometría: 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. Cantos	II. Lámina metálica
I. Madera burda		III. Cemento
I. Bahareque		III. Concreto
Otra - Especifique		

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

**D. CARACTERÍSTICAS DE DAÑOS OCURRIDOS**

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

Qualquier 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			COSTO (miles de Pesos)
	Año:	Mes:	Día:	
HUMANAS	DANOS Y PERDIDAS			COSTO (miles de Pesos)
	MATERIALES			



**Anexo 2.2 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.

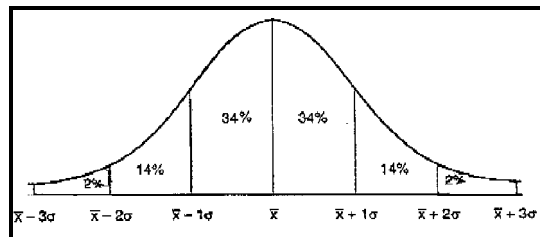
## **Anexo 2.3 Métodos de clasificación de datos**

### Anexo 2.3 Métodos de clasificación de datos

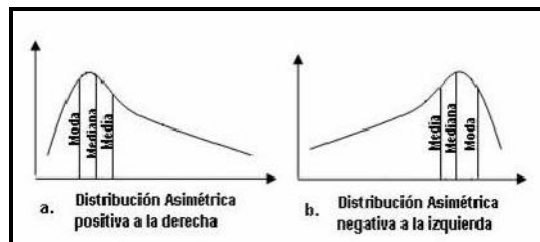
Se denomina clasificación a la división en clases (o en grupo de valores) de una serie estadística para su representación gráfica o cartográfica. La clasificación se caracteriza por conservar, lo mejor posible, la información contenida en la serie estadística, con el objetivo de transmitirla y comunicarla 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:

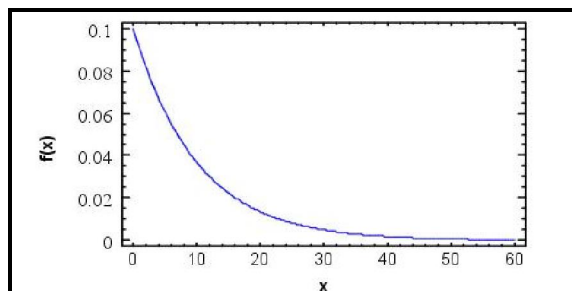
a) *Distribución normal*: concentra un gran número de valores en las clases centrales, los cuales disminuyen progresivamente a cada lado de la media



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

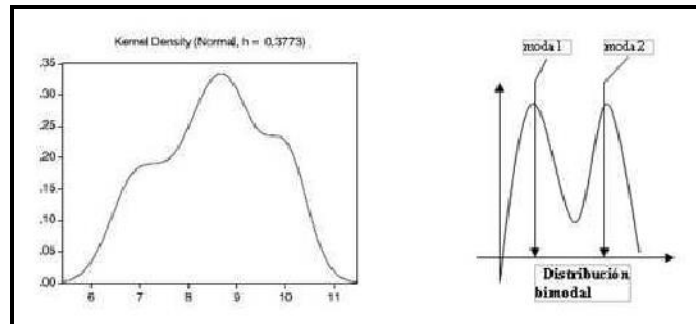


c) *Distribución exponencial y logarítmica*: revelan un aumento o disminución exponencial de frecuencias (representación de elevada de valores altos o bajos).

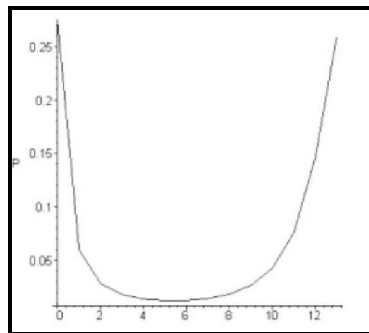




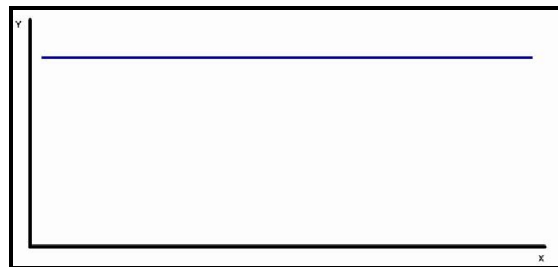
d) *Distribuciones bi-plurimodales*: Corresponden a distribuciones donde la variable está compuesta en realidad de sub-poblaciones más o menos imbricadas. En este caso, la mayor parte de los parámetros estadísticos no tienen significado ni utilidad; únicamente los gráficos permiten un correcto análisis.



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:

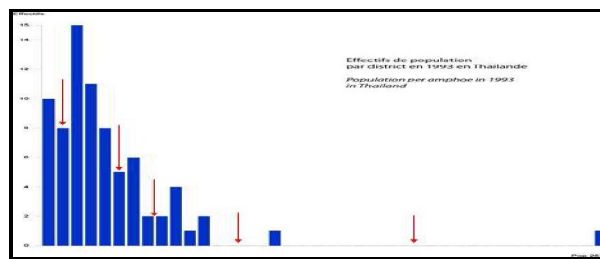
Permite tomar en cuenta las discontinuidades observables.

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:

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

$n = \text{número de individuos por clase.}$

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:

1 – Cálculo de la razón R, con 
$$R = \frac{\text{max} - \text{min}}{1 + 2 + \dots + i + \dots + k}$$

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 2.4. Censo para evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de afectación de los elementos corporales y estructurales expuestos**



## **Anexo 2.4: Censo para evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de afectación de los elementos corporales y estructurales expuestos**

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 2.1); 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).

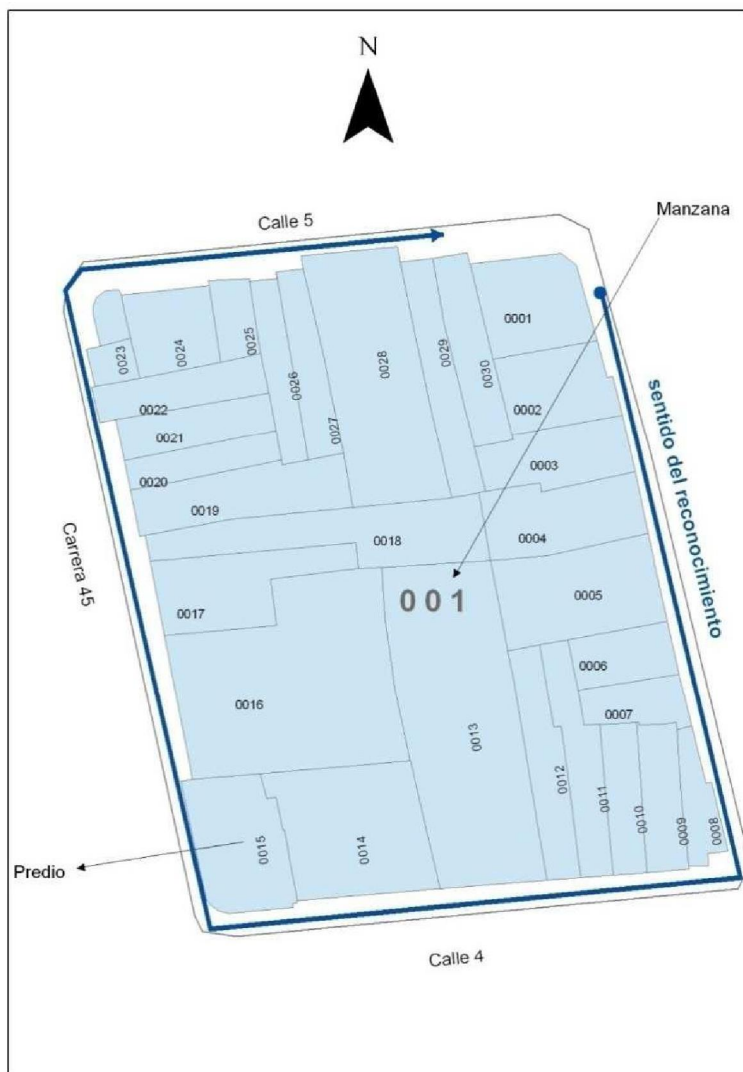


Figura 1. Esquema del recorrido y sentido del reconocimiento a nivel predial por manzana.

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 tanto por deslizamientos como avenidas torrenciales.

Para el diligenciamiento del formato se tomó en cuenta la codificación por manzana que registra la oficina de Catastro, para el reconocimiento predial. Los colores indican el nivel de peligrosidad, donde verde es bajo, amarillo es medio y rojo es alto.

La realización de la visita de campo a la cabecera municipal de La Unión, se llevó a cabo los días 06 al 10 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. En total se realizaron 195 encuestas para la recolección de información, la cual fue complementada con las bases de datos de SISBEN 2009.

Las observaciones realizadas en campo permiten 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.

Los resultados obtenidos en las encuestas se compilan en una base de datos espacial, a partir de la cual se generaron los cálculos para evaluar, cartografiar 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.