



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
DAGUA**

**SUPERVISIÓN A CARGO DE
HIDRO-OCCIDENTE**

Santiago de Cali, Agosto 2010

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	5
1. ASPECTOS CONCEPTUALES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN	7
2. ASPECTOS METODOLÓGICOS	10
3. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN	19
3.1. GENERALIDADES	19
3.2 ESCENARIOS DE PELIGROSIDAD O AMENAZA EN LA CABECERA MUNICIPAL DE DAGUA	20
3.3 IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS	24
3.3.1. Elementos corporales	25
3.3.2 Elementos Estructurales	36
3.4. EVALUACIÓN DEL GRADO DE EXPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y CORPORALES	49
3.5 EVALUACIÓN DEL GRADO DE FRAGILIDAD DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS	59
3.6. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESPECÍFICA Y GLOBAL ANTE CADA AMENAZA PRESENTE	63
3.7 ESTIMACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN POR INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES	71
3.8 DETERMINACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE AFECTACIÓN DIURNO Y NOCTURNO	75
4. CONCLUSIONES	81
5. BIBLIOGRAFÍA	85
6. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES	89
7. ANEXOS	94
Anexo 1.1 Guía metodológica para diligenciar el formulario para la evaluación de vulnerabilidad y de escenarios de afectación corporales y estructurales.	95
Anexo 2.1 Encuesta	98
Anexo 2.2 Métodos de clasificación de datos	102
Anexo 3.1. Censo para evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de afectación de los elementos corporales y estructurales expuestos	108

CONTENIDO TABLAS

<i>Tabla 2.1 Asignación de importancias relativas entre variables</i>	11
<i>Tabla 2.2 Ponderación de la Exposición</i>	12
<i>Tabla 2.3 Ponderación de la Fragilidad Estructural</i>	13
<i>Tabla 2.4 Ponderación de la Fragilidad Corporal</i>	14
<i>Tabla 2.5 Escala numérica-Grados de Vulnerabilidad</i>	15
<i>Tabla 2.6 Índices de afectación</i>	15
<i>Tabla 2.7 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Remoción en Masa</i>	16
<i>Tabla 2.8 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Inundaciones</i>	16
<i>Tabla 2.9 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Avenidas Torrenciales</i>	16
<i>Tabla 2.10 Relación entre modo de daño y densidad de población/escenario</i>	17
<i>Tabla 3.1 Representación estadística de la información a nivel de manzana</i>	25
<i>Tabla 3.2. Escenario de posible afectación nocturna por remoción en masa.</i>	75
<i>Tabla 3.3. Escenario de posible afectación diurna por remoción en masa.</i>	76
<i>Tabla 3.4. Viviendas afectadas por fenómenos de remoción en masa.</i>	76
<i>Tabla 3.5. Escenario de posible afectación nocturna por avenidas torrenciales.</i>	78
<i>Tabla 3.6. Escenario de posible afectación diurna por avenidas torrenciales.</i>	78
<i>Tabla 3.7. Viviendas afectadas por avenidas torrenciales.</i>	78

CONTENIDO FIGURAS

<i>Figura 3.1 Localización general de Dagua.</i>	20
<i>Figura 3.2 Zonificación de la Amenaza por Avenidas Torrenciales.</i>	22
<i>Figura 3.3 Zonificación de la Amenaza por Remoción en Masa.</i>	23
<i>Figura 3.4 Densidad de Habitantes. Cabecera municipal de Dagua.</i>	26
<i>Figura 3.5 Distribución de frecuencia de edades del jefe de hogar.</i>	27
<i>Figura 3.6 Distribución espacial de la edad del jefe del hogar.</i>	28
<i>Figura 3.7 Distribución espacial de la jefatura del hogar por género.</i>	30
<i>Figura 3.8 Distribución espacial de la escolaridad del jefe del hogar.</i>	32
<i>Figura 3.9 Distribución de frecuencia de dependencia infantil.</i>	33
<i>Figura 3.10 Distribución espacial del indicador de dependencia infantil.</i>	35
<i>Figura 3.11 Densidad de viviendas.</i>	37
<i>Figura 3.12 Distribución porcentual del tipo estructural de las viviendas.</i>	39
<i>Figura 3.13 Distribución espacial del tipo de construcciones.</i>	40
<i>Figura 3.14 Distribución porcentual del tipo de cubierta de las viviendas.</i>	42
<i>Figura 3.15 Distribución geográfica del tipo de cubierta.</i>	43
<i>Figura 3.16 Distribución porcentual del estado estructural de las viviendas.</i>	44
<i>Figura 3.17 Distribución espacial del estado estructural de las viviendas.</i>	45
<i>Figura 3.18 Distribución de las viviendas en función de las medidas de mitigación adoptadas.</i>	48
<i>Figura 3.19 Número de personas expuestas a un fenómeno de deslizamiento en jornada diurna.</i>	49
<i>Figura 3.20 Número de personas expuestas a un fenómeno de deslizamiento en jornada nocturna.</i>	50
<i>Figura 3.21 Niveles de exposición corporal ante deslizamientos.</i>	51
<i>Figura 3.22 Número de viviendas expuestas a un fenómeno de deslizamiento.</i>	52
<i>Figura 3.23 Nivel de exposición estructural ante deslizamientos.</i>	53
<i>Figura 3.24 Número de personas expuestas a una avenida torrencial en jornada diurna.</i>	54
<i>Figura 3.25 Número de personas expuestas a una avenida torrencial en jornada nocturna.</i>	54
<i>Figura 3.26 Niveles de exposición corporal ante avenidas torrenciales.</i>	56
<i>Figura 3.27 Número de viviendas expuestas a avenidas torrenciales.</i>	57
<i>Figura 3.28 Niveles de exposición estructural ante avenidas torrenciales.</i>	58
<i>Figura 3.29 Distribución espacial de la fragilidad corporal.</i>	60

<i>Figura 3.30 Distribución espacial de la fragilidad estructural ante remoción en masa.</i>	61
<i>Figura 3.31 Distribución espacial de la fragilidad estructural ante avenidas torrenciales.</i>	62
<i>Figura 3.32 Distribución espacial de la vulnerabilidad corporal ante deslizamientos.</i>	64
<i>Figura 3.33 Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural ante deslizamientos.</i>	65
<i>Figura 3.34 Distribución espacial de la vulnerabilidad global ante deslizamientos.</i>	66
<i>Figura 3.35 Distribución espacial de la vulnerabilidad corporal ante avenidas torrenciales.</i>	68
<i>Figura 3.36 Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural ante avenidas torrenciales.</i>	69
<i>Figura 3.37 Distribución espacial de la vulnerabilidad global ante avenidas torrenciales.</i>	70
<i>Figura 3.38 Distribución porcentual de la afectación ante deslizamientos.</i>	71
<i>Figura 3.39 Distribución geográfica de los niveles de afectación ante deslizamientos.</i>	72
<i>Figura 3.40 Distribución porcentual de la afectación ante avenidas torrenciales.</i>	73
<i>Figura 3.41 Distribución geográfica de los niveles de afectación ante avenidas torrenciales.</i>	74
<i>Figura 3.42 Porcentaje de población en nivel de posible afectación alta por remoción en masa.</i>	76
<i>Figura 3.43 Porcentaje de población en nivel de posible afectación media por remoción en masa.</i>	77
<i>Figura 3.44 Porcentaje de población en nivel de posible afectación baja por remoción en masa.</i>	77
<i>Figura 3.45 Porcentaje de población en nivel de posible afectación alta.</i>	79
<i>Figura 3.46 Porcentaje de población en nivel de posible afectación media.</i>	79

CONTENIDO FOTOS

Foto 3.1 Panorámica de la cabecera municipal de Dagua.	19
Foto 3.2 viviendas de tipo mampostería, en ellas predominan materiales mampuestos tipo bahareque.	38
Foto 3.2 viviendas de tipo mampostería, en ellas predominan materiales mampuestos tipo ladrillo.	41
Foto 3.3 Cubierta Liviana de la vivienda.	41
Foto 3.4 Vivienda en avanzado estado de deterioro.	44
Foto 3.5 canales de captación frente a las viviendas, los cuales impiden la entrada del agua conduciéndola hacia los desagües.	46

INTRODUCCIÓN

La ocurrencia de fenómenos naturales, tales como deslizamientos, inundaciones y avenidas torrenciales, entre otros, representan un retraso en el desarrollo de las comunidades afectadas y una carga económica significativa para los gobiernos que las respaldan. Esta situación se ve agravada por una condición de vulnerabilidad, en la que amplios sectores de la población carecen de las herramientas necesarias para recuperarse e incluso prepararse adecuadamente para afrontar un desastre. Los fenómenos naturales, como es bien sabido, no constituyen *per se* un riesgo, sino que se transforman en tal cuando interactúan con una comunidad. 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 el *Riesgo* ó *Escenarios de Afectación* se considera como una condición social en función de dos factores, a saber: *la peligrosidad* ó *Amenaza* y *la Vulnerabilidad*, de igual forma éste último factor depende del *grado de exposición* y del *nivel de fragilidad* de los distintos elementos que la conforman:

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

Donde:

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

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

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

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

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

El grado de afectación se define como el resultado del producto escalado del factor de amenaza y del factor de vulnerabilidad (Cardona: 2001); esto significa que la existencia de un escenario de afectación se debe a que los descriptores de la amenaza y de la vulnerabilidad son condicionantes y concomitantes entre sí.

A continuación se definen dichos descriptores y se relacionan sus indicadores y variables asociadas:

1.1. AMENAZA DEL CONTEXTO

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

1.2. VULNERABILIDAD DEL CONTEXTO

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

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

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

- *Material de construcción:* hace referencia al tipo de material empleado para la edificación de las paredes y muros de las viviendas; se definen tres grandes grupos: rústico o

rudimentario, mampostería y concreto, la definición de cada uno de ellos se encuentra en el anexo 1.1.

- *Tipología de cubiertas*: hace referencia a los materiales empleados para elaborar los techos de las viviendas; se definen tres grupos: liviano, tejas de barro y loza, definidos en el anexo 1.1.

- *Estado de la vivienda*: hace referencia al estado físico en que se encuentran las paredes y columnas de las viviendas; de acuerdo al grado de deterioro que presentan, el estado puede ser bueno, regular o malo (especificados en el anexo 1.1).

- *Adopción de medidas de mitigación*: hace referencia al tipo de medidas artesanales o estructurales construidas con el objetivo de reducir el impacto causado por una inundación o una avenida torrencial tales como altillos, andenes de altura, etc.

- *Sexo del jefe de hogar*: hace alusión al género correspondiente al jefe del hogar bien sea masculino ó femenino.

- *Edad del jefe de hogar*: hace alusión a la edad actual del jefe del hogar, la cual puede agruparse en edades menores a 18 años, 18 a 55 años y mayores a 55 años.

- *Escolaridad del jefe de hogar*: relacionada con el nivel educativo alcanzado por el jefe de hogar, de acuerdo con el último año cursado, que bien puede ser básico primaria, secundaria, técnico, universitario y más.

- *Dependencia infantil*: Este indicador establece la proporción que existe entre la población infantil con respecto a la población adulta sobre una base de 100 habitantes, es decir, el número de niños que hay en una unidad de análisis espacial por cada 100 adultos.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

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

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

Donde:

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

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

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

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

La normalización de la vulnerabilidad, tanto para los elementos estructurales como para los elementos corporales, es necesaria para tener una dimensión proporcional de una con respecto a la otra, es así como, dentro de una escala de importancia relativa de 1 a 10 (Ver Tabla 2.1), para C_1 se asume el valor de 7 mientras que para C_2 se asume el valor de 3, lo cual significa que la vulnerabilidad estructural es “muy fuertemente más importante”, mientras que la vulnerabilidad corporal es “moderadamente más importante”; esta asignación de importancias relativas, en la cual se ha dado mayor peso a las estructuras, se justifica en la medida en que las viviendas pueden hacer las veces de escudo y refugio para las personas, y el modo de afectación sobre ellas dependerá en buena medida de las condiciones físicas en que se encuentren. Por su parte, la combinación lineal de la exposición y la fragilidad para cada elemento, mediante un análisis multicriterio dentro de un panel de expertos como técnica útil para la asignación de factores de participación o de importancia relativa a través de comparaciones sucesivas entre variables, permite una aproximación integral y sistemática a la vulnerabilidad y el riesgo.

Tabla 2.1 Asignación de importancias relativas entre variables

<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

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

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

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

Donde:

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

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

\cap : Representa la intersección.

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

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

Tabla 2.2 Ponderación de la Exposición

	Densidad Habitantes	Amenaza	Peso variable			Condición de exposición	Peso Expo Estr			Peso Expo Corpo		
			FRM	AT	I		FRM	AT	I	FRM	AT	I
Exposición	$V_{min} \leq Clase1 \leq CN1$	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						
	$Corte1 < Clase2 \leq CN2$	Alta	7	7	7	Alta						
		Media	6	6	6	Media						
		Baja	3	3	3	Baja						
	$Clase3 > CN2$	Alta	8	8	8	Alta						
		Media	7	7	7	Media						
		Baja	4	4	4	Baja						

V_{min}: 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

Tabla 2.3 Ponderación de la Fragilidad Estructural

Parámetro	Tipo	Variable	Peso_var			Condición de vulnerabilidad	Peso_par		
			FRM	AT	I		FRM	AT	I
Material de construcción	I	Rústico	10	10	9	Alta para madera burda, desechos, zinc, cartón, esterilla, guadua	0,25	0,35	0,35
	II	Mampostería	7	5	4	Moderada para adobe, ladrillo, piedra, roca pulida, cantos			
	III	Concreto	5	2	1	Baja para armado, en masa, ordinario			
Cubierta	I	Liviana	10	10	0	Alta para materiales livianos y entrepuestos	0,1	0,05	0
	II	Teja de barro	8	7	0	Moderada			
	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	0,15	0,25	0,25
	II	Regular estado	8	6	5	Moderada por ligero envejecimiento de los elementos portantes con leves fisuras			
	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	0	0,175	0,20
	II	Al nivel de banca llena	0	8	8	Media para alturas al mismo nivel máximo del caudal del río			
	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

Tabla 2.4 Ponderación de la Fragilidad Corporal

Parámetro	Tipo	Variable	Peso_var	Descripción	Peso_par
Sexo del jefe de hogar	I	Mujer	10	Se propone una mayor vulnerabilidad cuando el jefe es mujer	0,2
	II	Hombre	8	Se propone una menor vulnerabilidad cuando el jefe es hombre	
Edad del jefe de hogar	I	< 18 años	10	Se Propone alta vulnerabilidad cuando el jefe es menor de edad	0,2
	II	18-55 años	6	se propone baja vulnerabilidad cuando el jefe es adulto	
	III	> 55 años	8	Se propone moderada vulnerabilidad cuando el jefe es adulto mayor de 55 años	
Dependencia infantil	I	[Vmin-25]	2	Se propone baja vulnerabilidad cuando la razón es de 25 o menos niños por cada 100 adultos	0,2
	II	(25-75]	6	Se propone moderada vulnerabilidad cuando está entre 25 y 75 niños por cada 100 adultos	
	III	(75-Vmax]	8	Se propone alta vulnerabilidad cuando la razón está por encima de los 75 niños por cada 100 adultos	
Escolaridad del jefe 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	

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 2.5).

Tabla 2.5 Escala numérica-Grados de Vulnerabilidad

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

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

Tabla 2.6 Índices de afectación

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

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

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

Tabla 2.8 Modo de daño o afectación por Fenómenos de Inundaciones

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

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

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

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

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

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

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

3. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN

3. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN

3.1. GENERALIDADES

El Municipio de Dagua está enclavado sobre una hondonada del costado izquierdo de la Cordillera Occidental al occidente del Departamento del Valle del Cauca, dentro del área del Chocó Biográfico en el Sector del Litoral Pacífico de Colombia, cubriendo gran parte de la Cuenca hidrográfica del río Dagua. En la Figura 3.1 se presenta una panorámica del municipio.

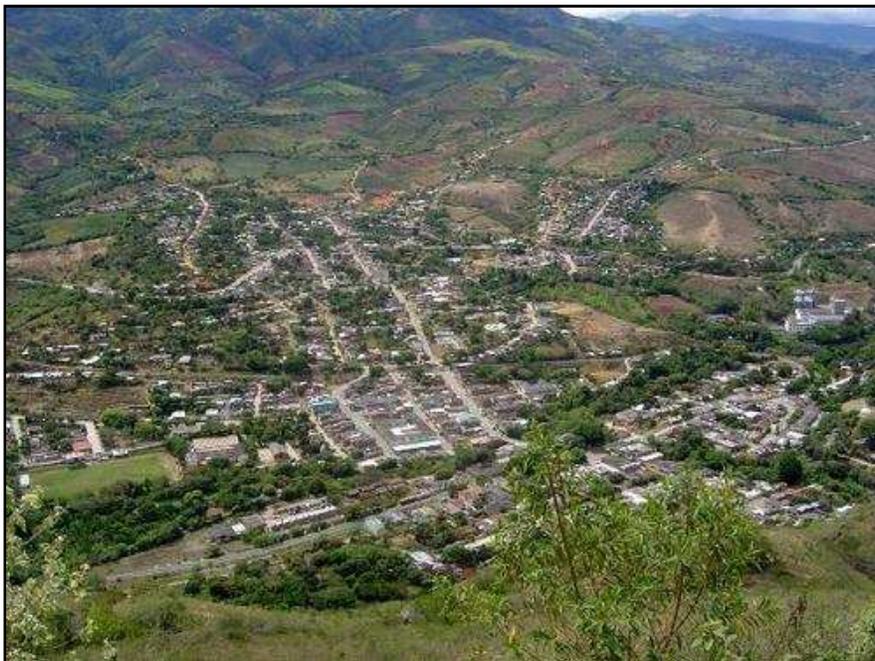


Foto 3.1 Panorámica de la cabecera municipal de Dagua.

El municipio tiene un área de 899.9 km², equivalentes a 89.990 Has. Está ubicado al occidente entre los municipios de Buenaventura, Restrepo, La Cumbre, Calima - Darién y Santiago de Cali, tal como se puede apreciar en la Figura 3.1.

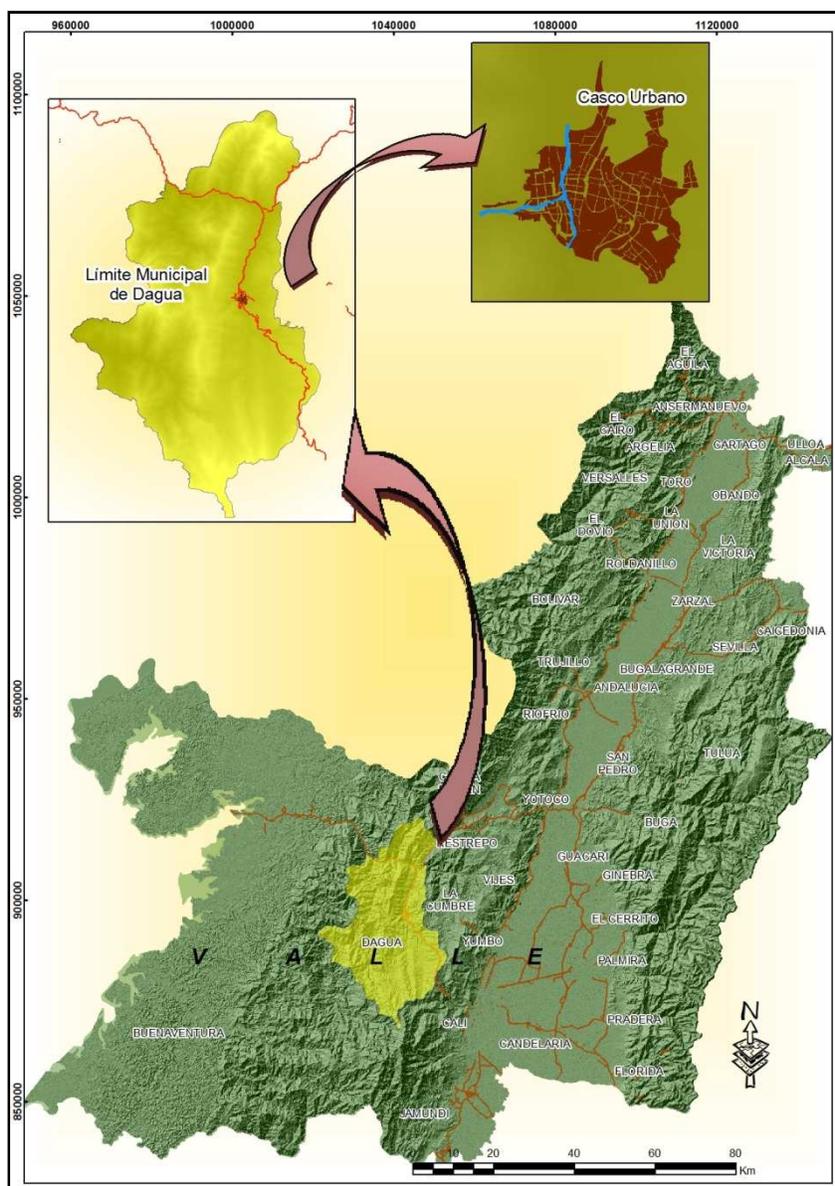


Figura 3.1 Localización general de Dagua.

3.2 ESCENARIOS DE PELIGROSIDAD O AMENAZA EN LA CABECERA MUNICIPAL DE DAGUA

La evaluación de la vulnerabilidad inherente a los elementos en exposición, así como la estimación de los niveles y modos de daño o afectación dentro de la cabecera del municipio de Dagua, requiere de la valoración previa del nivel de peligrosidad de los fenómenos que allí se presentan, es decir, la identificación de las distintas zonas de amenaza, tanto por procesos de remoción en masa como por avenidas torrenciales.

De acuerdo con los estudios realizados dentro del marco del proyecto MIDAS, del cual hace parte este análisis de vulnerabilidad y afectación, en materia de amenaza, en la cabecera municipal de Dagua convergen dos tipos de fenómenos potencialmente dañinos para la comunidad y con orígenes naturales totalmente distintos; es entonces como, a causa de las condiciones geográficas del entorno, tenemos la presencia de los fenómenos de origen geomorfológico como la remoción en masa y la presencia de fenómenos hidrometeorológicos como las avenidas torrenciales; de esta forma se configura en la cabecera municipal, dos escenarios de peligrosidad cuyos efectos potenciales actúan de manera negativa y diferenciada sobre los distintos elementos expuestos.

La evaluación de los diferentes tipos de amenaza presentes en nuestro municipio, fue realizada, dentro del proyecto, por el grupo de Geotecnia para caracterizar los fenómenos de remoción en masa y por el grupo de Hidráulica para caracterizar los fenómenos avenidas torrenciales. Para efectos de la evaluación de la vulnerabilidad y afectación se optó por utilizar como insumo principal los mapas de amenaza global por cada fenómeno específico, los cuales consideran en cada espacio del territorio (o celda de la malla computacional) la situación o nivel de amenaza más crítico establecido; es así como para las avenidas torrenciales se generó un mapa global que envuelve los tres periodos de retorno evaluados (10, 30 y 100 años), mientras que para la remoción en masa se generó un mapa global dentro del cual actúan simultáneamente la lluvia y el sismo como agentes detonantes. Las Figuras 3.3 y 3.4 representan la distribución espacial del comportamiento de la peligrosidad para cada uno de los fenómenos mencionados anteriormente.

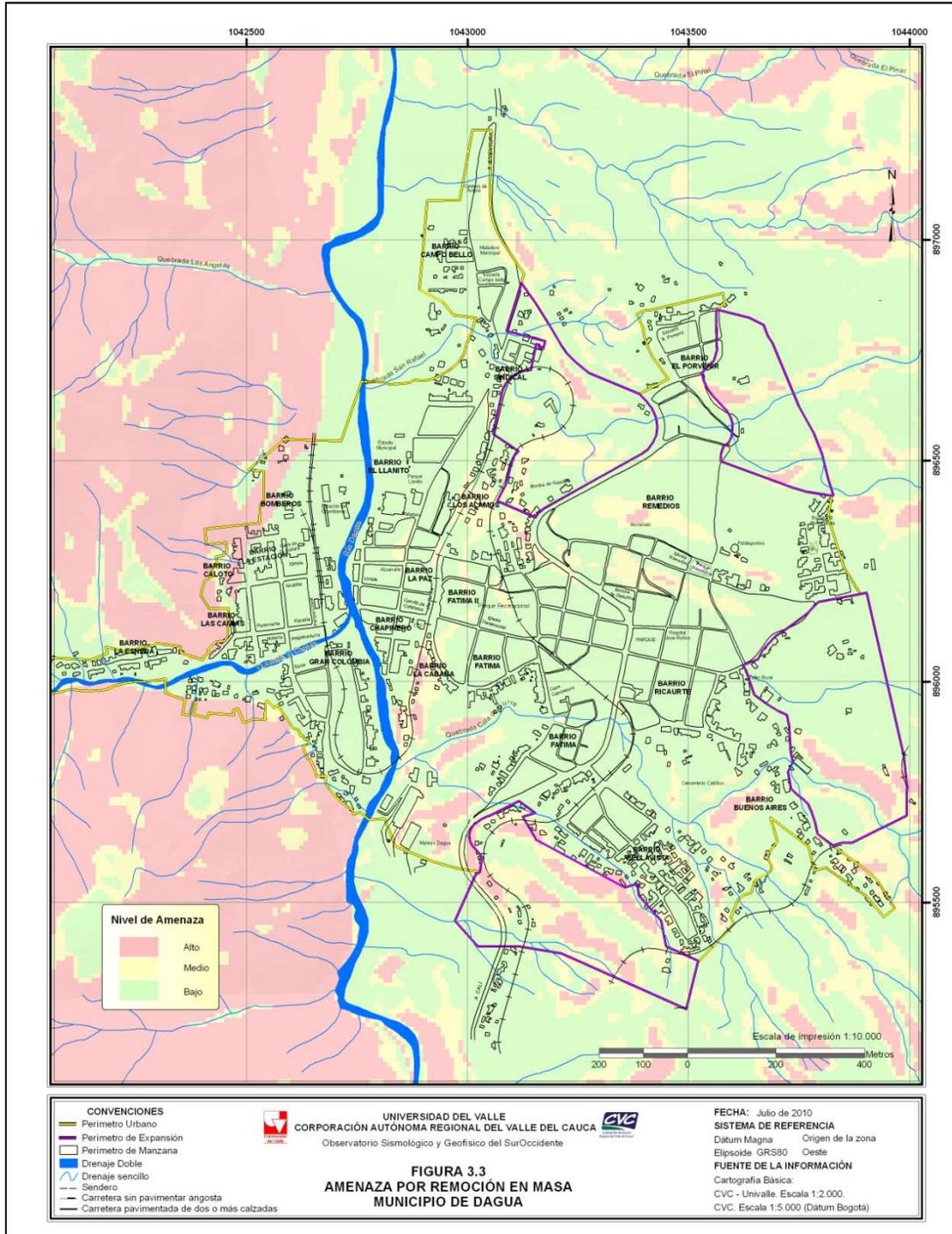


Figura 3.3 Zonificación de la Amenaza por Remoción en Masa.

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

3.3 IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS

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

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

Entre otras actividades, el trabajo de campo contempló la inspección ocular de las viviendas identificando su estructura física y estado de conservación, y la entrevista con una persona dónea por cada vivienda, capaz de suministrar la información pertinente (ver anexo 3.1).

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

Tabla 3.1 Representación estadística de la información a nivel de manzana

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

La selección de las variables que caracterizan los elementos tanto estructurales como corporales se realizó en función del fenómeno estudiado, puesto que una variable puede ser relevante cuando se está evaluando la afectación frente a fenómenos de remoción en masa, como puede ser totalmente inofensiva frente a avenidas torrenciales, como las amenazas concernientes para el municipio de Dagua.

3.3.1. Elementos corporales

A) Densidad Poblacional

De acuerdo con los datos obtenidos de las distintas fuentes de información se pudo representar la población en función del área ocupada por cada manzana. La Figura 3.4 representa las manzanas expuestas con mayor densidad de población. Debido a un alto predominio del uso comercial sobre habitacional en la mayoría de las manzanas evaluadas, los niveles de densidad tienden a ser bajos, en otras palabras, predominan los locales comerciales sobre viviendas residenciales. El hecho que explica el por qué se encuentran densidades bajas en manzanas eminentemente residenciales es porque aparecen pocas viviendas dentro de manzanas irregulares con una superficie muy extensa.

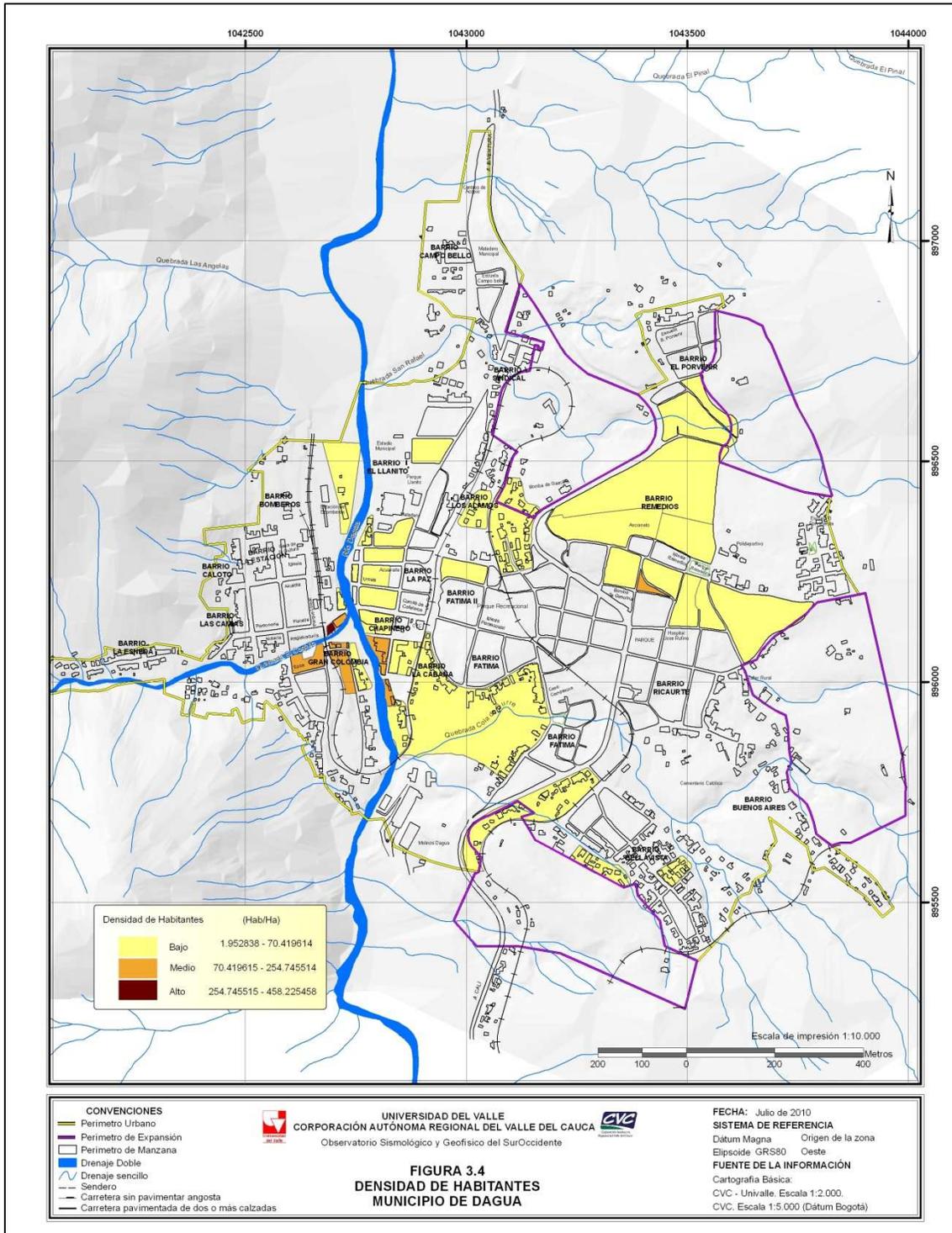


Figura 3.4 Densidad de Habitantes. Cabecera municipal de Dagua.

B) Edades del jefe del hogar

Este indicador social permite identificar el rango de edades correspondientes a las personas cabeza de hogar. Al considerar ésta variable en relación con la vulnerabilidad y el riesgo, se puede inferir que en los hogares jefaturados por jóvenes menores de edad los niveles tienden a ser altos, en los hogares con 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. En el caso específico del municipio de Dagua, la distribución de las edades del jefe de hogar se comporta de manera típica (ver Figura 3.5) concentrando la mayor población dentro de un rango de edades que van de 40 a 60 años, es decir hogares en pleno desarrollo del ciclo de vida familiar.

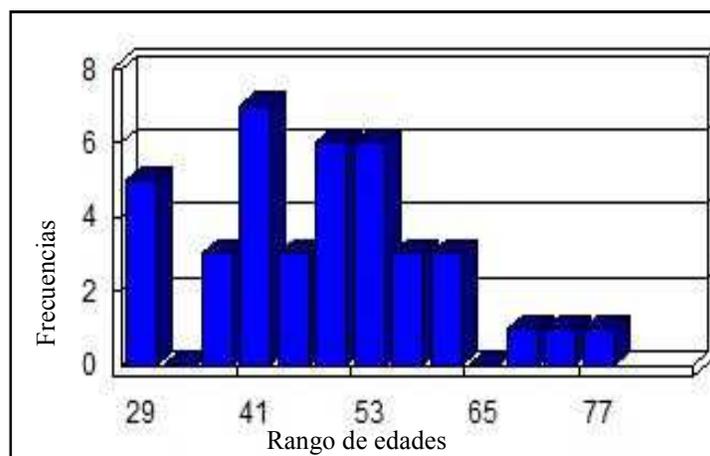


Figura 3.5 Distribución de frecuencia de edades del jefe de hogar.

La Figura 3.6 representa la distribución espacial de los rangos de edades de los jefes de hogar a nivel de manzana para las zonas expuestas. Se puede apreciar que cerca del 80% de las viviendas encuestadas presentan una jefatura adulta que va de los 18 hasta 60 años, mientras que el otro 20% de las viviendas se caracterizan por tener jefes de hogar con edades superiores a los 60 años de edad.

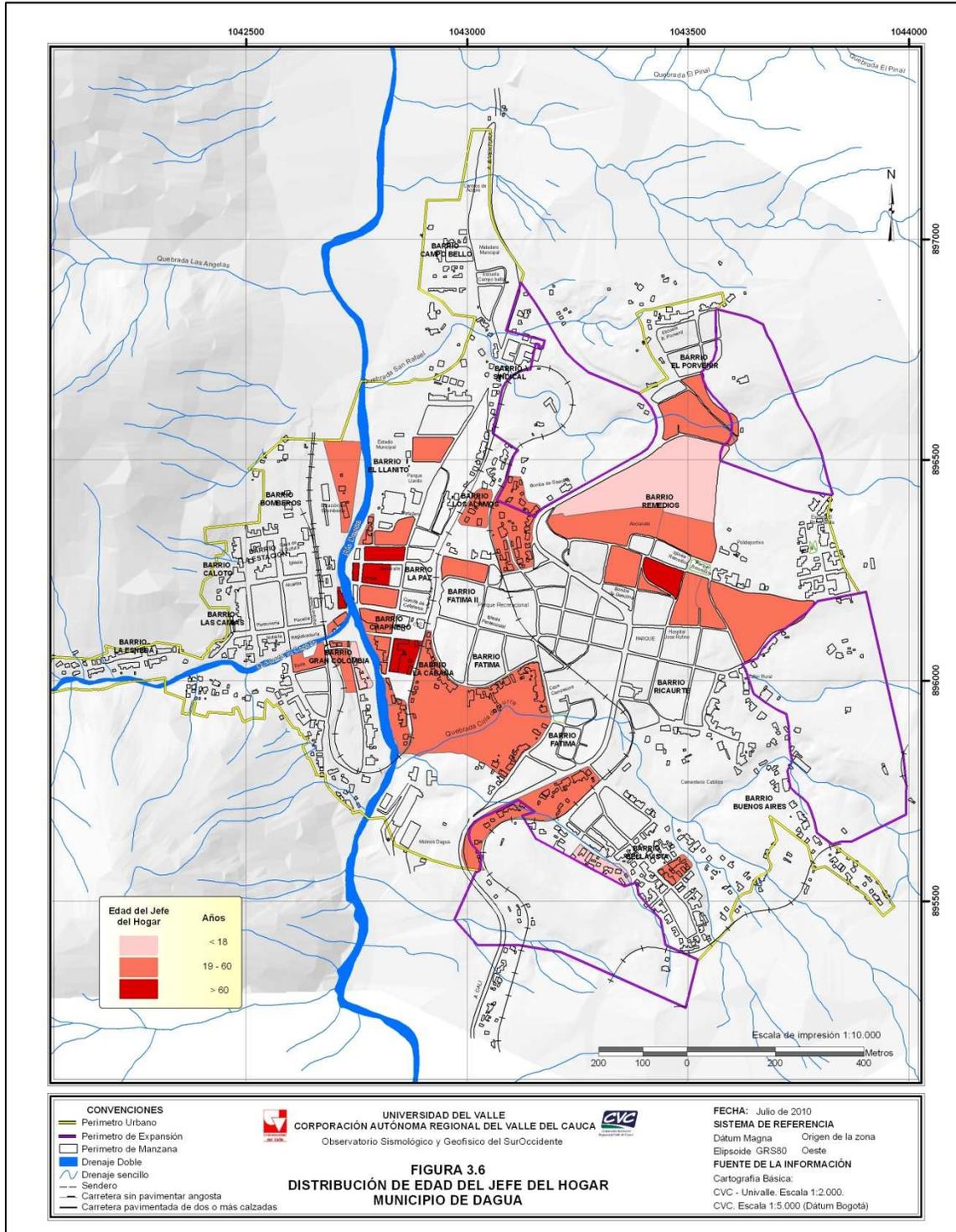


Figura 3.6 Distribución espacial de la edad del jefe del hogar.

C) 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 relativamente menores, en los hogares con jefatura femenina la fragilidad tiende a aumentar considerablemente; esto indicaría, de acuerdo con los modelos propuestos, una mayor prevalencia de la vulnerabilidad en los hogares jefaturados por una mujer. Algunas de las razones del por qué la mujer se ha transformado en un grupo vulnerable son el hecho de que la mujer con una familia o un hogar a cargo se ve mucho más limitada en cuanto a su movilidad, puesto que ante eventos extremos le cuesta un poco más de trabajo desplazarse y huir fácilmente del peligro; igualmente las condiciones de desventaja que presenta la mujer en términos de fuerza física determinan en gran medida la posibilidad de salvar su vida dada una situación de emergencia; en términos de gestión del riesgo, los programas de atención y prevención de desastres deben tener claridad sobre cuáles grupos se debe actuar y apoyar de manera prioritaria, es el caso del grupo social de las mujeres cabezas de hogar el cual debe darse mayor importancia dentro de dichos programas. En el municipio de Dagua la distribución espacial de la jefatura según el género refleja un predominio masculino (ver Figura 3.7), cerca del 80% de las familias tienen una condición de jefatura masculina mientras que el restante 20% posee una jefatura femenina en hogares monoparentales donde se hace más probable la viudez o la separación.

D) Escolaridad del jefe del Hogar

El analfabetismo o el bajo nivel de escolaridad es uno de los rasgos característicos de los grupos sociales más vulnerables, cuyas posibilidades de acceso al sistema escolar o su permanencia, son inciertas. Esta grave carencia del *saber social* influye negativamente en la educación escolarizada de sus hijos, lo cual añade una desventaja más a sus posibilidades reales de educación. Desarrollar una determinada habilidad durante la niñez puede determinar en gran parte la organización funcional de un cerebro adulto, por lo menos así lo demuestran numerosos estudios realizados con personas ilustradas y personas analfabetas (Briceño: 2000). De acuerdo con los datos obtenidos, el municipio de Dagua se caracteriza, entre otras cosas, por el hecho que la mayoría de los jefes de hogar, es decir el 60% aproximadamente, solo han alcanzado niveles de escolaridad básica primaria, mientras que la minoría, es decir el 40 %, han alcanzado niveles de educación básica secundaria, tal como se puede apreciar en la Figura 3.8.

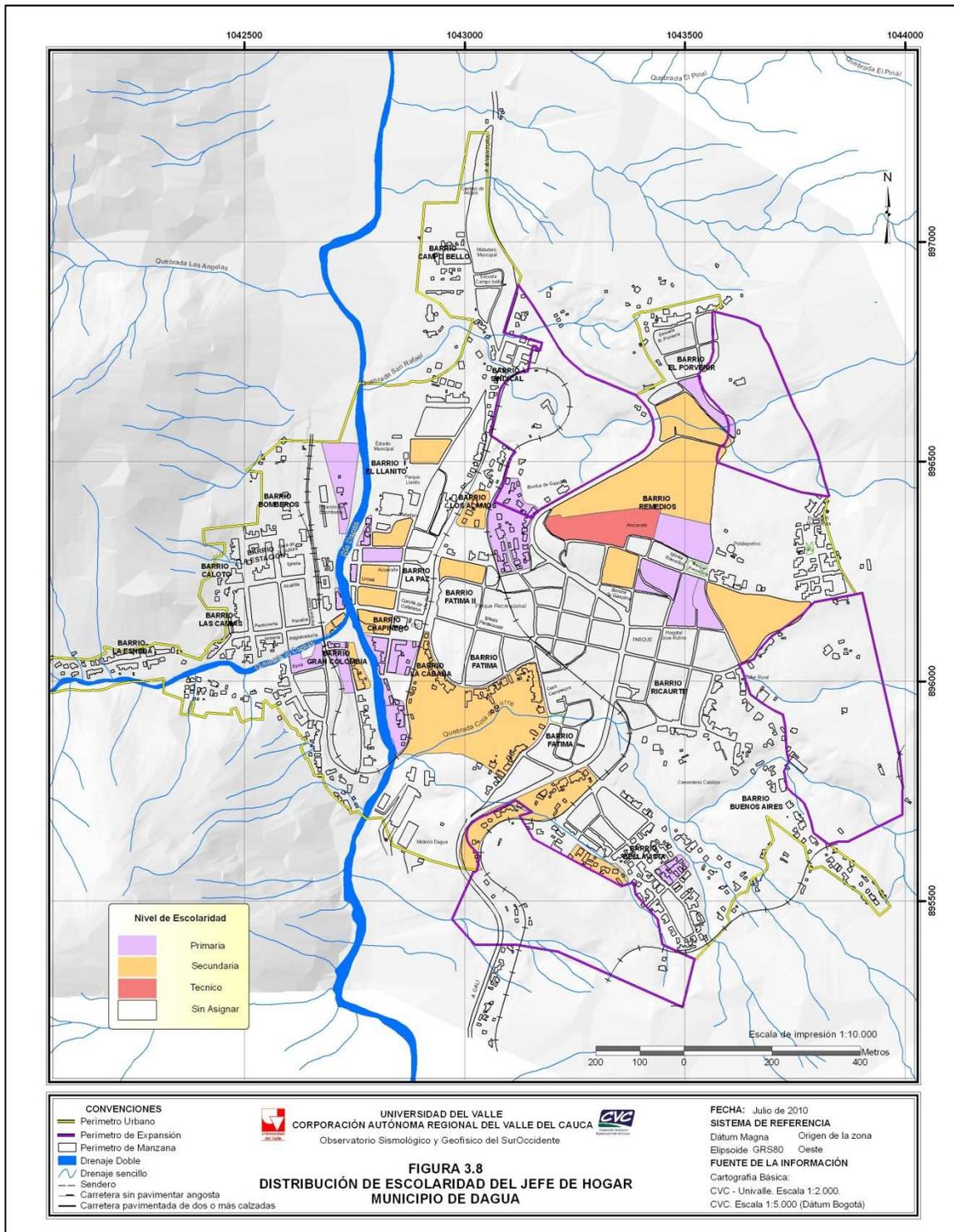


Figura 3.8 Distribución espacial de la escolaridad del jefe del hogar.

E) Dependencia Infantil-senil

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

La figura 3.9 refleja la distribución de los valores de dependencia infantil obtenidos por manzana, cuyo comportamiento representa una distribución normal, donde la mayor frecuencia de datos se encuentra en el rango entre 30 y 120 niños por cada 100 adultos, lo cual sugiere niveles de fragilidad social relativamente moderados. Cabe mencionar que en esta distribución no se tomó en cuenta el valor de dependencia correspondiente a la manzana donde se encuentra el ancianato municipal cuyos valores son atípicos con respecto al resto.

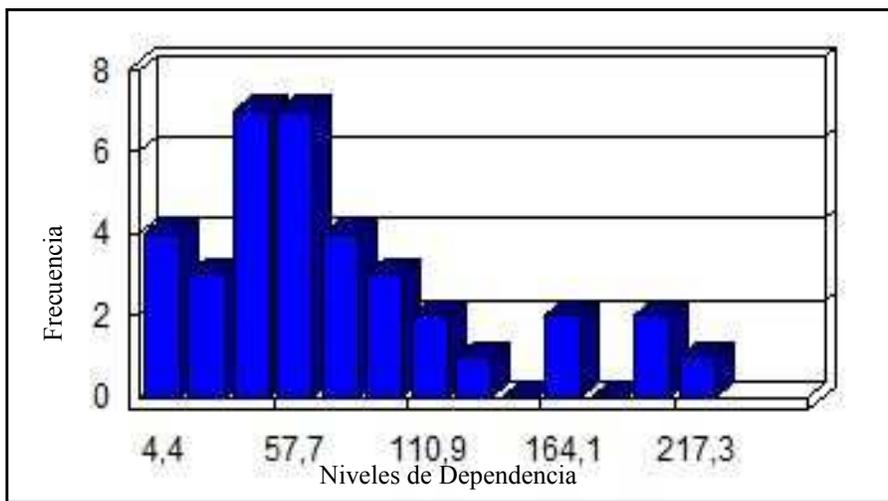


Figura 3.9 Distribución de frecuencia de dependencia infantil.

La discriminación de los valores de dependencia infantil para el municipio de Dagua, se realizó de acuerdo con los datos obtenidos en las encuestas, los cuales se clasificaron en tres grupos, a saber: el primer grupo encierra valores de dependencia infantil menores ó iguales a 25, el segundo grupo encierra valores mayores de 25 y menores o iguales a 75 y, por último, el tercer grupo encierra valores mayores de 75 (ver Figura 3.10). Dicha discriminación en tres grupos etáreos (niños, adultos, adultos mayores) supone un rasgo de heterogeneidad poblacional respecto a las debilidades y capacidades potenciales de cada uno de ellos para afrontar las situaciones peligrosas. Se supone que un adulto combina dos

aspectos necesarios para afrontar tales situaciones: la energía física y la experiencia que le otorga una mayor capacidad para tomar decisiones; el estrato poblacional transitorio de niños y ancianos supone de antemano la falta de éstas aptitudes. Estos datos son válidos para el diseño de campañas educativas y de comunicación, pero las estrategias varían si se trata de niños, adultos o ancianos.

3.3.2 Elementos Estructurales

A) Densidad de viviendas

Este indicador se obtuvo en la etapa de recolección y levantamiento de información predial, necesaria para determinar los niveles de exposición estructural. La Figura 3.11 representa las manzanas con densidad relativa de viviendas. La distribución espacial refleja unos niveles de concentración de viviendas relativamente bajos, con muy pocas excepciones.

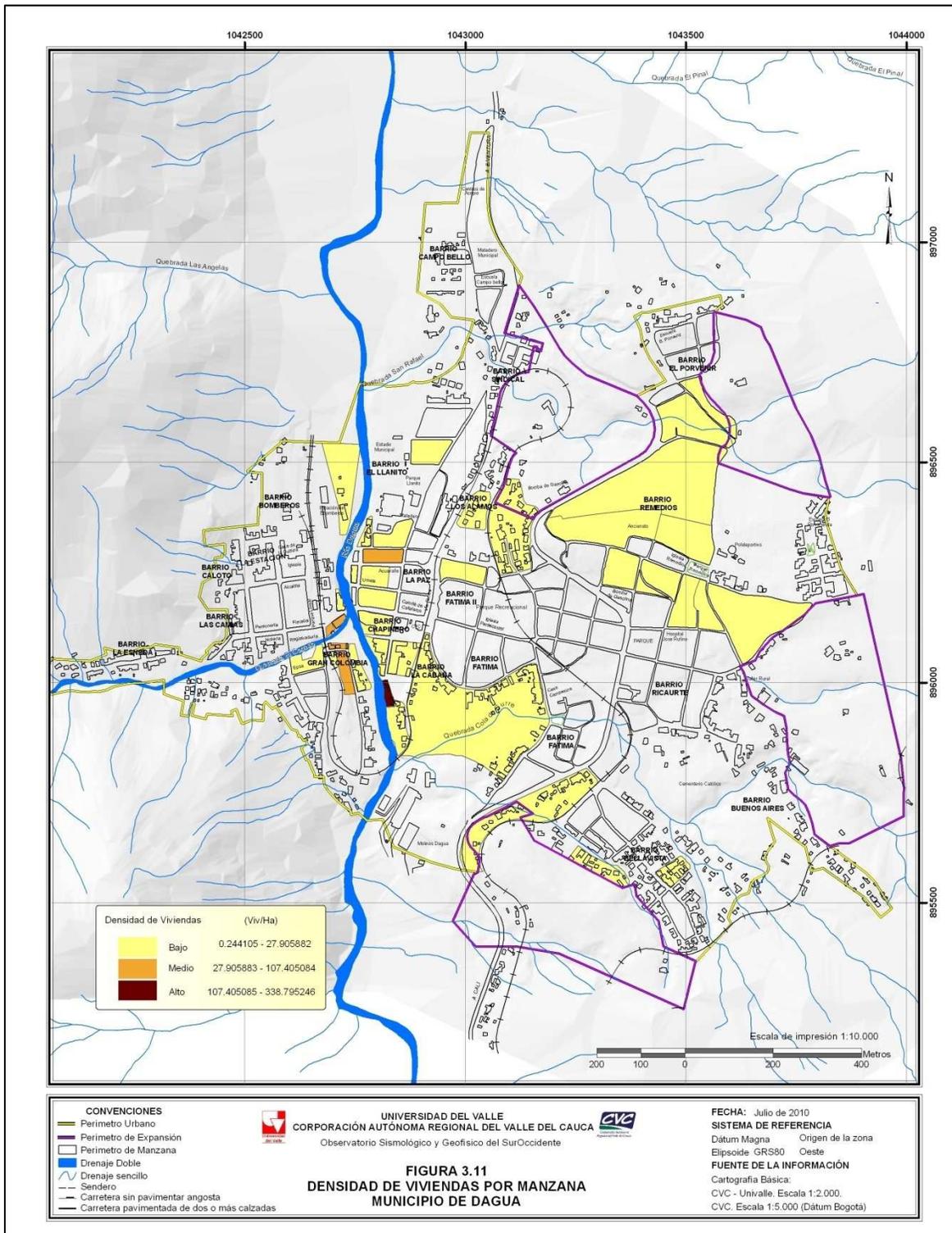


Figura 3.11 Densidad de viviendas.

B) Tipología estructural

Los fenómenos de remoción en masa y avenidas torrenciales ocasionan daños masivos en las viviendas; particularmente, las viviendas del municipio de Dagua pueden sufrir diferentes modos de daños ante la eventualidad de producirse alguno de estos eventos, y la intensidad del daño no solo dependerá de la magnitud con que se produzcan los mismos, sino también del tipo y calidad del material empleado para la edificación de las viviendas y su resistencia.

La Foto 3.2, ilustra una vivienda típica en el municipio de Dagua en la cual se han empleado materiales poco resistentes a la acción de un fenómeno natural como los mencionados anteriormente, dichos materiales se caracterizan por ser una mezcla entretejida de palos de caña y barro (bahareque y adobe) la cual tiende a deteriorarse rápidamente bajo la acción de la intemperie.



Foto 3.2 viviendas de tipo mampostería, en ellas predominan materiales mampuestos tipo bahareque.

La Figura 3.12 refleja la distribución porcentual de los materiales empleados para la edificación de la vivienda, en ella se puede apreciar la preferencia de materiales tradicionales y de colocación manual (es decir mampostería), con respecto a otro tipo de estructuras.

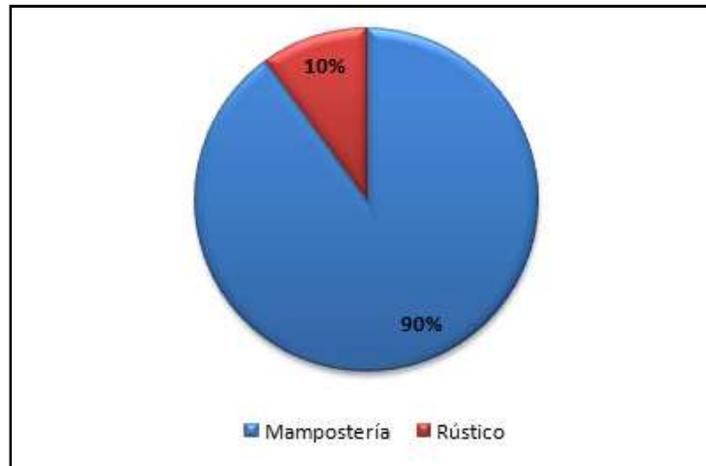


Figura 3.12 Distribución porcentual del tipo estructural de las viviendas.

El tipo de material de las viviendas determina en gran medida el daño esperado en las mismas; así pues, una vivienda cuyas paredes han sido levantadas con materiales rudimentarios es mucho más frágil con respecto a una vivienda donde predominan materiales mucho más firmes y resistentes como el cemento o concreto, por lo tanto se pueden esperar daños severos en la misma.

La figura 3.13 ilustra los principales materiales empleados en la construcción de las viviendas del municipio

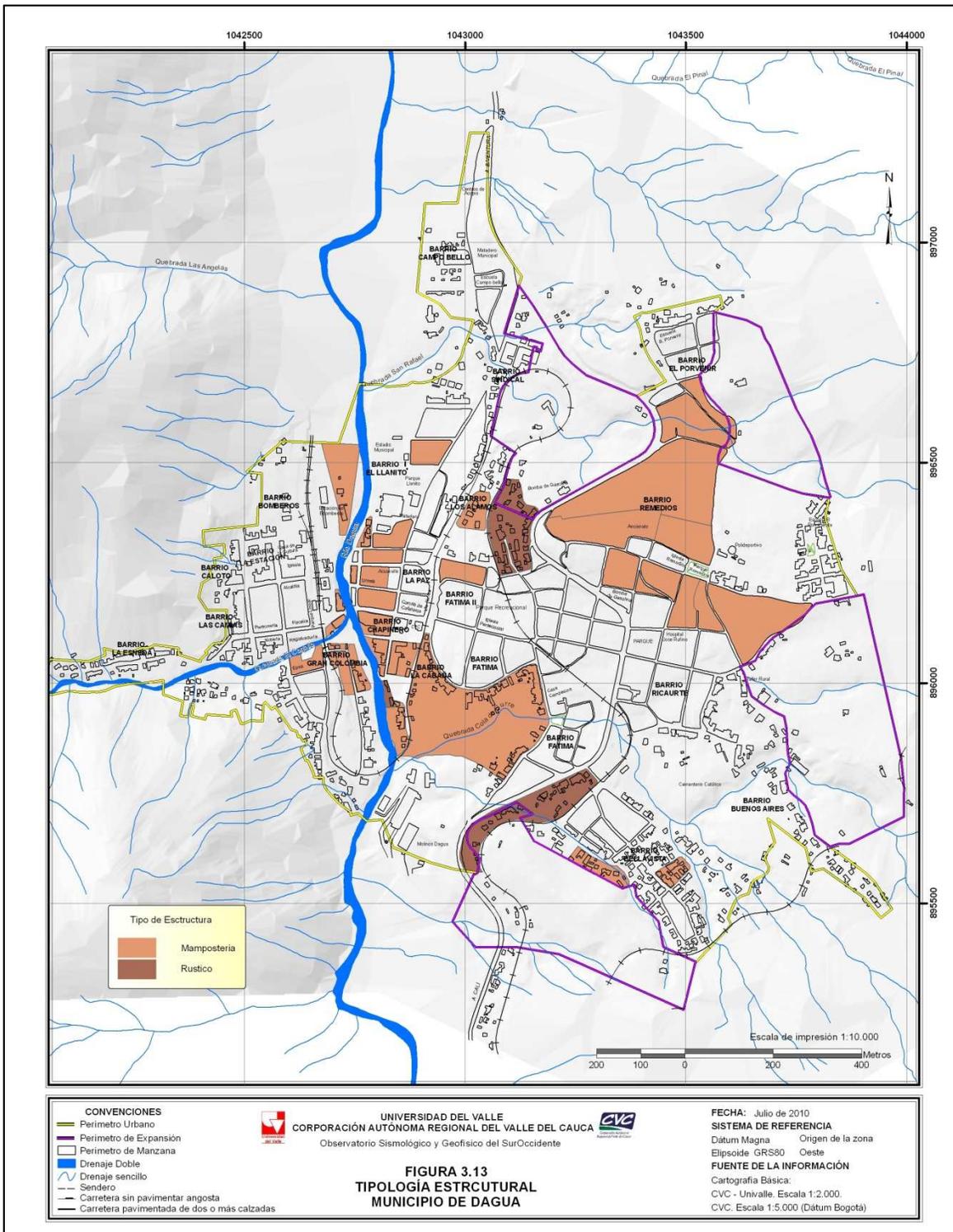


Figura 3.13 Distribución espacial del tipo de construcciones.



Foto 3.2 viviendas de tipo mampostería, en ellas predominan materiales mampuestos tipo ladrillo.

C) Tipología de las cubiertas

Dentro de la vulnerabilidad estructural, éste parámetro señala la importancia que tiene el tipo de material con el cual están construidos los techos de las viviendas, puesto que en determinadas circunstancias la cubierta deberá soportar cualquier efecto provocado por un fenómeno de remoción en masa o por una avenida torrencial. Materiales blandos o livianos empleados para la cubierta significa niveles de fragilidad superlativos, mientras que viviendas cuyas cubiertas están hechas de materiales más resistentes como tejas de barro que han sido amarradas sobre el artesonado¹ para garantizar mayor firmeza ó losas de cemento indican niveles relativamente bajos de fragilidad. La foto anterior ilustra el tipo de material típico empleado en las cubiertas de la mayoría de las viviendas del municipio; en ella se puede apreciar el uso de láminas metálicas.



Foto 3.3 Cubierta Liviana de la vivienda.

¹ Estructura hecha de maderas o vigas situadas sobre las paredes o muros de una vivienda cuyos espacios son cubiertos por tejas de barro, láminas, zinc, etc.

De acuerdo con la Figura 3.14, se estima que cerca del 71% de las cubiertas corresponden a materiales livianos (especialmente láminas de zinc), el 21% de ellas están hechas de tejas de barro, mientras que tan solo el 8% de las cubiertas corresponden a losas de concreto.



Figura 3.14 Distribución porcentual del tipo de cubierta de las viviendas.

Tal como puede apreciarse en la distribución espacial de las cubiertas de las viviendas en el casco urbano del municipio de Dagua (ver Figura 3.15), los materiales livianos puestos sobre el artesanado predominan con respecto a otras tipologías tipo teja de barro y losas de cemento.

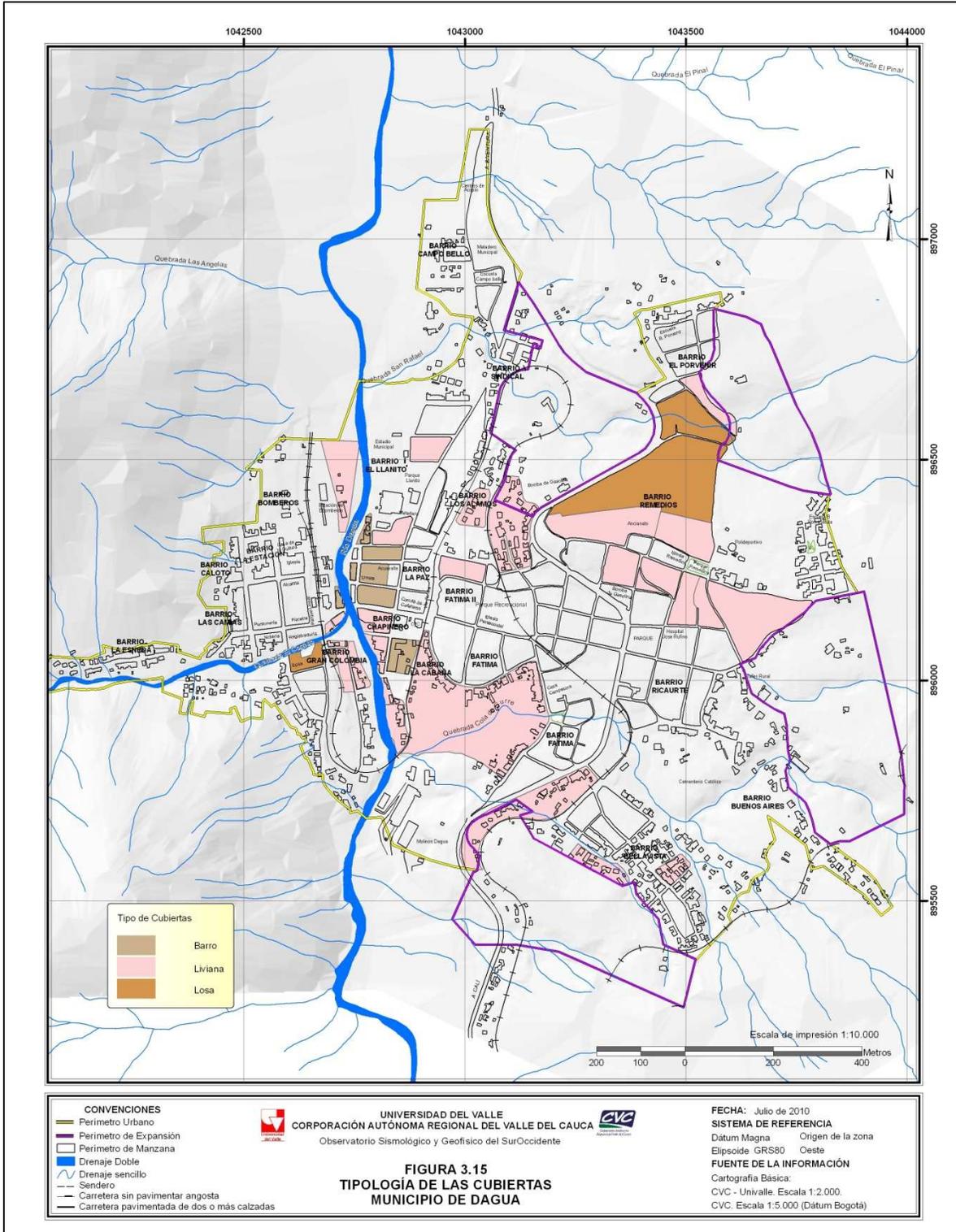


Figura 3.15 Distribución geográfica del tipo de cubierta.

D) Estado de Conservación de las viviendas

El estado estructural en el que se encuentran las viviendas resulta ser un indicador relevante para determinar el grado de fragilidad intrínseco de las mismas, ya que aquellas viviendas que se encuentren o presenten un estado avanzado de deterioro en sus elementos principales como paredes o muros serán las que perciban mayores daños como consecuencia de la acción de un fenómeno de remoción en masa o de una avenida torrencial. De acuerdo con los datos obtenidos, el 43% de las viviendas se encuentran en buen estado, el 42% presentan regular estado mientras que el 15% de las viviendas están en mal estado de conservación, (ver Figura 3.16);

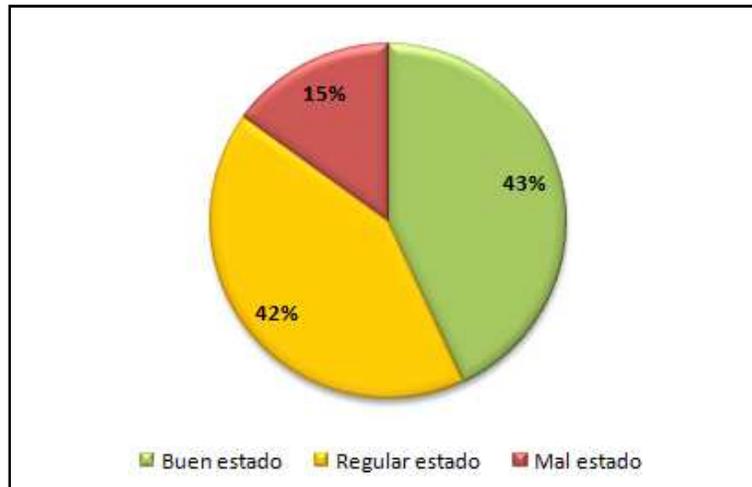


Figura 3.16 Distribución porcentual del estado estructural de las viviendas.

La foto anterior ilustra una de las viviendas que se encuentran en mal estado a causa de la acción de la intemperie. Se pueden apreciar claramente grietas y descascaramiento en sus paredes. La distribución espacial del estado estructural de las viviendas a nivel de manzana se refleja en la Figura 3.17 a continuación.



Foto 3.4 Vivienda en avanzado estado de deterioro.

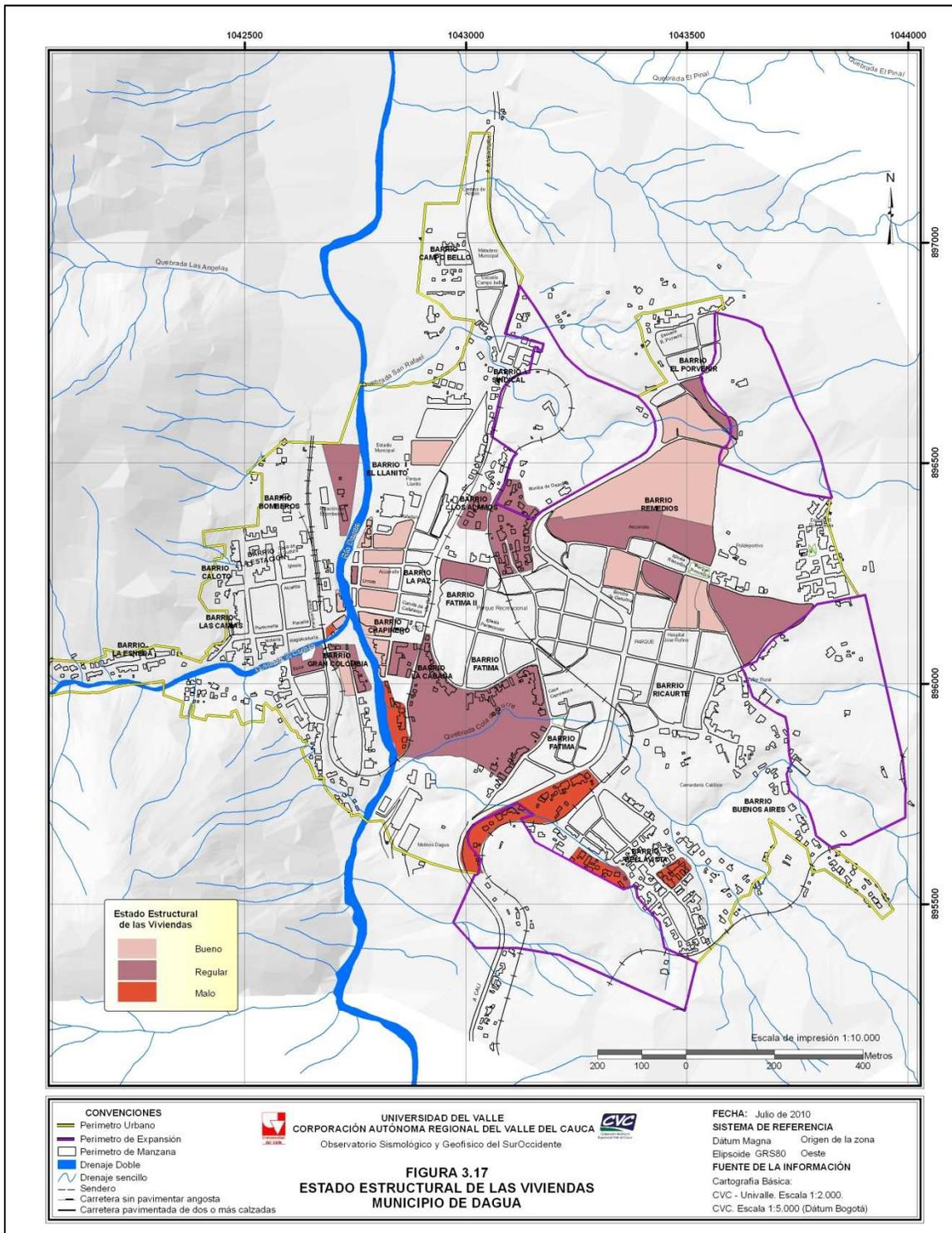


Figura 3.17 Distribución espacial del estado estructural de las viviendas.

E) Número de pisos de las viviendas

El número de pisos es un indicador tan importante como los anteriores, teniendo en cuenta que los tipos de fenómenos involucrados son la remoción en masa y las avenidas torrenciales. Para efectos de una avenida torrencial, una casa de más de un piso puede representar la diferencia en el grado de afectación sobre las personas, puesto que en cierta forma el segundo piso representa un lugar de refugio o protección en caso de que el agua entre en la vivienda, es decir, se utiliza el nivel superior de la vivienda para resguardarse del agua. En el municipio de Dagua prevalecen las viviendas y construcciones de un piso.

F) Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación son un parámetro importante dentro la evaluación la fragilidad estructural en la medida en que determina cuáles viviendas sufrirán más daños dependiendo de si han incorporado o no medidas en la construcción de las mismas. El grado de adaptación al medio y sus condiciones, por parte de una comunidad determina en buena medida la capacidad de la misma para resistir cualquier alteración en dichas condiciones y que pueden afectarla directamente. Bajo la necesidad de sobrevivir a ciertas condiciones, las personas desarrollan algunas medidas de autoprotección que van desde construcciones artesanales y rudimentarias hasta obras de ingeniería complejas. Este indicador trata de identificar todo tipo de construcción física que ha sido integrada a la vivienda con el fin último de contrarrestar los impactos provocados por diferentes fenómenos de origen hidrológico. Las principales medidas de mitigación encontradas en el municipio están asociadas a altillos o andenes en altura, barreras sobre las puertas de las casas y canales de captación que impiden la entrada del agua, tal como se muestra en la Foto 3.5.



Foto 3.5 canales de captación frente a las viviendas, los cuales impiden la entrada del agua conduciéndola hacia los desagües.

Es así como en el municipio de Dagua se encontraron algunas viviendas las cuales han sido adaptadas para reducir el efecto provocado por una inundación; sin embargo, la mayoría de las viviendas encuestadas carecen de alguna medida de mitigación, lo cual refleja la poca conciencia que se tiene del riesgo de sufrir daños (ver Figura 3.18).

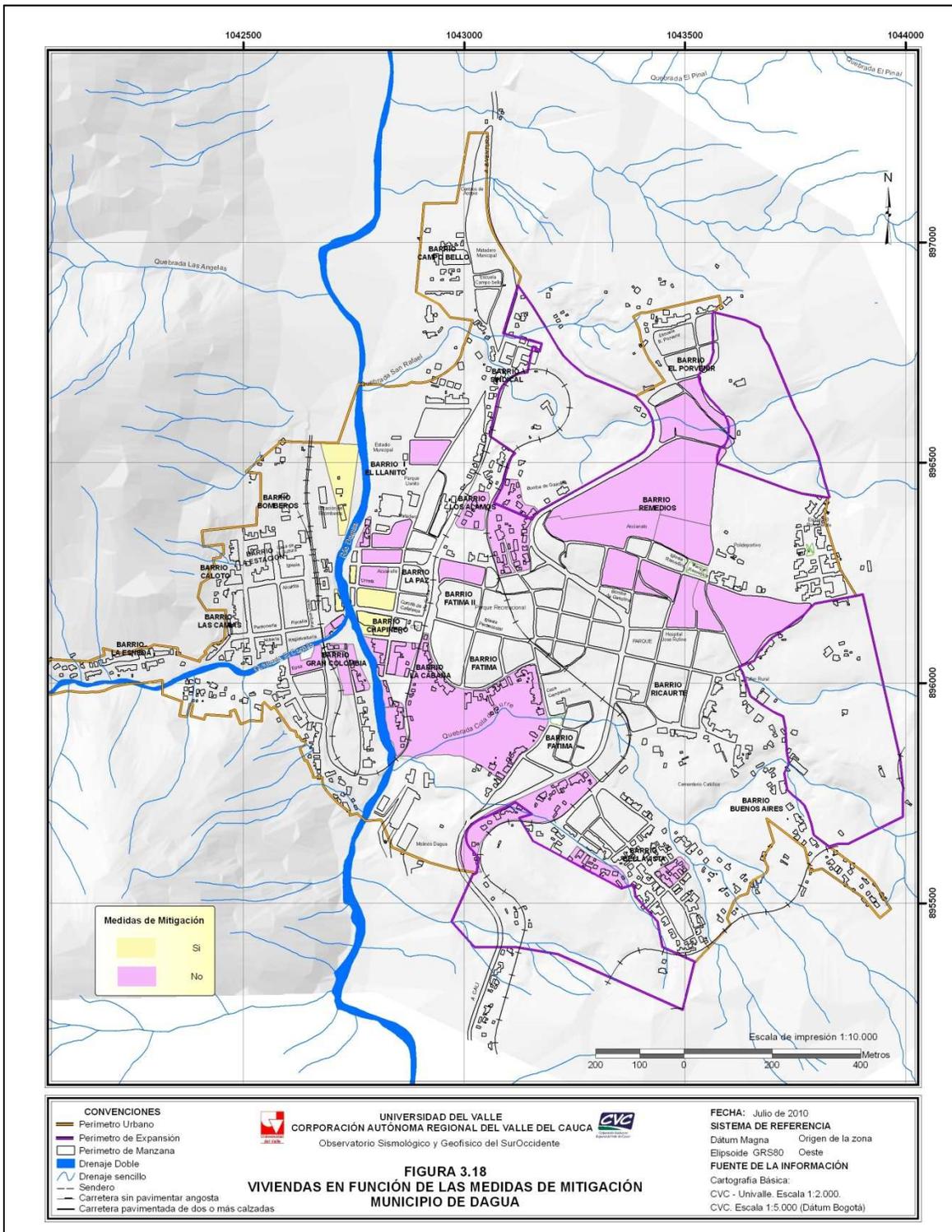


Figura 3.18 Distribución de las viviendas en función de las medidas de mitigación adoptadas.

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

En términos generales, la exposición o concentración hace referencia a los elementos, tanto estructurales como no estructurales de una determinada área geográfica, que son potencialmente afectables ante la ocurrencia de un evento amenazante. Algunos autores introducen un concepto independiente, el concepto de *exposición*, para designar el conjunto de elementos (personas y bienes) que se encuentran en el área de influencia de una determinada amenaza (Ayala-Caicedo, 2000 en Fernández 2006). La exposición es entendida en este proyecto como una relación entre la peligrosidad y la densidad de los elementos en contacto directo con la misma, es decir aquellas viviendas y personas asentadas sobre áreas con un cierto nivel de amenaza. Uno de los principales insumo para determinar el grado de exposición de una zona, es la zonificación de la amenaza (en su escenario más crítico); a partir de un modelo de exposición a la amenaza para los diferentes elementos involucrados, es posible determinar cuántos y en qué medida tales elementos se encuentran expuestos. Desde el punto de vista de la planificación y gestión del riesgo, es necesario contar con el aporte de la exposición de los elementos para determinar quienes, qué, cuántos y dónde están distribuidos dichos elementos y bajo qué condición de amenaza se encuentran, a fin de tomar decisiones y medidas concretas de mitigación. Así pues, se logró obtener un mapa de exposición de cada elemento para el municipio de Riofrío en donde se representa cuáles son las áreas geográficas más expuestas del casco urbano ante los diferentes tipos de fenómenos amenazantes que se presentan. Esto se logró a partir de la intersección espacial entre el escenario más crítico, tanto para inundaciones como para avenidas torrenciales, y la densidad tanto de viviendas como de habitantes clasificadas mediante el método *Natural Breaks* (explicado en el anexo 3.2), pudiendo obtener tres clases distintas, a saber: densidad alta, media y baja.

A) *Exposición corporal ante remoción en masa*: La Figura 3.19 refleja el número de personas que se encuentran expuestas ante la posibilidad de que se presente un fenómeno de remoción en masa durante el día entre las 6 A.M y las 6 P.M.

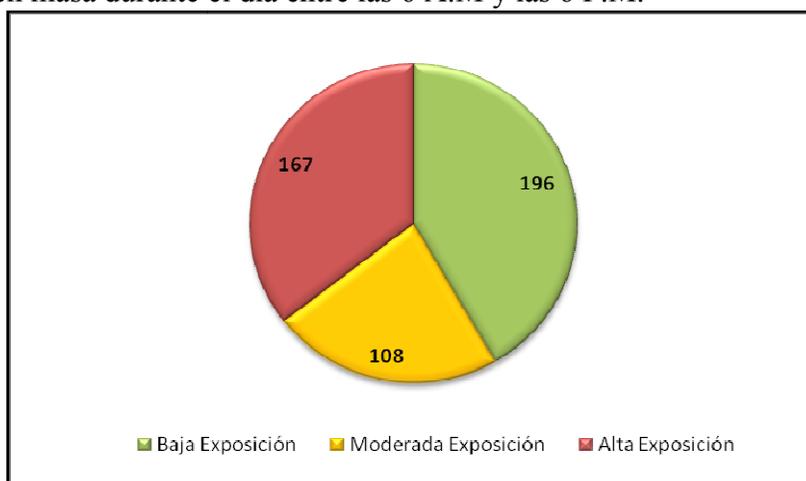


Figura 3.19 Número de personas expuestas a un fenómeno de deslizamiento en jornada diurna.

Por su parte, la Figura 3.20 refleja el número de personas que se encuentran expuestas ante la posibilidad de una inundación en horario nocturno.

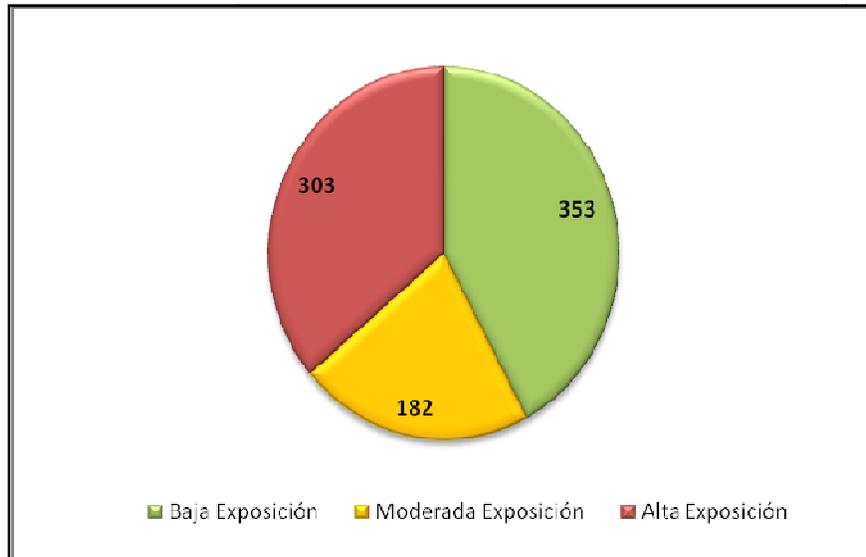


Figura 3.20 Número de personas expuestas a un fenómeno de deslizamiento en jornada nocturna.

De acuerdo con las figuras 3.19 y 3.20 se puede notar claramente un incremento importante en el número de personas en exposición baja, moderada y alta durante la noche con respecto al día; Como se puede apreciar, los mayores incrementos se dan en las zonas cuya exposición es baja y alta, las cuales corresponden a zonas de alta densidad de población. De manera singular, tanto para la noche como para el día, el mayor número de habitantes se encuentran en un nivel elevado de exposición; los diferentes niveles de exposición corporal ante deslizamientos se pueden ver claramente espacializados dentro del área urbana del municipio en la Figura 3.21 En ella se aprecian las zonas que se encuentran bajo exposición alta, media y baja.

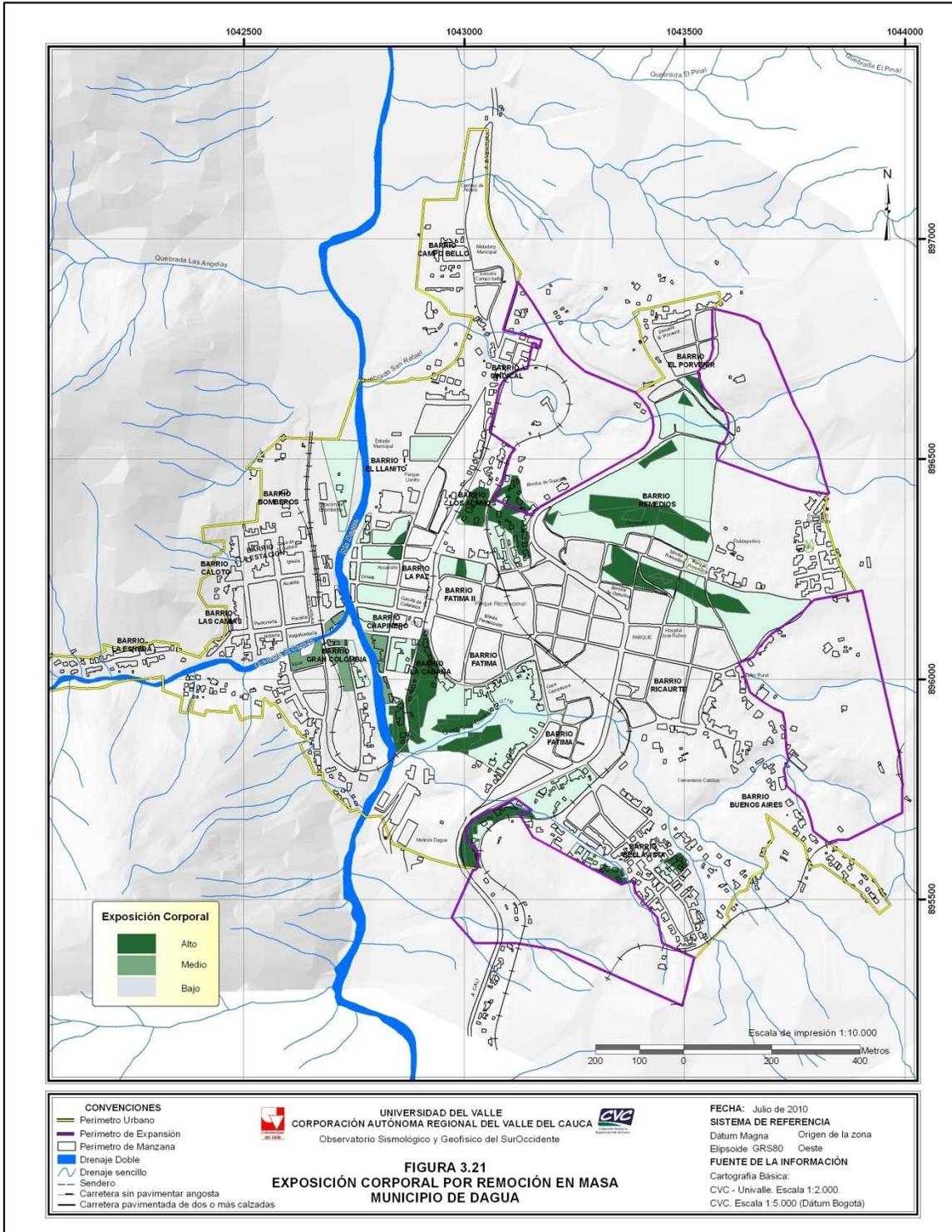


Figura 3.21 Niveles de exposición corporal ante deslizamientos.

B) *Exposición Estructural ante deslizamientos*: La Figura 3.22 refleja el número de viviendas que se encuentran expuestas ante la posibilidad de que se presente un deslizamiento de tierra.

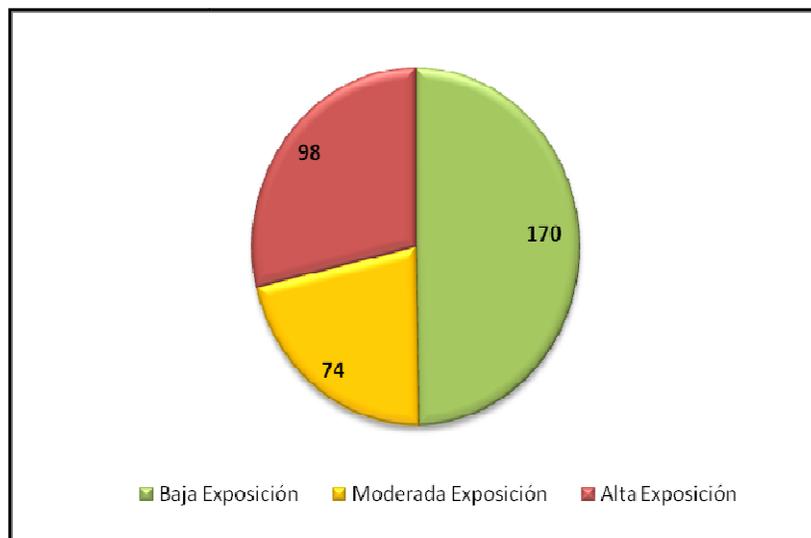


Figura 3.22 Número de viviendas expuestas a un fenómeno de deslizamiento.

Cerca del 50% de las viviendas presentan niveles bajos de exposición, aproximadamente el 29% de las viviendas presentan niveles moderados de exposición, mientras que el 21% de las viviendas presentan un alto nivel de exposición ante fenómenos de remoción en masa.

Los diferentes niveles de exposición se pueden ver claramente distribuidos espacialmente sobre el casco urbano del municipio en la Figura 3.23; Los barrios que presentan mayores niveles de exposición corresponden a Chiminangos, Ricaurte, Remedios, Fátima II, Los Álamos y algunos sectores de Bellavista.

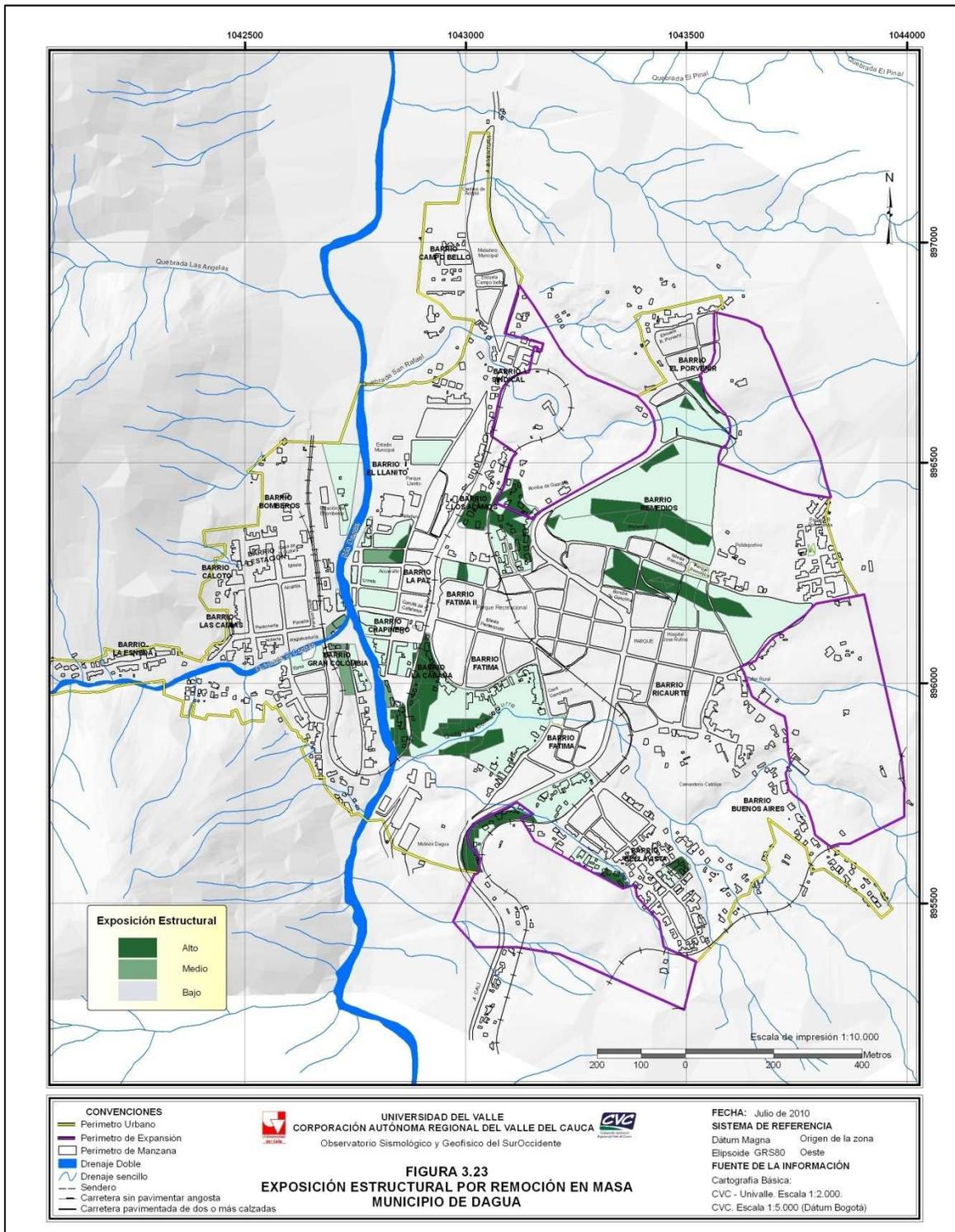


Figura 3.23 Nivel de exposición estructural ante deslizamientos.

C) *Exposición corporal ante Avenidas Torrenciales:* La Figura 3.24 refleja el número de personas que se encuentran expuestas ante la posibilidad de que se presenta una avenida torrencial durante el día entre las 6 A.M y las 6 P.M, tanto para un periodo de retorno de 10 años como para uno de 30 y de 100 años.

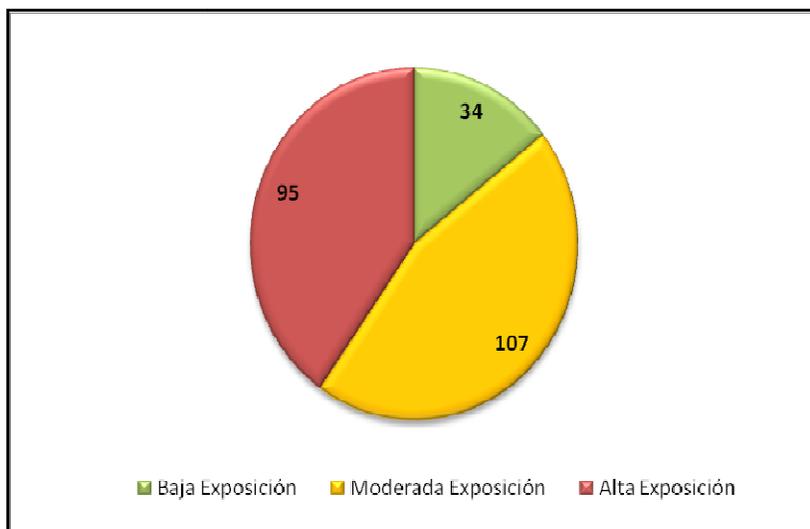


Figura 3.24 Número de personas expuestas a una avenida torrencial en jornada diurna.

Por su parte, la Figura 3.25 refleja el número de personas que se encuentran expuestas ante la posibilidad de ocurrencia de una avenida torrencial en horario nocturno.

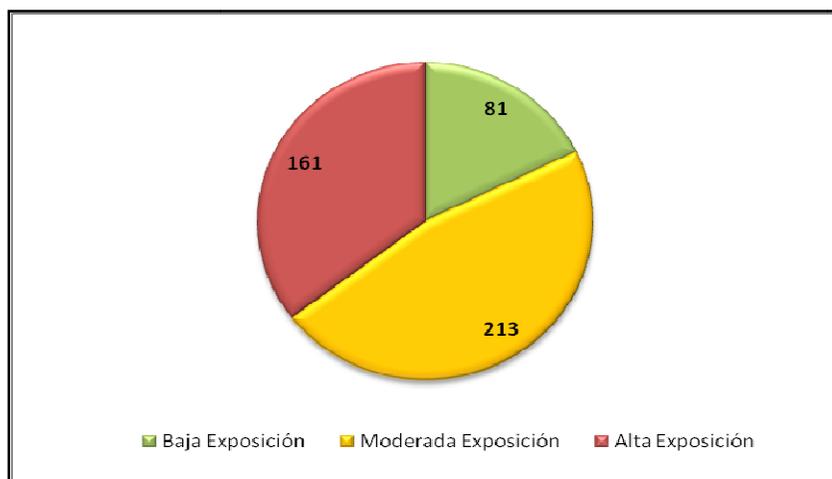


Figura 3.25 Número de personas expuestas a una avenida torrencial en jornada nocturna.

En las Figuras 3.24 y 3.25 se puede notar claramente un incremento importante en el número de personas en exposición baja, moderada y alta durante la noche con respecto al día. Como se puede apreciar, los mayores incrementos se dan en las zonas cuya exposición es baja y alta, las cuales corresponden a zonas de alta densidad de población. De manera

singular, tanto para la noche como para el día, el mayor número de habitantes se encuentran en los niveles medio y alto de exposición.

Los diferentes niveles de exposición corporal ante deslizamientos se pueden ver claramente espacializados dentro del área urbana del municipio en la Figura 3.26 donde las zonas de mayor exposición se localizan cerca de las fuentes hídricas del municipio.

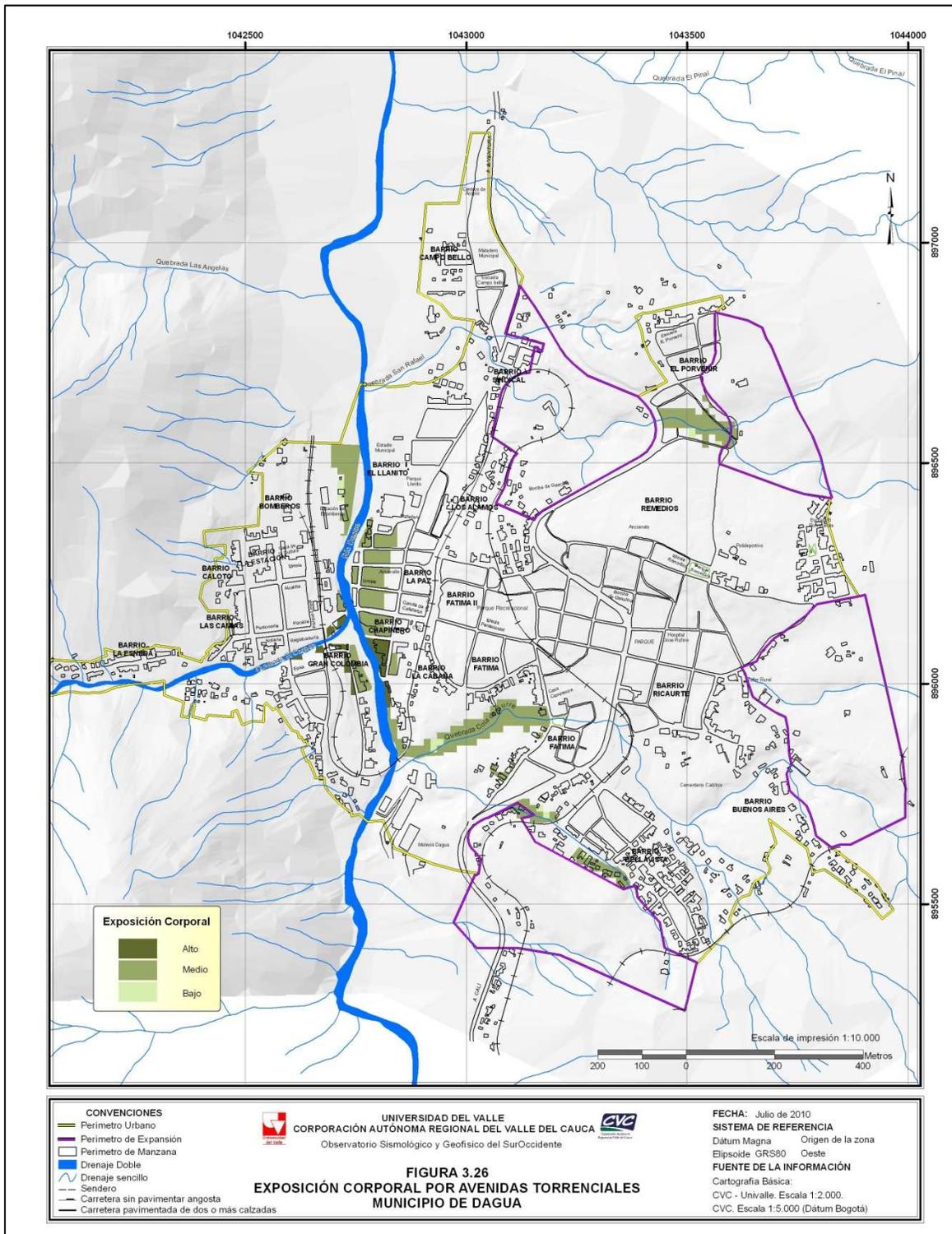


Figura 3.26 Niveles de exposición corporal ante avenidas torrenciales.

D) *Exposición Estructural ante avenidas torrenciales*: La Figura 3.27 refleja el número de viviendas que se encuentran expuestas ante la posibilidad de que se presente una avenida torrencial.

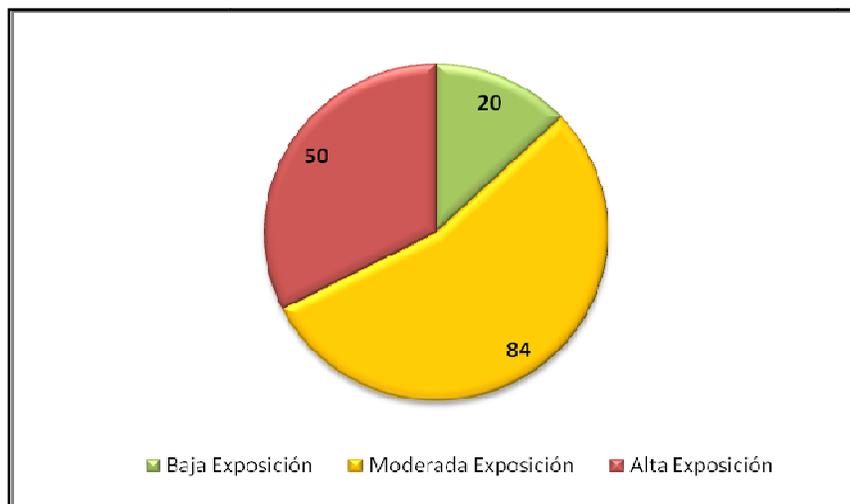


Figura 3.27 Número de viviendas expuestas a avenidas torrenciales.

Cerca del 14% de las viviendas presentan niveles bajos de exposición, el 54% presenta niveles moderados, mientras que el 32% de las viviendas presentan un alto nivel de exposición ante avenidas torrenciales.

Los diferentes niveles de exposición se pueden ver claramente distribuidos espacialmente sobre el casco urbano del municipio en la Figura 3.28; Los barrios que presentan mayores niveles de exposición corresponden a La Paz, El Albergue, La Cabaña, La Gran Colombia, Bomberos, Estación y algunos sectores de los barrios Chiminangos y Bellavista.

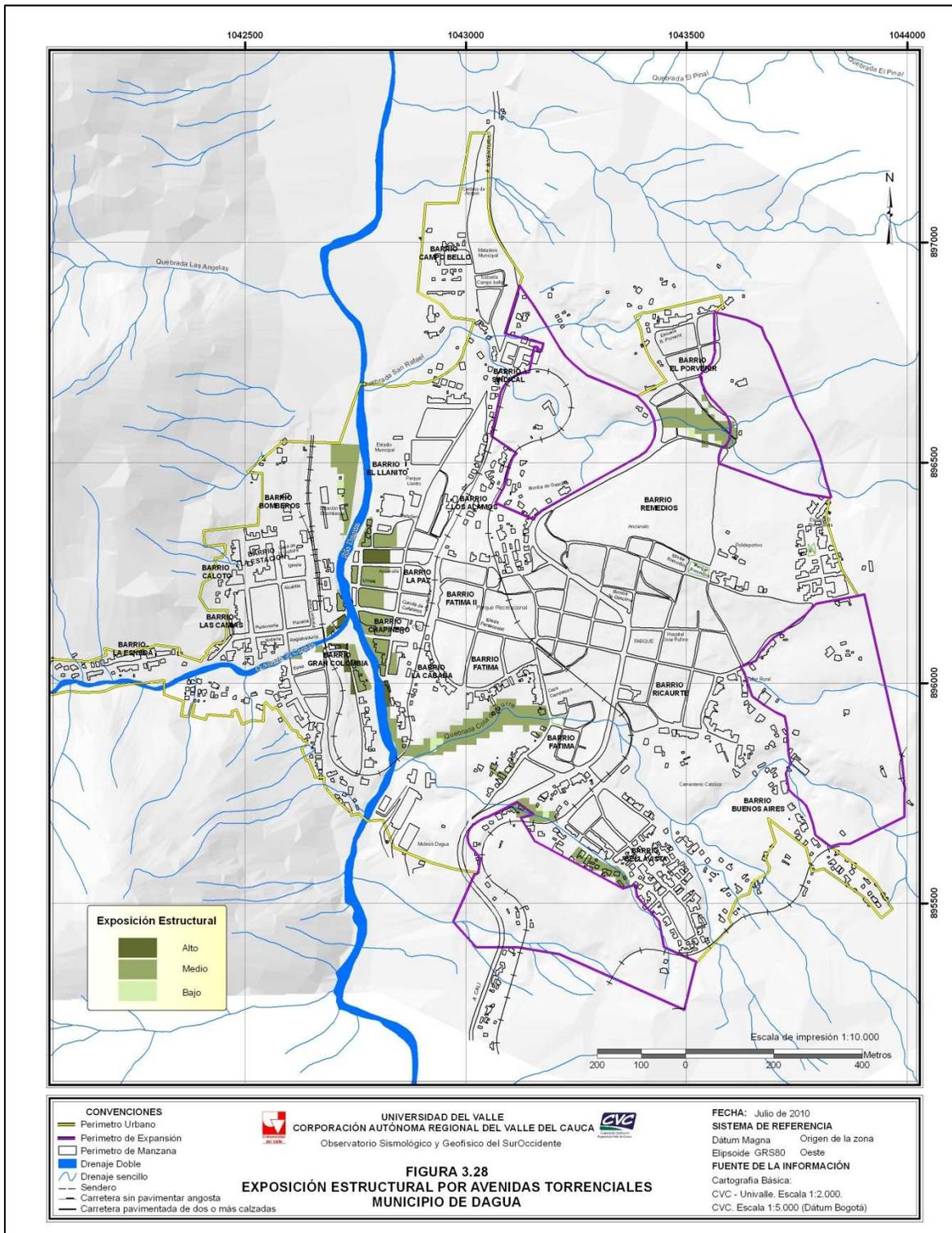


Figura 3.28 Niveles de exposición estructural ante avenidas torrenciales.

De acuerdo con los mapas elaborados que presentan las zonas cuyos elementos se encuentran expuestos en diferentes niveles ante deslizamientos y avenidas torrenciales, se muestra que existen áreas en la cabecera municipal que están expuestas no solo a uno sino a los dos fenómenos naturales y que por lo cual se da un valor agregado al nivel de exposición que presentan; tal es el caso de los barrios La Paz, El Albergue, La Cabaña, Bomberos, Estación, La Gran Colombia, Fátima II, Chiminangos y Bellavista. Estos sectores se caracterizan por presentar valores de densidad de habitantes y de viviendas elevados además de presentar condiciones geográficas propicias para la ocurrencia de los fenómenos mencionados anteriormente con un nivel de peligrosidad relativamente alto.

3.5 EVALUACIÓN DEL GRADO DE FRAGILIDAD DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS

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

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

La Figura 3.29 muestra el comportamiento espacial de la fragilidad corporal, independiente del tipo de amenaza en contexto, presentando un patrón de distribución indefinido con un predominio de la fragilidad clase media y alta.

Por su parte la figura 3.30 muestra los diferentes niveles de fragilidad que presentan las viviendas ante la posibilidad de ocurrencia un fenómeno de remoción en masa de una inundación. En ella se puede notar un alto predominio de la fragilidad clase baja y media. Mientras que la figura 3.31 refleja los diferentes tipos de fragilidad que presentan las viviendas ante la ocurrencia de una avenida torrencial; dada la naturaleza de este tipo de fenómeno y la capacidad de daño, las viviendas presentan menos resistencia frente al impacto que caracteriza a esta amenaza, es por ello que predominan niveles de fragilidad medio y alto.

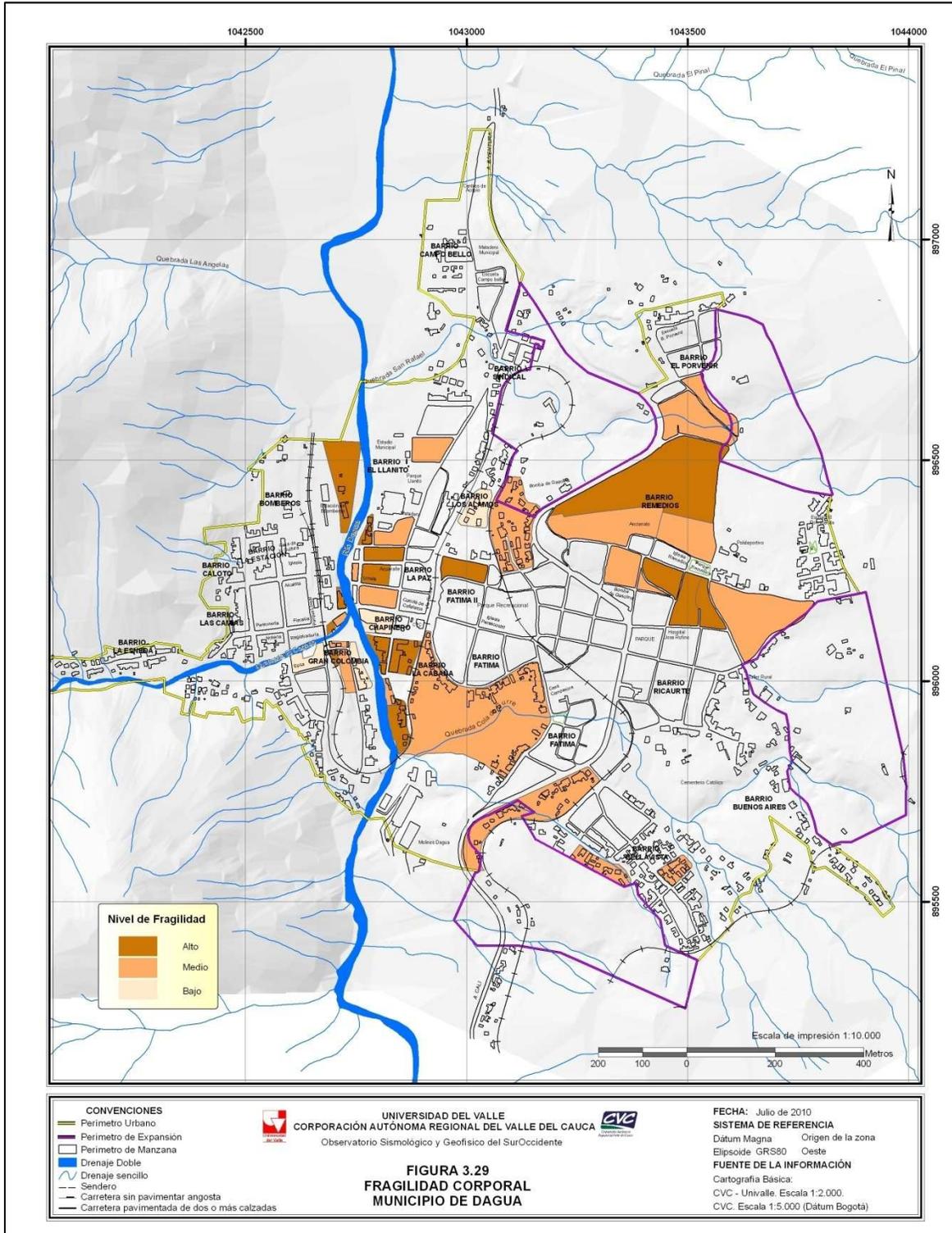


Figura 3.29 Distribución espacial de la fragilidad corporal.

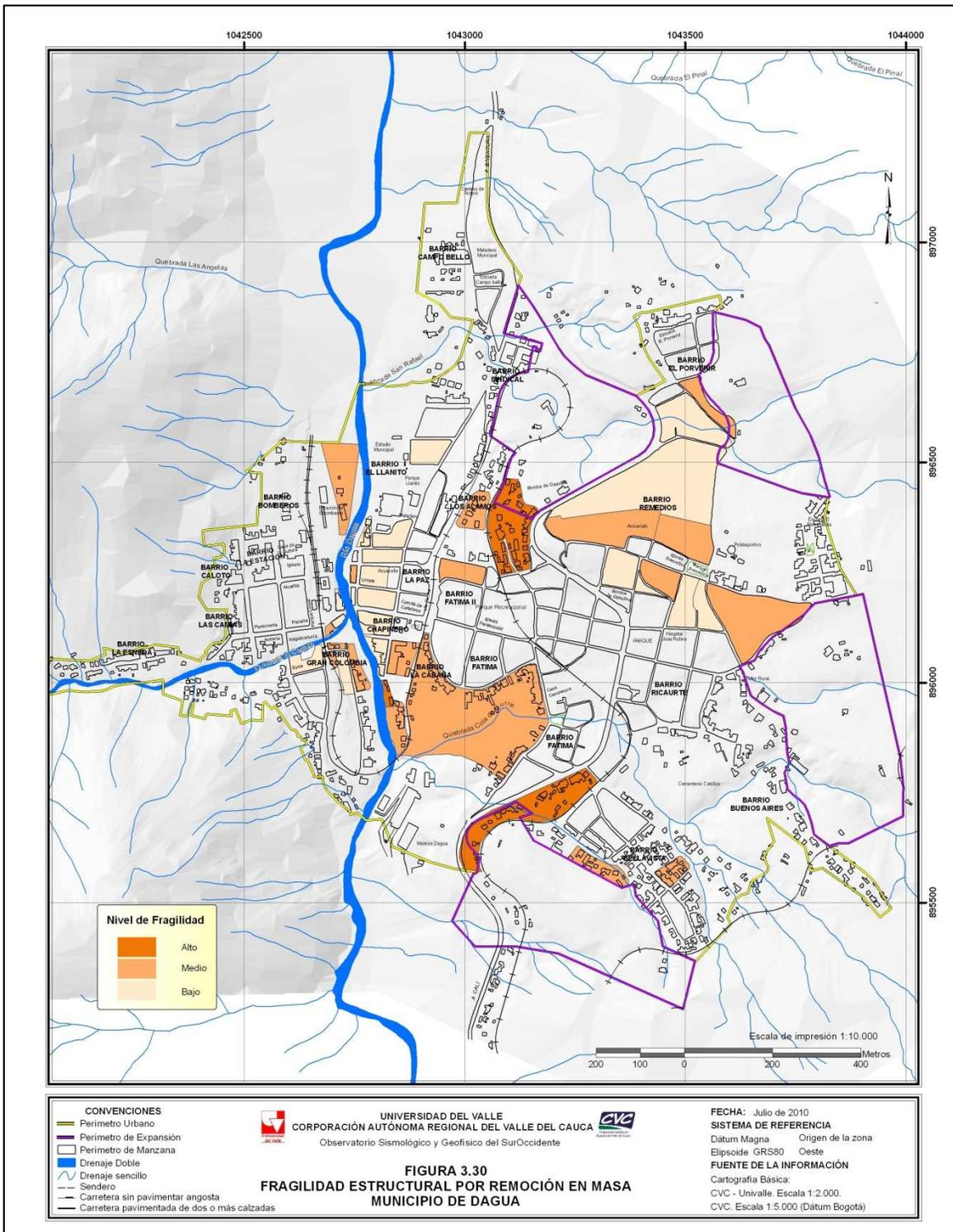


Figura 3.30 Distribución espacial de la fragilidad estructural ante remoción en masa.

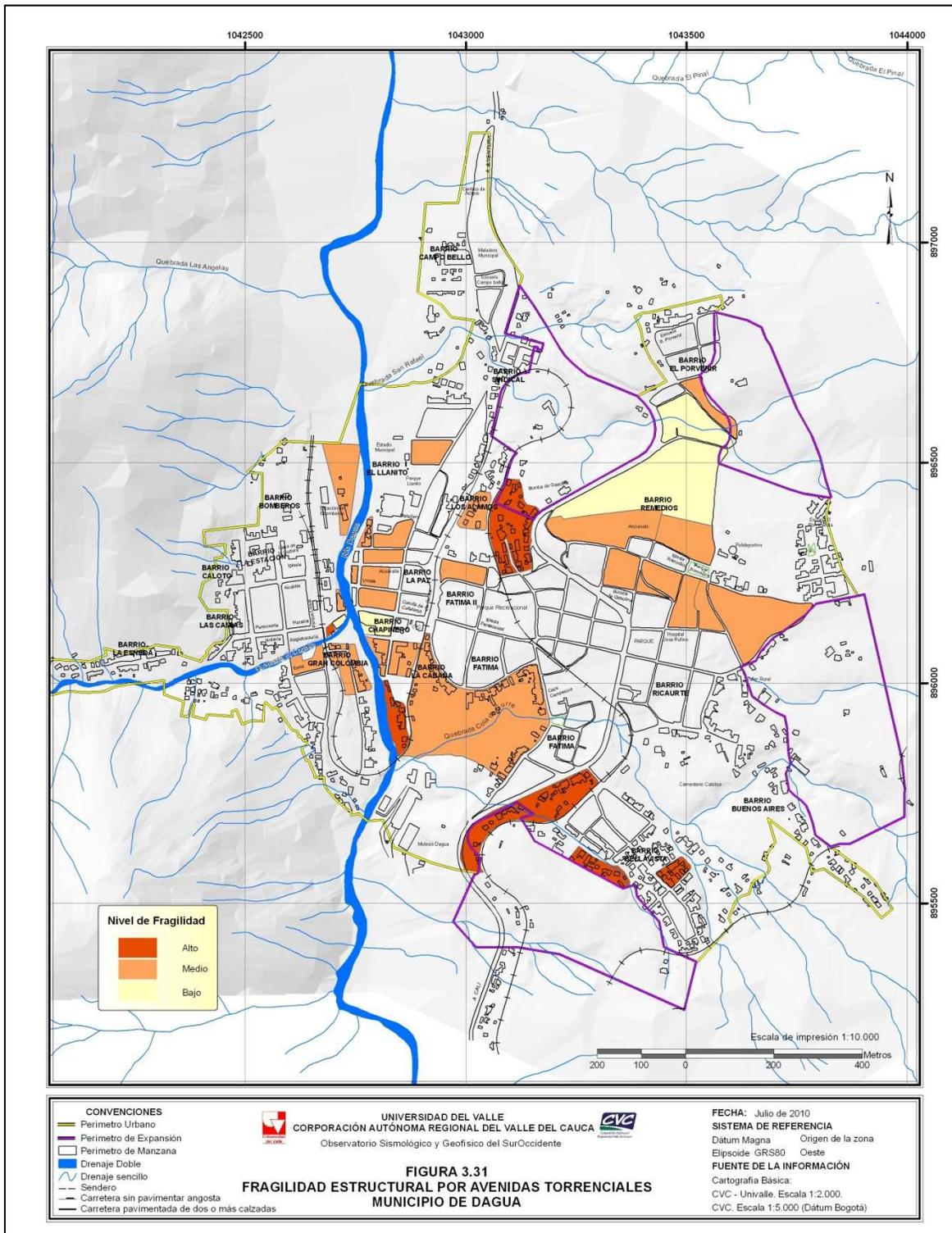


Figura 3.31 Distribución espacial de la fragilidad estructural ante avenidas torrenciales.

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

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

Las Figuras 3.32 y 3.33 representan los diferentes niveles de vulnerabilidad que se configura en la cabecera municipal de Dagua en sus dimensiones corporal y estructural respectivamente, ante la posibilidad de ocurrencia de un deslizamiento. En ellas se puede apreciar unos niveles moderados de vulnerabilidad corporal; esto significa que las personas que se encuentran bajo estos niveles, carecen de las herramientas necesarias para sobreponerse a la acción negativa de un deslizamiento. Este grupo poblacional se caracteriza por presentar unas condiciones socioeconómicas insuficientes para satisfacer sus necesidades básicas. En cuanto a los niveles de vulnerabilidad estructural, la situación se agudiza un poco más en algunos sectores debido a las condiciones desfavorables en las que se encuentran la mayoría de las viviendas puesto que los materiales con los cuales han sido levantadas y el estado físico en que se encuentran no tienen la capacidad suficiente para resistir los efectos negativos de un deslizamiento.

Por su parte la Figura 3.34 representa los niveles de vulnerabilidad global ante la eventualidad de ocurrencia de un deslizamiento. Este mapa integra la vulnerabilidad corporal y la vulnerabilidad estructural en uno solo dando como resultado un mapa global en el cual se ha otorgado una mayor participación a las viviendas en la medida en que se consideran más importantes dentro de la vulnerabilidad con respecto a las personas, las cuales se consideran moderadamente importantes dentro de la misma. Esta asignación de importancias relativas, en la cual se ha dado mayor peso a las estructuras, se justifica en la medida en que las viviendas pueden hacer las veces de escudo y refugio para las personas en caso de inundaciones y el modo de afectación sobre ellas dependerá en buena medida de las condiciones físicas en que se encuentren. Como resultado cerca del 70% de las áreas en estudio presentan niveles de vulnerabilidad media, mientras que el 30% del área restante presenta niveles de vulnerabilidad Alta.

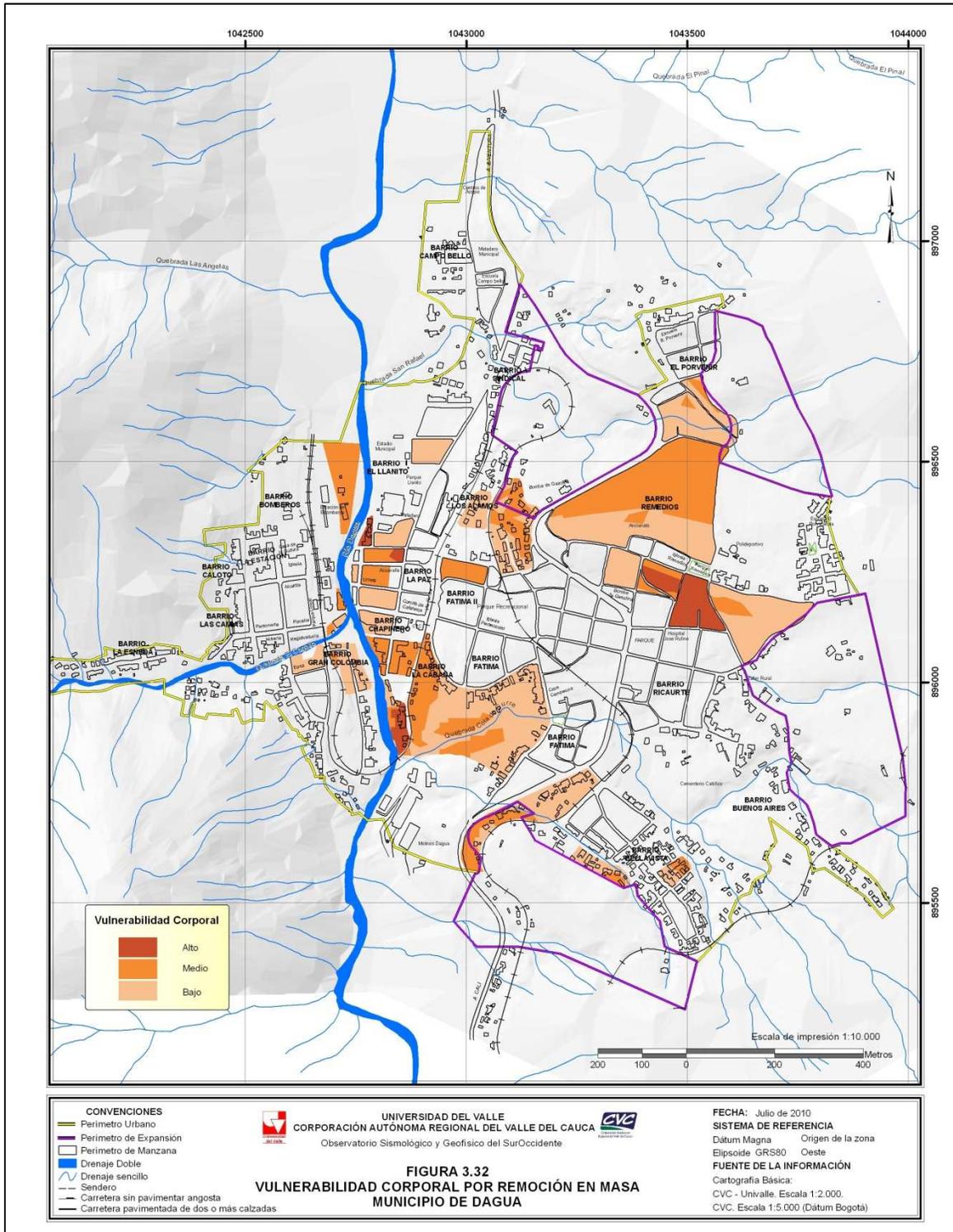


Figura 3.32 Distribución espacial de la vulnerabilidad corporal ante deslizamientos.

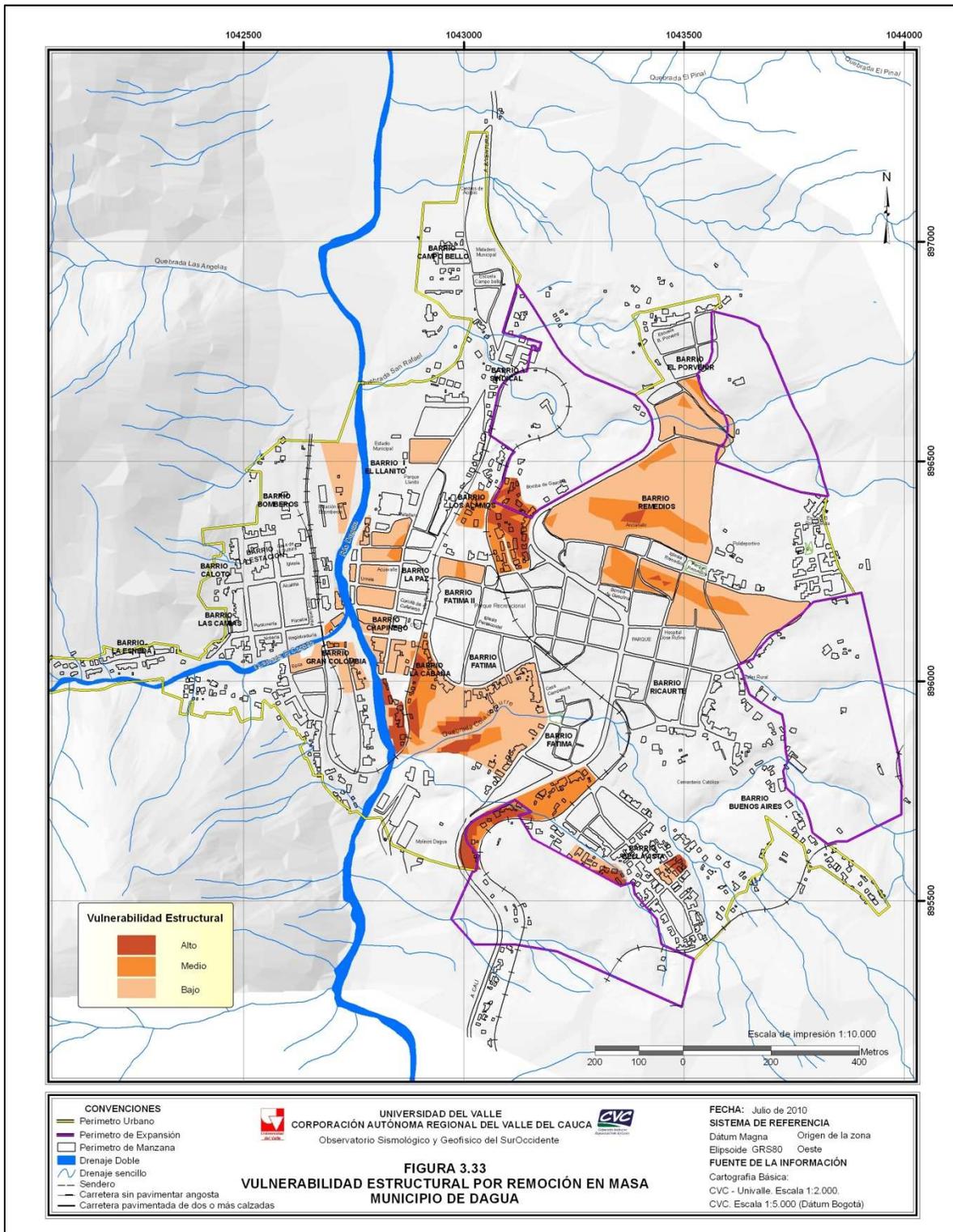


Figura 3.33 Distribución espacial de la vulnerabilidad estructural ante deslizamientos.

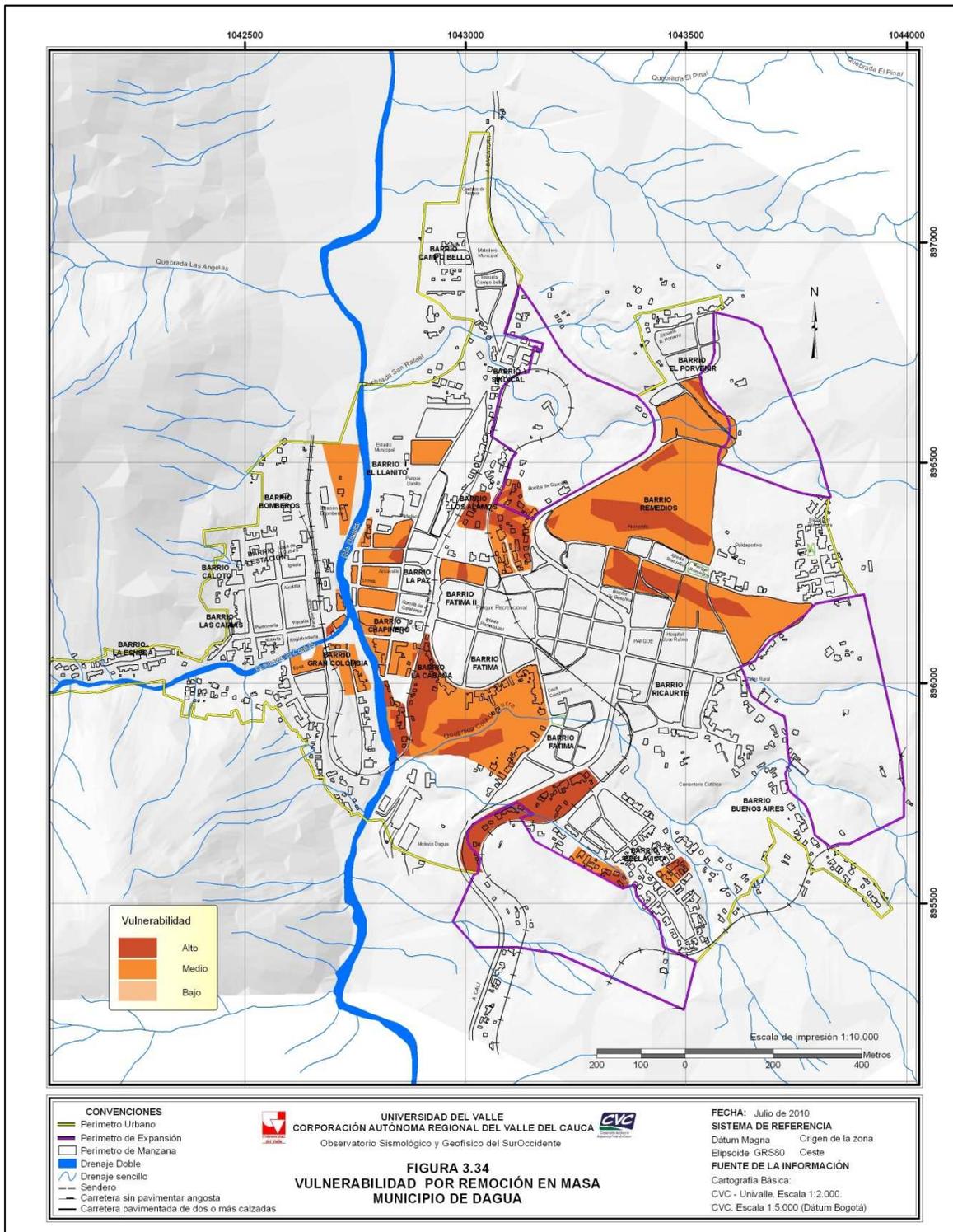


Figura 3.34 Distribución espacial de la vulnerabilidad global ante deslizamientos.

Las Figuras 3.35 y 3.36 representan los diferentes niveles de vulnerabilidad, ante avenidas torrenciales, que presenta la cabecera municipal de Dagua en sus dimensiones corporal y estructural respectivamente. En ellas se puede apreciar un predominio de los niveles moderados y altos de vulnerabilidad corporal. En cuanto a los niveles de vulnerabilidad estructural, la situación es un poco igualmente crítica debido a que las condiciones de la mayoría de las viviendas no garantizan una buena resistencia ante los efectos negativos de una avenida torrencial característica.

Por su parte la Figura 3.37 representa los niveles de vulnerabilidad global ante la eventualidad de una avenida torrencial. Este mapa, al igual que el mapa de vulnerabilidad global ante remoción en masa, integra la vulnerabilidad corporal y la vulnerabilidad estructural en uno solo dando como resultado un mapa global en el cual se ha otorgado una mayor participación a las viviendas en la medida en que se consideran más importantes dentro de la vulnerabilidad con respecto a las personas, las cuales se consideran moderadamente importantes dentro de la misma. Esta asignación de importancias relativas, en la cual se ha dado mayor peso a las estructuras, se justifica en la medida en que las viviendas pueden hacer las veces de refugio para las personas en caso de avenidas torrenciales y el modo de afectación sobre las personas dependerá en buena medida de las condiciones físicas en que se encuentren sus viviendas. Como resultado cerca del 34% del área estudiada presentan niveles de vulnerabilidad media, mientras que el 66% del área presenta niveles altos de vulnerabilidad.

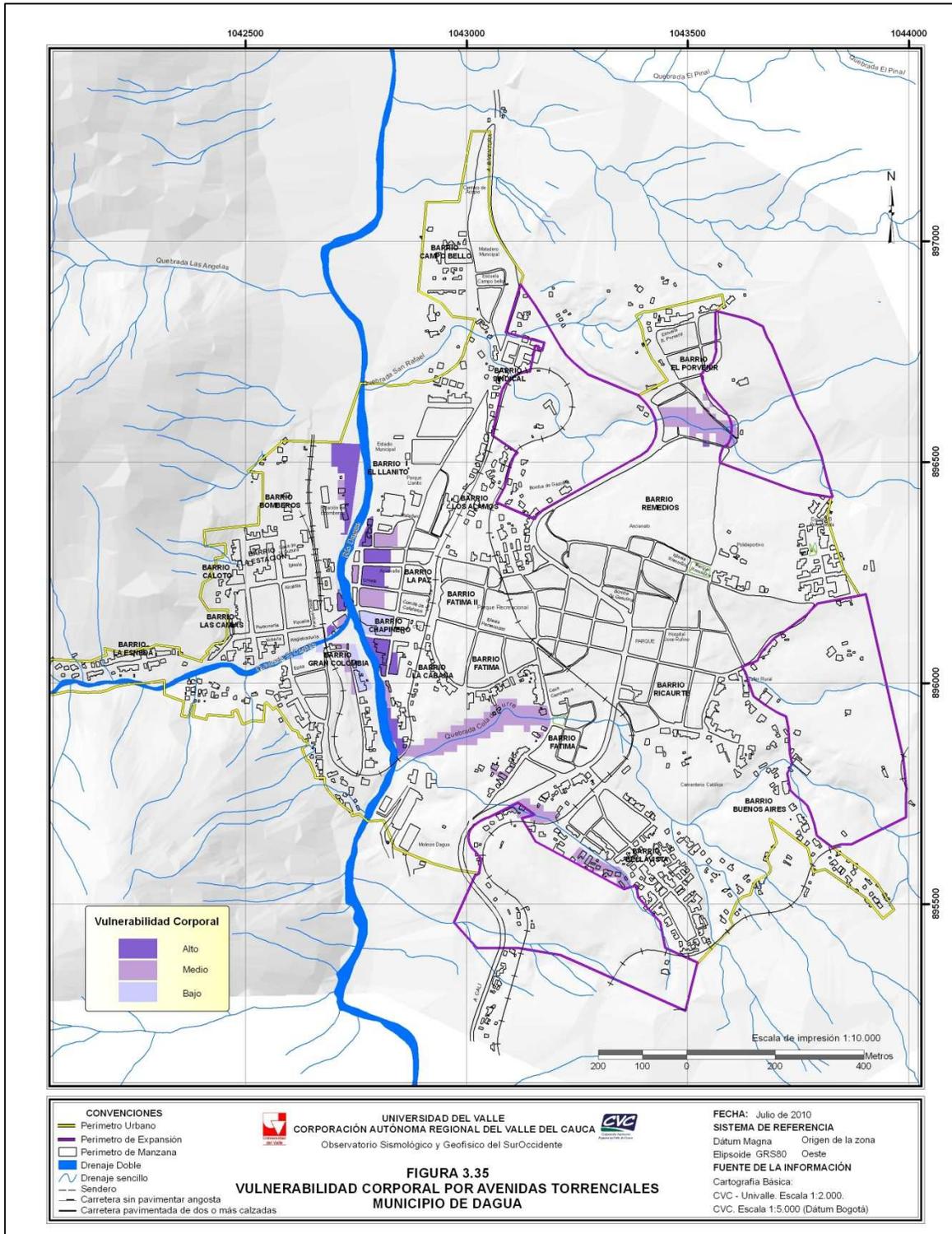


Figura 3.35 Distribución espacial de la vulnerabilidad corporal ante avenidas torrenciales.

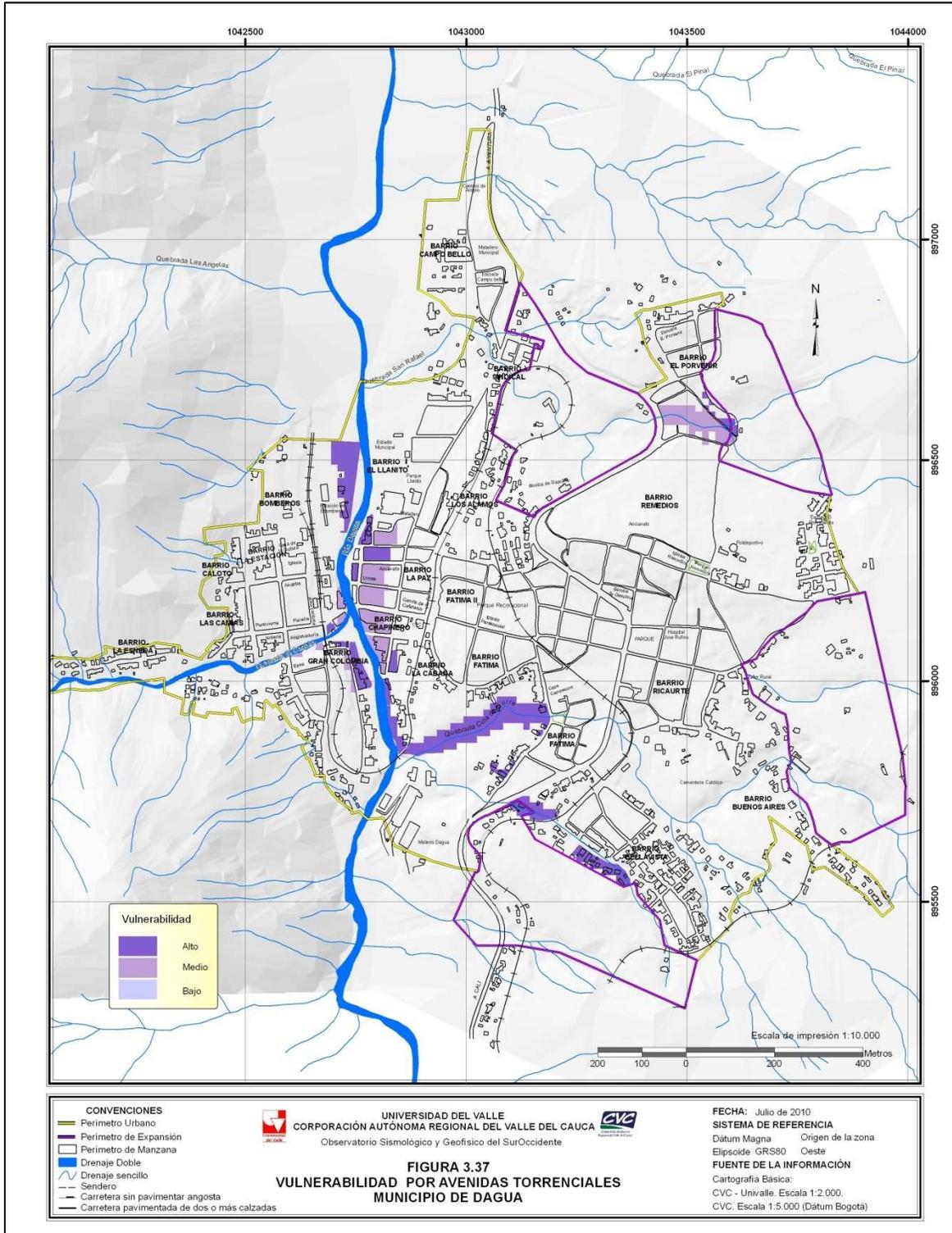


Figura 3.37 Distribución espacial de la vulnerabilidad global ante avenidas torrenciales.

3.7 ESTIMACIÓN DEL GRADO DE AFECTACIÓN POR INUNDACIONES Y AVENIDAS TORRENCIALES

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

Del área que presenta afectación por deslizamientos, aproximadamente el 69% se encuentra bajo un nivel de daño bajo; seguido de un nivel de daño moderado el cual ocupa tan solo el 5% del área y, por último encontramos un nivel de daño alto ocupando el 26% del área. La distribución porcentual de los niveles de afectación con respecto al área ocupada se presenta en la Figura 3.38:

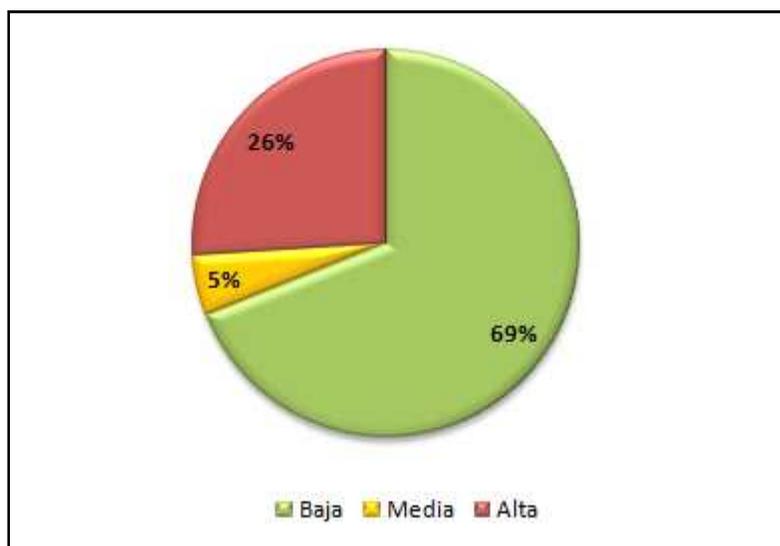


Figura 3.38 Distribución porcentual de la afectación ante deslizamientos.

La Figura 3.39 muestra las áreas geográficas de afectación relativa ante la ocurrencia de un deslizamiento. Las zonas de mayor afectación se encuentran localizadas principalmente al Este de la cabecera municipal sobre algunas zonas de montaña cuyos suelos son susceptibles a deslizarse bien sea por la acción de la saturación de agua en época de lluvia intensa o un sismo característico.

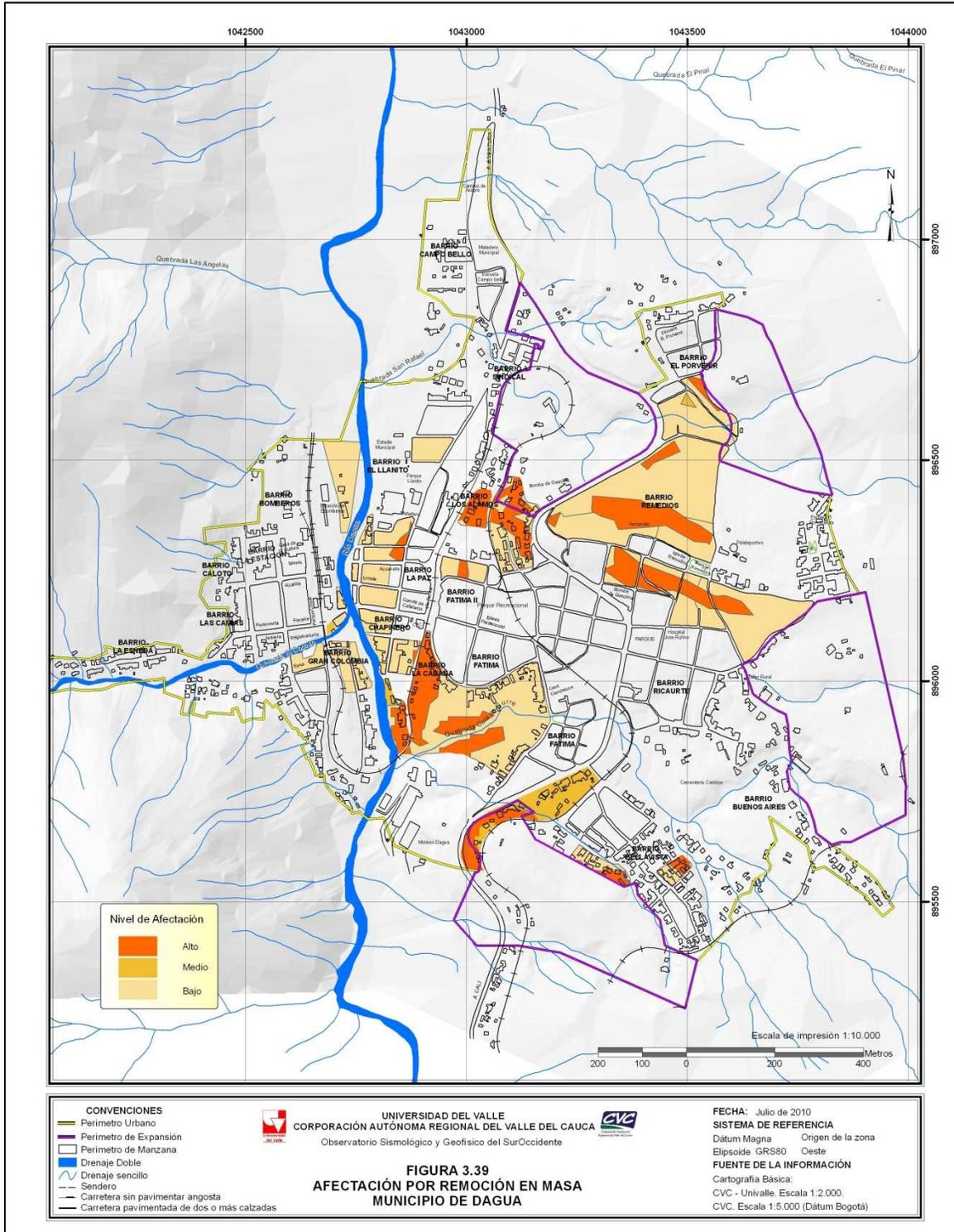


Figura 3.39 Distribución geográfica de los niveles de afectación ante deslizamientos.

Con respecto al fenómeno hidrológico de avenidas torrenciales, la Figura 3.40 muestra el porcentaje de área que ocupa cada nivel de afectación dentro de la zona estudiada. Existe un notable predominio de niveles altos de afectación en la zona ocupando cerca del 99% de área, mientras que el 1% de área restante corresponde a niveles bajos de afectación.

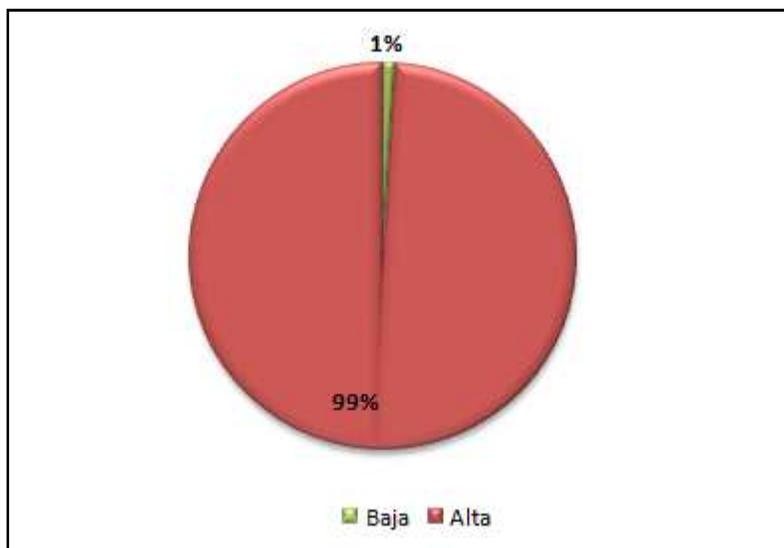


Figura 3.40 Distribución porcentual de la afectación ante avenidas torrenciales.

La Figura 3.41 muestra las áreas geográficas de afectación relativa ante la ocurrencia de una avenida torrencial. Las zonas de mayor afectación se encuentran localizadas principalmente a lo largo del río Dagua y algunas quebradas como el Cogollo y Cola de Gurre. Este mapa refleja la magnitud y la vasta zona que se vería afectada ante la eventualidad de un fenómeno de tal naturaleza.

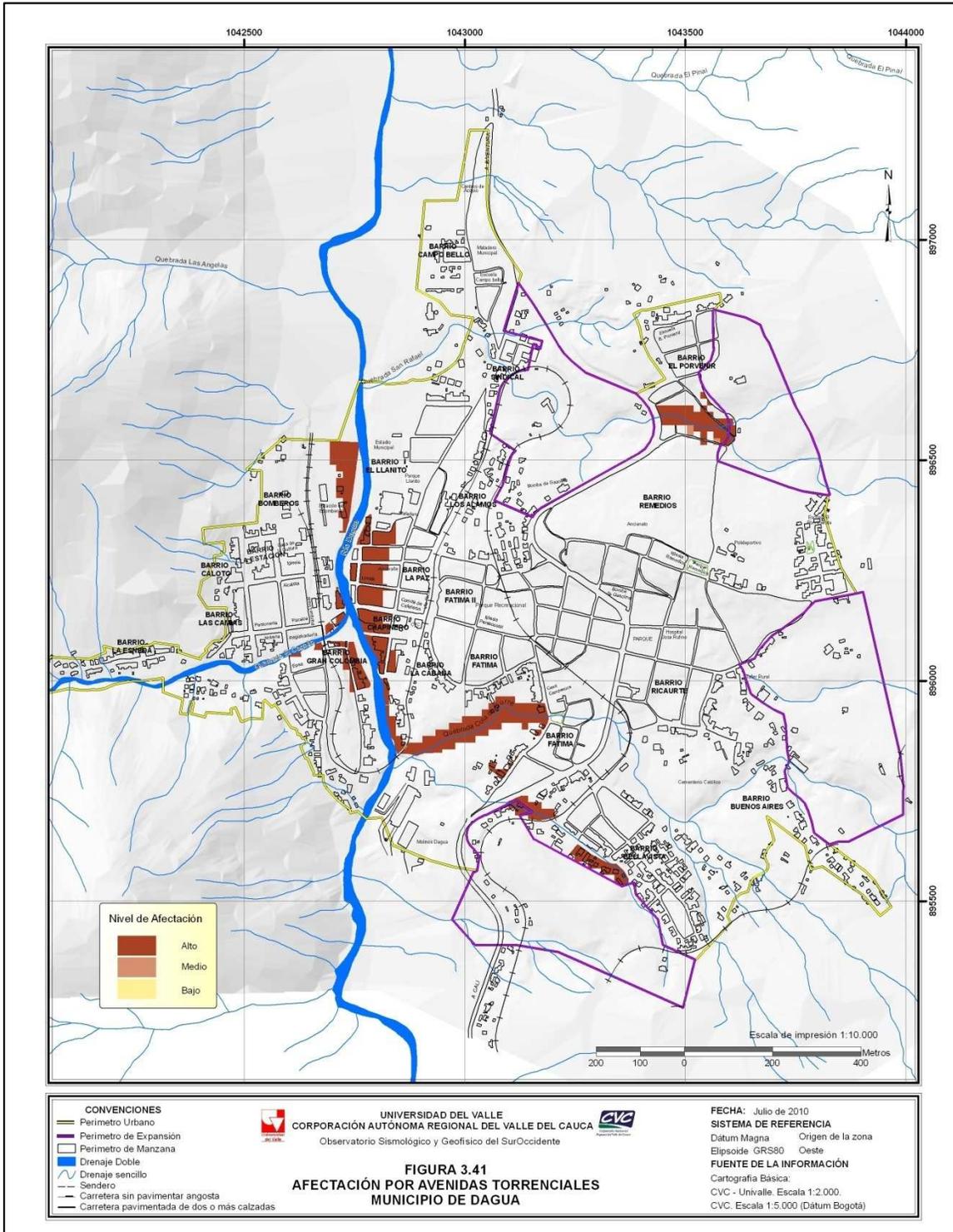


Figura 3.41 Distribución geográfica de los niveles de afectación ante avenidas torrenciales.

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

3.8 DETERMINACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE AFECTACIÓN DIURNO Y NOCTURNO

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

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

Tabla 3.2. Escenario de posible afectación nocturna por remoción en masa.

Nivel de afectación	Número de habitantes en la noche
Alta	274
Media	68
Baja	513
<i>Total de habitantes afectados 855</i>	

Tabla 3.3. Escenario de posible afectación diurna por remoción en masa.

Nivel de afectación	Número de habitantes en el día
Alta	154
Media	30
Baja	295
Total de habitantes afectados 479	

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

Tabla 3.4. Viviendas afectadas por fenómenos de remoción en masa.

Nivel de afectación	Número de viviendas
Alta	92
Media	50
Baja	143
Total de viviendas afectadas 285	

Por su parte, las Figuras 3.42, 3.43 y 3.44 muestran la proporción o el porcentaje frente al total de personas que se encuentran bajo un nivel de afectación dado por cada escenario.

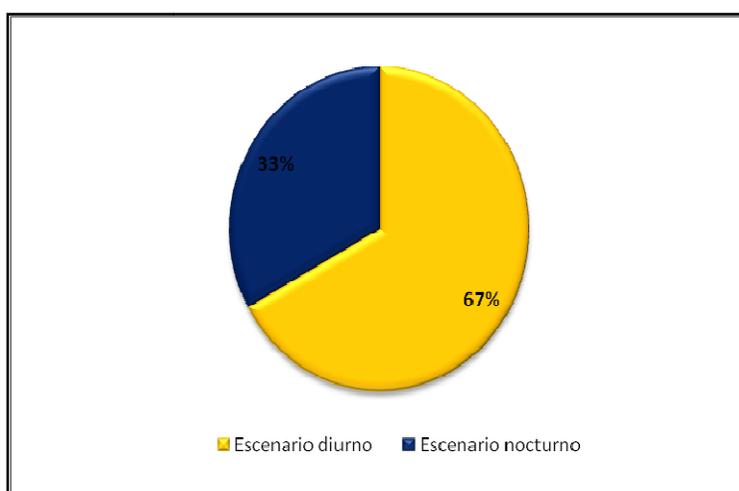


Figura 3.42 Porcentaje de población en nivel de posible afectación alta por remoción en masa.

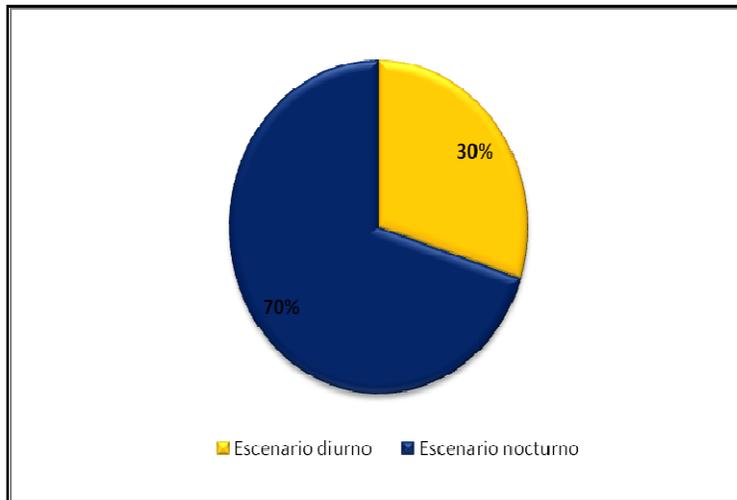


Figura 3.43 Porcentaje de población en nivel de posible afectación media por remoción en masa.

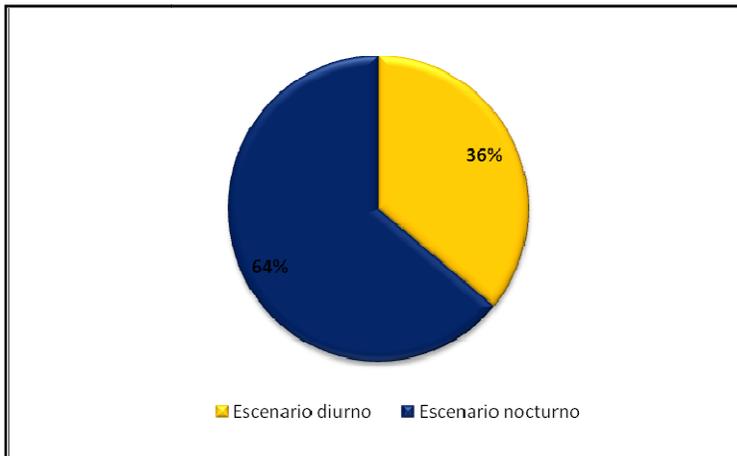


Figura 3.44 Porcentaje de población en nivel de posible afectación baja por remoción en masa.

De acuerdo con la dinámica misma de la población, en la que amplios sectores de la misma permanecen por fuera de sus viviendas durante el día, las zonas de afectación alta presentan un incremento de población dentro de las viviendas durante la noche con una diferencia de 34 puntos con respecto al porcentaje de población en las viviendas durante el día.

Para las zonas de afectación media y baja, se producen unos incrementos relativos de la población durante las noches iguales a de 40 y 28 puntos respectivamente con respecto al porcentaje de población que se encuentran dentro de las viviendas durante el día; lo anterior sugiere que muchas de estas edificaciones se encuentra gente laborando y/o estudiando.

Las Tablas 3.5 y 3.6 muestran el número esperado de personas que podrían verse afectadas en niveles bajos, moderados y altos por avenidas torrenciales. En ellas se puede observar un incremento de la población afectada durante la noche, puesto que se asume que el número total de la población se encuentra en sus viviendas, caso opuesto se percibe en el escenario

diurno donde la población se encuentra por fuera de sus viviendas desarrollando algún tipo de actividad bien sea laboral, académica, etc.

Tabla 3.5. Escenario de posible afectación nocturna por avenidas torrenciales.

Nivel de afectación	Número de habitantes en la noche
Alta	384
Media	37
Total de habitantes afectados 421	

Tabla 3.6. Escenario de posible afectación diurna por avenidas torrenciales.

Nivel de afectación	Número de habitantes en el día
Alta	212
Media	15
Total de habitantes afectados 227	

Igualmente se tiene un conteo de las viviendas que se encuentran en cada uno de los distintos niveles de afectación por avenidas torrenciales, tal como se aprecia en la Tabla 3.7

Tabla 3.7. Viviendas afectadas por avenidas torrenciales.

Nivel de afectación	Número de viviendas
Alta	156
Media	7
Total de viviendas afectadas 163	

Por su parte, las Figuras 3.45 y 3.46 muestran la proporción o el porcentaje frente al total de personas que se encuentran en niveles de posible afectación alta y media respectivamente, dado por cada escenario.

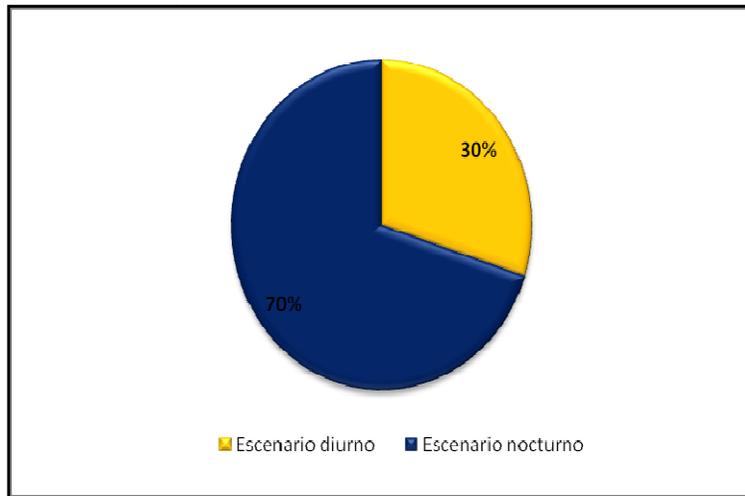


Figura 3.45 Porcentaje de población en nivel de posible afectación alta.

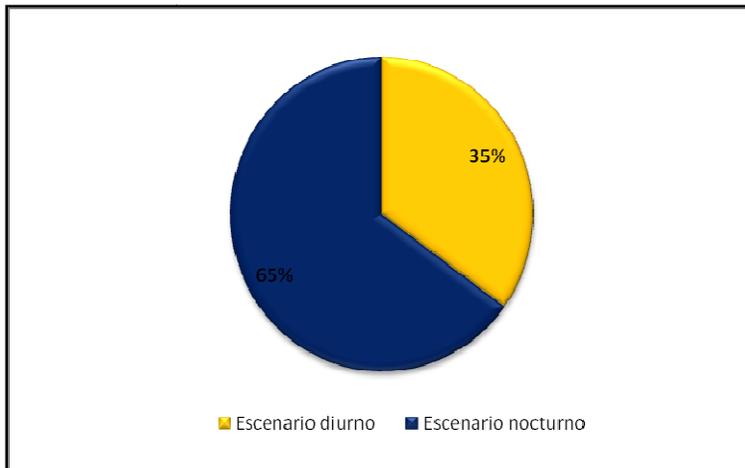


Figura 3.46 Porcentaje de población en nivel de posible afectación media.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES

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

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

Los sectores Noreste y Sureste de la cabecera municipal, pueden ser consideradas como zonas de alto riesgo ante la posibilidad de ocurrencia de un deslizamiento; mientras que los corredores ambientales del río Dagua y algunas quebradas como el Cogollo y Cola de Gurre, pueden ser consideradas como zonas de alto riesgo por fenómenos de avenidas torrenciales.

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

El riesgo se obtuvo de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos; como resultado de este proceso, se generaron zonas con distintos niveles de afectación ante cada fenómeno estudiado, tanto ante inundaciones como avenidas torrenciales. Es así, como se

identificaron los barrios y las manzanas cuyas características estudiadas en función de la amenaza y la vulnerabilidad, podrían presentar los daños más graves dada la ocurrencia de alguno de los fenómenos mencionados anteriormente; dichos daños pueden traducirse en graves efectos en las viviendas y pérdida de vida de centenares de personas. Los distintos mapas de afectación obtenidos reflejan con detalle cuáles son las áreas que requieren de una atención especial, no sólo para su planeación futura sino para su atención a corto plazo, con el propósito de disminuir los daños que puedan desencadenarse. El nivel bajo de afectación por fenómenos de remoción en masa es el dominante en la cabecera municipal de Dagua, con algunas excepciones donde los sectores de mayor pendiente se encuentran en niveles altos. Por su parte el nivel alto de afectación por avenidas torrenciales es el predominante en el área estudiada, hecho que se explica por su distancia cercana a las principales fuentes hídricas, así como por sus condiciones de alta vulnerabilidad.

Los resultados obtenidos evidenciaron la presencia de viviendas frente a la ocurrencia de deslizamientos y avenidas torrenciales, lo cual constituye posibles escenarios de desastre poco propicios para la construcción de asentamientos. Es por ello que las viviendas que se encuentran en las zonas de mayor afectación deben ser tenidas en cuenta dentro de los programas de reubicación de manera prioritaria.

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

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

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

La gran cantidad de información recopilada sobre los elementos que pueden ser afectados por deslizamientos y avenidas torrenciales, así como su análisis y modelación sistemática, han sido los factores más importantes que han permitido el desarrollo pleno de la metodología planteada para la elaboración de los distintos escenarios de afectación con un

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

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

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

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

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

5. BIBLIOGRAFÍA

5. BIBLIOGRAFÍA

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

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

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

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

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

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

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

_____. (1984) “*La geografía de los riesgos*”. *Geocrítica*. 54,7-39
CARDONA, O.D. (2001). “*Estimación Holística del Riesgo Sísmico utilizando Sistemas Dinámicos Complejos*” Universidad Poli-técnica de Cataluña, Barcelona. [En línea]. <http://www.desenredando.org/public/varios/2001/ehrisusd/index.html>

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) & RAPCA (Programa de Acción Regional para Centro América). (1999). *“Aplicación de*

Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos para el Análisis de Amenazas, Vulnerabilidad y Riesgo". [en línea]. <<http://www.itc.nl/external/unesco-rapca/start.html>>.

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

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

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

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

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

6. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES

6. GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES

AMENAZA

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

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

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

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

AMENAZA NATURAL

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

AMENAZA SOCIO-NATURAL

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

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

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

AMENAZA ANTROPOGÉNICA O ANTRÓPICA

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

AMENAZAS CONCATENADAS O COMPLEJAS

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

EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

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

EXPOSICION

Es el grado de sometimiento de un determinado elemento frente a un nivel de peligrosidad dado. Es la localización en el espacio de los bienes, la población, las áreas agrícolas y la industria, con respecto a una amenaza, de tal manera que pueden ser afectados en mayor o menor medida cuando la amenaza se manifieste. En otras palabras, se refiere a las personas, los bienes, las áreas agrícolas y la industria directamente sujetos a una amenaza.

FRAGILIDAD

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

RESILIENCIA

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

RIESGO

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

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

EVALUACIÓN DE RIESGO

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

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

ESCENARIOS DE RIESGO

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

SUSCEPTIBILIDAD

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

VULNERABILIDAD

Es la condición intrínseca de una comunidad en términos del grado de exposición y del nivel de fragilidad frente a la ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente dañino. También se puede decir que es el grado de predisposición intrínseca de un elemento expuesto a ser afectado, o de ser susceptible a sufrir un daño o de recuperarse posteriormente.

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

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

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

REMOCION EN MASA

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

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

AVALANCHA

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

SISMO

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

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

Un terremoto, sismo o temblor de tierra ¹ es una sacudida del terreno que se produce debido al choque de las placas tectónicas y a la liberación de energía en el curso de una reorganización brusca de materiales de la corteza terrestre al superar el estado de equilibrio mecánico. Los más importantes y frecuentes se producen cuando se libera energía potencial elástica acumulada en la deformación gradual de las rocas contiguas al plano de una falla

activa, pero también pueden ocurrir por otras causas, por ejemplo en torno a procesos volcánicos, por hundimiento de cavidades cársticas o por movimientos de ladera.

FACTORES DETONANTES

Son aquellos fenómenos naturales que provocan o disparan un evento.

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

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

MAPAS DE AMENAZAS

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

7. ANEXOS

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

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

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

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

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

Año: 2010

Fecha: Marzo 28

Hora: 9:00 am

No Ficha: Cuando se diligencien todas las encuestas.

Nombre: Fausto Rojas.

Departamento: Valle del Cauca.

Municipio: El Cairo.

A. CONDICIONES INMOBILIARIAS

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

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

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

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



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



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



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

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

B. CONDICIONES FAMILIARES.

Caracterizar el grupo familiar según:

5. Número de personas que lo conforman.

6. Cuántas de ellas trabajan.

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

8. Grada de escolaridad (Último año aprobado).

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

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

C. CONDICIONES DE LA EDIFICACIÓN.

Identificar las condiciones intrínsecas e extrínsecas de la edificación.

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

Edad y geometría

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

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

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

Tipo de construcción.

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

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

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

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

Características de daños ocurridos.

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

Los tipos de daños tienen diferentes categorías como:

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

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

Anexo 2.1 Encuesta

ANEXO 2.1

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

FECHA Año: Mes: Día: Hora: No. Ficha:

Nombre del encuestado: _____

Departamento: _____

Municipio: _____

A. CONDICIONES INMOBILIARIAS

Comuna No.: Barrio: Dirección: Casa No.

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

2. Estado de la edificación: Bueno Regular Malo

3. ¿Vivienda propia? Sí No

Nombre del Propietario: _____

4. Costo aproximado: _____

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

B. CONDICIONES FAMILIARES

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

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

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

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

D. CARACTERÍSTICAS DE DAÑOS OCURRIDOS

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

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



SI HA SUFRIDO DAÑOS Y PERDIDAS, DESCRIBALOS Y CUANTIFIQUELOS MONETARIAMENTE							
Tipo de evento:		Fecha de ocurrencia		Año:	Mes:	Día:	
DAÑOS Y PERDIDAS							
HUMANAS		COSTO (miles de Pesos)		MATERIALES		COSTO (miles de Pesos)	

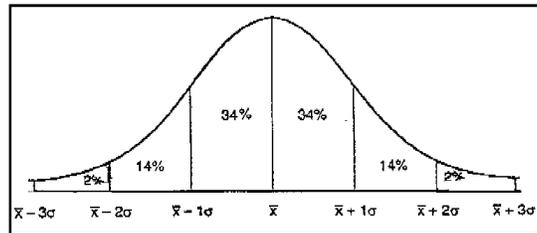
Anexo 2.2 Métodos de clasificación de datos

Anexo 2.2 Métodos de clasificación de datos

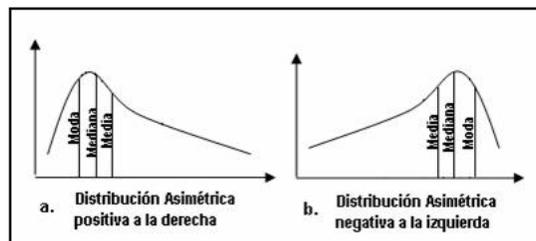
Se denomina clasificación a la división en clases (o en grupo de valores) de una serie estadística para su representación gráfica o cartográfica. La clasificación se caracteriza por conservar, lo mejor posible, la información contenida en la serie estadística, con el objetivo de transmitirla y comunicarla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

Existen 6 tipos de distribución de datos:

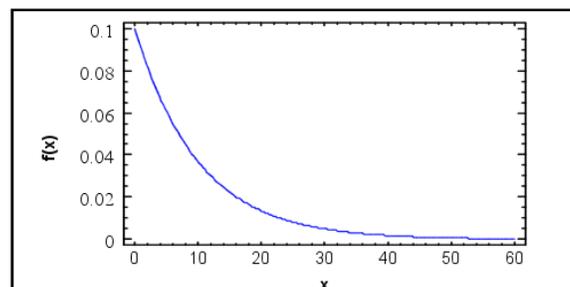
a) *Distribución normal*: concentra un gran número de valores en las clases centrales, los cuales disminuyen progresivamente a cada lado de la media



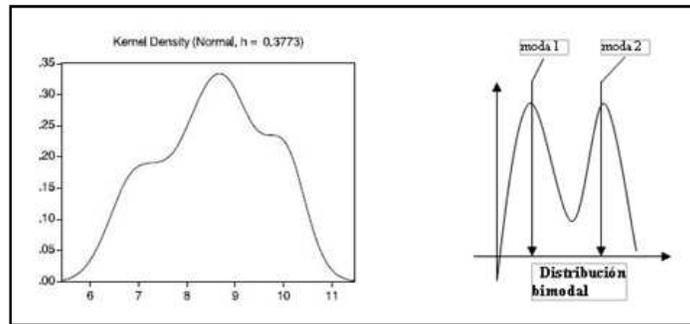
b) *Distribución asimétrica*: presenta una concentración de frecuencia acentuada en los valores extremos, bien sea altos o bajos.



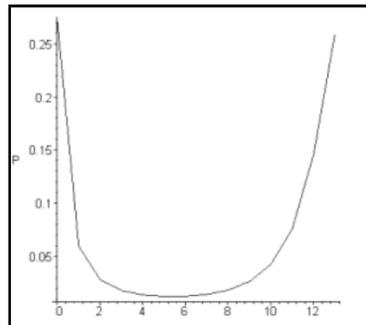
c) *Distribución exponencial y logarítmica*: revelan un aumento o disminución exponencial de frecuencias (representación de elevada de valores altos o bajos).



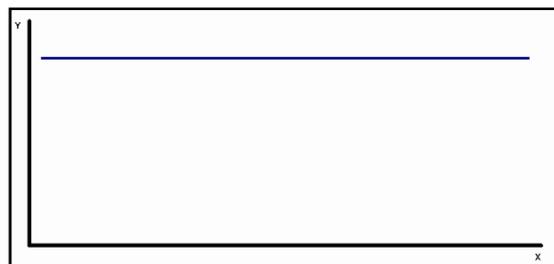
d) *Distribuciones bi-plurimodales*: Corresponden a distribuciones donde la variable está compuesta en realidad de sub-poblaciones más o menos imbricadas. En este caso, la mayor parte de los parámetros estadísticos no tienen significado ni utilidad; únicamente los gráficos permiten un correcto análisis.



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:

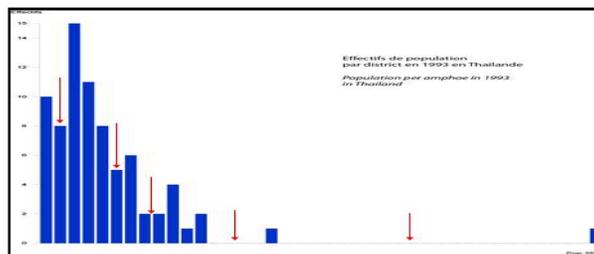
Permite tomar en cuenta las discontinuidades observables.

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:

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

1 – Cálculo de la razón R, con k, ...

2 – Cálculo de los límites de clases:

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

Ventajas e inconvenientes:

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

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

Procedimiento:

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

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

2 – Cálculo de los límites de clase:

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

Ventajas e inconvenientes:

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

Anexo 3.1. Censo para evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de afectación 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); 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).

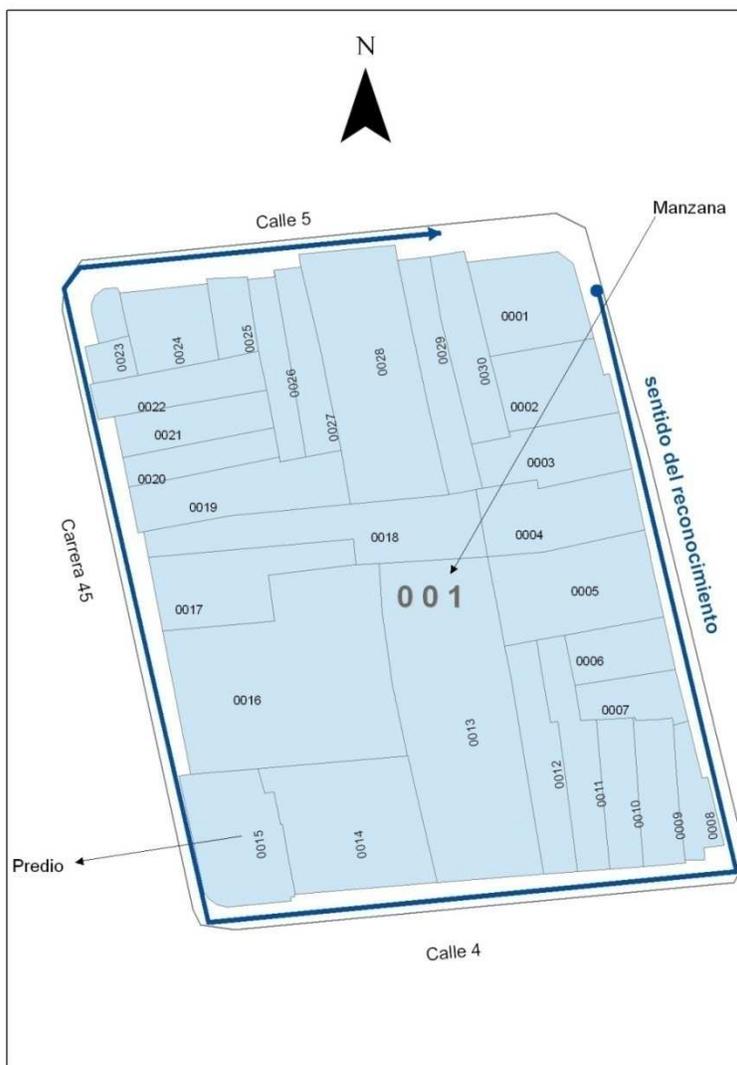


Figura 1. Esquema del recorrido y sentido del reconocimiento a nivel predial por manzana.

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.

A continuación se presentan los mapas por sectores (Figura 2,3,4,5 y 6), cada uno asignado a los miembros de la comisión de campo. 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 e nivel de peligrosidad, donde verde es bajo, amarillo es medio y rojo es alto.

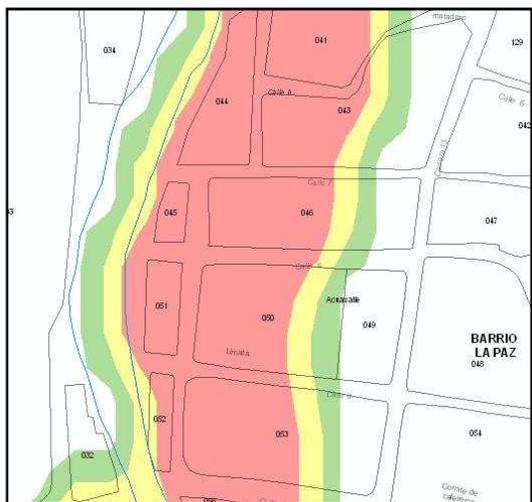


Figura 2 Sector Norte.

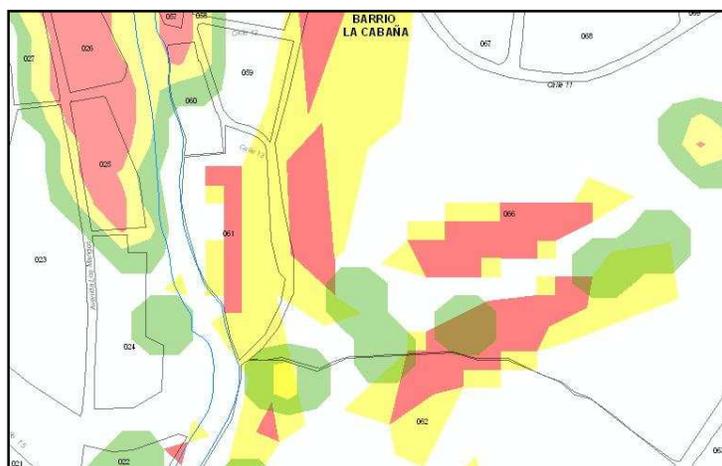


Figura 3 Sector Sureste.



Figura 7 Sector Este.

La realización de la visita de campo a la cabecera municipal de Dagua, se llevó a cabo los días 11 al 14 de marzo, 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 170 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 (ver Tabla 1), a partir de la cual se generaran los mapas de la vulnerabilidad estructural y corporal.

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

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

Contents		Preview	Metadata							
Manzana	No viv 1	Dens Hab D	Densi Hab	Itm Pisos	Avaluo	Densi Viv	Area	Itm		
001	1	26,6678119196	26,6678119196	2	5925000	6,6869529799	0,149893568229			
002	16	27,1921787742	33,5903384858	1	12117000	25,5826388463	0,625179767357			
003	23	10,5875980012	13,2344975014	1	7980000	12,1757377013	1,88900258565			
004	15	4,09883426673	6,14975140009	1	3050000	30,7487570005	0,48782459726			
005	5	19,1552209965	38,310441993	1	3754000	23,9440262457	0,208820352463			
007	14	25,7442877764	30,5713417344	1	17938000	22,5262518043	0,621497092442			
008	9	104,189159028	131,368939645	1	18827000	40,7696709242	0,220752333683			
009	19	61,5708877885	95,7769365599	2	52668000	43,3276617771	0,438518932726			
010	19	33,6347666488	53,815626638	1	19115000	42,6040377551	0,445967119577			
011	13	70,1345927685	91,9005008664	2	31197000	31,4396450333	0,413490673519			
013	3	24,5683050956	49,1366101912	2	3982000	18,4262288217	0,162811393966			
012	5	7,10293883916	7,10293883916	1	1277000	35,5146941958	0,14078679581			
017	13	162,710090341	197,576538271	1	27371000	75,5439705154	0,172065209598			
018	3	42,9008456224	54,6010762466	2	6338000	11,7002306243	0,256405202285			
019	14	55,3032489328	78,3482707382	1	36596000	32,2802291275	0,433970879273			
022	15	52,3791222527	85,1160736806	1	76609000	32,7396514079	0,45819782707			
023	3	4,90578447241	4,90578447241	2	12000000	4,90578447241	0,61152289227			
024	5	67,5331687419	90,0442249892	1	9031000	28,1388203091	0,17769046268			
025	14	49,94598217	74,9189732551	1	34503000	31,7838068355	0,440475871014			
027	0	0	0	0	0	0	0,177096326462			
029	9	41,6284660762	72,8498156334	1	24957000	31,2213495572	0,288264284781			
030	7	11,3675976828	22,7351953657	1	1435000	39,78659189	0,175938688468			
035	17	64,450866255	112,269250896	1	29814000	35,3440234302	0,480986553033			
036	12	50,4690572933	88,9216723738	1	34824000	28,8394613104	0,416096537686			
039	12	36,8854262328	65,0919286461	5	57008000	26,0367714585	0,460886635624			
040	5	3,16936388473	7,92340971183	2	14175000	7,92340971183	0,631041455869			
041	10	55,1355466883	81,2523844165	2	62010000	29,0187087202	0,3446052716			
044	16	60,1333698896	92,2045004667	1	15621000	64,1422611942	0,249445524715			
051	14	16,1954060946	23,3933643589	1	5637000	25,192553925	0,555713141579			
052	10	15,6227989659	31,2455979317	1	4527000	31,2455979317	0,32004508353			
054	64	72,4330154195	107,720894726	1	31954000	39,6214785201	1,61528550651			
055	14	1,93489168439	1,93489168439	1	1032000	27,0884835814	0,516824795966			
056	8	5,57083197034	7,42777596045	2	2789000	14,8555519209	0,538519204308			
063	38	24,1081211223	41,3282076381	2	2562000	37,884190335	0,290358587652			
008	2	773,05096343	3,4541201476	2	12223000	6,9022402382	0,288760985249			