TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA

1. MARCO CONCEPTUAL 7
1.1. INTRODUCCIÓN 8
1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 9
1.2.1. Descripción 9
1.3. FORMULACIÓN 11
1.4. OBJETIVOS 11
1.4.1. Objetivo General 11
1.4.2. Objetivos Específicos 11
1.5. JUSTIFICACIÓN 11
1.6. ANTECEDENTES 13
1.7. MARCO DE REFERENCIA 16
1.7.1. Antecedentes 16
1.7.2. Estado del Arte 18
1.8. MARCO CONCEPTUAL 19
1.8.1. Conceptualización de la Susceptibilidad por Inundación 19
1.8.2. Conceptualización de la Vulnerabilidad Global 21
1.8.3. Conceptualización del Riesgo 28
1.9. METODOLOGÍA APLICADA 28
1.9.1. Tipo de Estudio 28
1.9.2. Etapas del Estudio 29
1.9.3. Información Básica 31
1.9.4. Estudios y documentos utilizados 32
1.9.5. Software de aplicación 32
2. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 33
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 34
2.1.1. Localización del área de estudio 34
2.1.2. Población 34
2.1.3. Evolución de las zonas de invasión 36
2.1.4. Infraestructura de la Zona de Estudio 37
2.2. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 38
2.2.1. Geología 39
2.2.2. Geomorfología 39
2.3. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA 41
2.3.1. Precipitación 41
2.3.2. Fenómeno ENSO 42
2.4. HIDROLOGÍA 43
2.4.1. Generalidades de la Cuenca del Río Cauca 43
2.4.2. Mediciones Hidrométricas 43
2.5. INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS 45
2.5.1. Infraestructura de Servicios Públicos 45
2.5.1.1. Alcantarillado Sanitario 46
2.5.1.2. Alcantarillado Pluvial 46
2.5.1.3. Estaciones de Bombeo 47
2.6. ASPECTOS LEGALES ESPECÍFICOS DE LOS JARILLONES 47
2.6.1. Jarillón Floralia (Cali) 47
2.6.1.1. Tipos de posesión 49
2.6.2. Jarillón Aguablanca (Cauca) 49
2.6.2.1. Tipos de Posesión 49
2.6.2.2. Actuación Jurídica y Legal Institucional 50
2.6.3. Estado Físico del Dique 51

2.6.3.1. Alteración del Dique por Uso 52
2.6.3.2. Ataque del Dique por Actividades de Insectos 53
3. ANALISÍS DE SUSCEPTIBILIDAD DE INUNDACIÓN 54
3.1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR INUNDACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO 55
3.1.1. Características presentes en la zona de estudio 55
3.1.2. Revisión de información hidráulica relacionada con los ríos Cauca y Cali 56
3.1.3. Elementos de Drenaje del Área de Estudio 61
3.1.3.1. Sistema de Drenaje y Alcantarillado Mixto de la zona de Estudio 61
3.1.3.2. Río Cali 63
3.1.3.3. Canal Los Guaduales 63
3.1.4. Jarillones río Cauca y Cali y revisión de información geotécnica 64
3.1.4.1. Condiciones Geotécnicas de los Diques de Protección 64
3.2. DESARROLLO METODOLÓGICO 67
3.2.1. Procedimiento de análisis 67
3.2.1.1. Análisis simplificado de inundaciones 68
3.2.1.2. Identificación de áreas susceptibles y análisis de inundabilidad 68
3.2.2. Análisis Geomorfológico Multitemporal Mediante el Uso de Sensores Remotos 70
3.2.3. Zonificación de la Susceptibilidad 74
3.2.4. Interpretación de fotografías antiguas oblicuas 75
3.3. ESPACIALIZACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD 89
4. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD GLOBAL 93
4.1. DESARROLLO METODOLÓGICO 94
4.1.1. Estimación de la Fragilidad 96
4.1.2. Estimación de la Exposición 98
4.1.3. Estimación de la Resiliencia 102
4.1.4. Muestreo Estadístico del Estudio 104
4.2. DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD 104
4.2.1. Estimación de la Fragilidad 104
4.2.2. Estimación de la Exposición 126
4.2.3. Estimación de la Resiliencia 127
4.2.4. Análisis de Resultados de la Vulnerabilidad 136
5. ESTIMACIÓN DEL RIESGO Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN 139
5.1. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO 140
5.2. ESTIMACIÓN DEL RIESGO 141
5.2.1 Valoración del riesgo cuantitativo 141
5.2.2 Valoración del riesgo cualitativo 145
5.2.2.1 Propuesta conceptual y metodológica para la estimación del riesgo cualitativo 147
5.2.2.2 Resultado obtenido 148
5.3. GESTIÓN FINANCIERA DEL RIESGO 149
5.3.1. Financiamiento Ex ante 150
5.3.2. Financiamiento Ex post 151
5.3.3. Transferencia del riesgo 152
5.3.4. Retención del riesgo 152
5.3.5. Parámetros de Análisis para la Transferencia de Riesgos 153
5.4. ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO 154
5.4.1. Conocimiento del riesgo 155
5.4.2. Reducción del riesgo 156
5.4.3. Manejo del desastre 158
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 159
6.1. CONCLUSIONES 160
6.2. RECOMENDACIONES 161
7. BIBLIOGRAFÍA 164

ÍNDICE DE TABLAS

PÁGINA

TABLA 1.1 COMPONENTES DE ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD GLOBAL 23
TABLA 2.1 DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN POR SEXO, VIVIENDAS, HOGARES Y BARRIO EL SECTOR PROYECCIÓN EN 2011 36
TABLA 2.2 EVOLUCIÓN ASENTAMIENTOS DE DESARROLLO INCOMPLETO (ADI) – PROYECCIÓN 2011....36
TABLA 3.1 CRITERIOS DE IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE INUNDACIÓN....69
TABLA 3.2 NIVELES ALCANZADOS Y ÁREA AFECTADA PARA LOS EVENTOS DE INUNDACIONES 86
TABLA 3.3 PROFUNDIDAD DEL AGUA ALCANZADA SOBRE EL TERRENO ESCENARIOS 1 Y 2....89
TABLA 3.4 CATEGORIZACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE INUNDACIÓN EN PORCENTAJE 89
TABLA 3.5 CARACTERIZACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESCENARIO 1....89
TABLA 3.5 CARACTERIZACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESCENARIO 2....90
TABLA 4.1 CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS INDICADORES DE FRAGILIDAD 96
TABLA 4.2 COMPONENTE SOCIAL DE LA FRAGILIDAD 97
TABLA 4.3 COMPONENTE ECONÓMICO DE LA FRAGILIDAD....97
TABLA 4.4 COMPONENTE FÍSICO DE LA FRAGILIDAD....97
TABLA 4.5 COMPONENTE AMBIENTAL DE LA FRAGILIDAD 98
TABLA 4.6 COMPONENTE INSTITUCIONAL DE LA FRAGILIDAD....98
TABLA 4.7 CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN 101
TABLA 4.8 DATOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN....101
TABLA 4.9CALIFICACIÓN DE LA RESILIENCIA EN PORCENTAJE....103
TABLA 4.10COMPONENTE SOCIAL DE LA RESILIENCIA....104
TABLA 4.11COMPONENTE INSTITUCIONAL DE LA RESILIENCIA....104
TABLA 4.12COMPONENTE TÉCNICO DE LA RESILIENCIA 104
TABLA 4.13 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD BARRIO COMFENALCO....105
TABLA 4.14 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD BARRIO FLORALIA 106
TABLA 4.15 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD BARRIO GUADUALES 107
TABLA 4.16 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD SECTOR JARILLÓN DEL RÍO CALI 108
TABLA 4.17 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD SECTOR JARILLÓN DEL RÍO CAUCA....109
TABLA 4.18 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD BARRIO LARES DE COMFENALCO 110
TABLA 4.19 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD BARRIO OASIS DE COMFANDI 111
TABLA 4.20 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD SECTOR PASO DEL COMERCIO....112
TABLA 4.21 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD 113
TABLA 4.22ESTRATO SOCIOECONÓMICO 114
TABLA 4.23 MATERIALES PREDOMINANTES DE CONSTRUCCIÓN 114
TABLA 4.24 ACCESO A LOS SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS....114
TABLA 4.25 ESTADO FÍSICO DE LA VIVIENDA....115
TABLA 4.26 NÚMERO DE PISOS DE LA VIVIENDA....115
TABLA 4.27 ALTURA DE LA VIVIENDA EN RELACIÓN CON LA VÍA Y DISTANCIA DE LA VIVIENDA AL RÍO....117
TABLA 4.28 HABITANTES POR VIVIENDA 117
TABLA 4.29 TIEMPO DE VIVIR EN EL SECTOR 118
TABLA 4.30 LUGAR DE NACIMIENTO DE LOS HABITANTES DE LA ZONA DE ESTUDIO 119
TABLA 4.31 RÍO O CANAL QUE REPRESENTA MAYOR RIESGO 119
TABLA 4.32 ESTIMATIVO DEL NIVEL DEL AGUA POR INUNDACIÓN....120
TABLA 4.33 SERVICIO DE ACUEDUCTO....121
TABLA 4.34 DISPOSICIÓN DEL AGUA RESIDUAL 121
TABLA 4.35 DISPOSICIÓN FINAL DE BASURAS 121
TABLA 4.36 DISPOSICIÓN FINAL DE BASURAS 121
TABLA 4.37 NIVEL CONOCIMIENTO NORMATIVO 122
TABLA 4.38 RESPUESTA INSTITUCIONAL PARA LA PROBLEMÁTICA EN LA ZONA DE ESTUDIO 122
TABLA 4.39 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN ESCENARIO 1 126

TABLA 4.40 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN ESCENARIO 2 127
TABLA 4.41 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA BARRIO COMFENALCO 130
TABLA 4.42 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA BARRIO FLORALIA 130
TABLA 4.43 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA BARRIO GUADUALES 131
TABLA 4.44 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA SECTOR JARILLÓN DEL RÍO CALI 131
TABLA 4.45 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA SECTOR JARILLÓN DEL RÍO CAUCA 132
TABLA 4.46 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA BARRIO LARES DE COMFENALCO 132
TABLA 4.47 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA BARRIO OASIS DE COMFANDI 133
TABLA 4.48 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA SECTOR PASO DEL COMERCIO 133
TABLA 4.49 ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA POR BARRIO Y/O SECTOR 134
TABLA 4.50 ANÁLISIS VULNERABILIDAD – ESCENARIO NO. 1 136
TABLA 4.51 ANÁLISIS VULNERABILIDAD – ESCENARIO NO. 2 136
TABLA 5.1 EVALUACIÓN DEL VALOR COMERCIAL DE UNA VIVIENDA DEL SECTOR PROMEDIO 142
TABLA 5.2 MATERIALES DE LA VIVIENDA 143
TABLA 5.3 ALTURA DE LA VIVIENDA RESPECTO DE LA VÍA 144
TABLA 5.4 ESTADO FÍSICO DE LA VIVIENDA 144
TABLA 5.5 ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS 146
TABLA 5.6 ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DE VIVIENDAS EN EL SECTOR DE ESTUDIO PARA LOS ESCENARIOS 1 Y 2 PROPUESTOS 146
TABLA 5.7 CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN PORCENTAJE 148
TABLA 5. 8 ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RESPUESTA EN LA ZONA DE ESTUDIO 148
TABLA 5.9 ESTIMACIÓN DEL RIESGO CUALITATIVO PARA EL ESCENARIO 1 149
TABLA 5.10 ESTIMACIÓN DEL RIESGO CUALITATIVO PARA EL ESCENARIO 2 149

ÍNDICE DE FIGURAS

PÁGINA

FIGURA1.1. ESQUEMA DE ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD 22
FIGURA 1.2. ESQUEMA DEL PROCESO METODOLÓGICO 29
FIGURA 2.1 FOTO AÉREA DE LA ZONA DE ESTUDIO TOMADA DE GOOGLE EARTH 34
FIGURA 2.2 ESTACIONES HIDROCLIMATOLOGICAS DE LA CVC CUENCARÍO CALI 44
FIGURA 3.1 PLATAFORMA IDESC HTTP://IDESC.CALI.GOV.CO/ 55
FIGURA 3.2 DESBORDAMIENTO DE DIQUE PARA PERÍODOS DE RETORNO TR=30 Y TR =100 AÑOS. PROTOTIPO 2 60
FIGURA 3.3 ROTURA SOBRE EL DIQUE DERECHO DEL RÍO CALI EN EL K2+520, TR 30 Y 100 AÑOS 60
FIGURA 4.1 SISTEMA DE VULNERABILIDAD, ADAPTADA (BALICA, 2007) 95
FIGURA 4.2 ESQUEMA DE ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD 99
FIGURA 4.3 ESQUEMA PROCEDIMIENTO ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN 102
153
FIGURA 5.1. ELEMENTOS PARA LA TRANSFERENCIA DEL RIESGO 153

ÍNDICE DE GRÁFICAS

PÁGINA

GRÁFICA 2.1 COMPORTAMIENTO ADI – PROYECCIÓN 2011 36
GRÁFICA 2.2 PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL MULTIANUAL – ESTACIÓN PLANTA RÍO CAUCA 41
GRÁFICA 2.3 MAPA DE ANOMALÍAS DE TEMPERATURA EN ºC 42
GRÁFICA 2.4 FASES DEL CICLO ENSO 42
GRÁFICA 2.5 CURVA DE DURACIÓN DE CAUDALES DIARIOSEN EL RÍO CAUCA, ESTACIÓN JUANCHITO (1934 – 2010) 44

GRÁFICA 2.6 CAUDALES MEDIOS ANUALES EN EL RÍO CAUCA – ESTACIÓN JUANCHITO (1934 – 2010)..... 45
FUENTE: BOLETÍN ANUAL HIDROCLIMATOLÓGICO, CVC (2010) 45
GRÁFICA 2.7 SERIE EXCEDENCIA ANUALES EN EL RÍO CAUCA – ESTACIÓN JUANCHITO (1934–2010) 45
GRÁFICA 3.1 PERFIL HIDRÁULICO RIO CALI ENTRE LA CALLE 26 Y SU ENTREGA AL RÍO CAUCA, CONDICIÓN SIN CONTROL POR NIVELES DEL RÍO CAUCA, SITUACIÓN ACTUAL. 58
GRÁFICA 3.2 PERFIL HIDRÁULICO RIO CALI ENTRE LA CALLE 26 Y SU ENTREGA AL RÍO CAUCA, CONDICIÓN SIN CONTROL POR NIVELES DEL RÍO CAUCA, SITUACIÓN CON RECAVA. 58
GRÁFICA 3.3 PERFIL LONGITUDINAL RÍO CALI – ESCENARIO 2: GEOMETRÍA ACTUAL CON PUENTES. 59
GRÁFICA 4.1 FUNCIONES DE VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES 100
GRAFICO 4.2 EJEMPLO DE FUNCIONES DE VULNERABILIDAD PARA ESTRUCTURAS DE VARIOS NIVELES O PISOS 101
GRAFICO 4.3 ESTRATO SOCIOECONÓMICO 113
GRAFICO 4.4 PORCENTAJE POR ESTRATO SOCIOECONÓMICO..... 113
GRÁFICA 4.5 MATERIAL PAREDES DE LA VIVIENDA 114
GRÁFICA 4.6 SERVICIOS PÚBLICOS A LOS QUE TIENE ACCESO EL PREDIO..... 115
GRÁFICA 4.7 ESTADO FÍSICO DE LA VIVIENDA 115
GRÁFICA 4.8 NÚMERO DE PISOS DE LA VIVIENDA..... 116
GRÁFICA 4.9 NÚMERO DE PERSONAS QUE HABITAN LA VIVIENDA..... 117
GRÁFICA 4.10 TIEMPO DE VIVIR EN LA VIVIENDA 118
GRÁFICA 4.11LUGAR DE NACIMIENTO DE LOS HABITANTES DE LA ZONA DE ESTUDIO..... 119
GRÁFICA 4.12 RÍO O CANAL QUE REPRESENTA MAYOR RIESGO 120
GRÁFICA 4.13 ESTIMATIVO DEL NIVEL DEL AGUA POR INUNDACIÓN..... 120
GRÁFICA 4.14NIVEL DE CONOCIMIENTO DE LAS NORMAS Y PAUTAS PARA PRESERVAR LOS RÍOS 122
GRÁFICA 4.15 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD POR SECTOR..... 124
GRÁFICA 4.16 PORCENTAJE DE EXPOSICIÓN POR BARRIO - ESCENARIO 1 126
GRÁFICA 4.17 PORCENTAJE DE EXPOSICIÓN POR BARRIO - ESCENARIO 2 127
GRÁFICA 4.18 PORCENTAJE DE RESILIENCIA POR BARRIO 134
GRÁFICA 4.19 PORCENTAJE DE EXPOSICIÓN POR BARRIO - ESCENARIO 1 137
GRÁFICA 4.20 PORCENTAJE DE EXPOSICIÓN POR BARRIO – ESCENARIO 2 137
GRAFICA 5.1 MATERIALES DE LA VIVIENDA..... 143
GRÁFICA 5.2 ALTURA DE LA VIVIENDA RESPECTO DE LA VÍA..... 144
GRÁFICA 5.3 ESTADO FÍSICO DE LA VIVIENDA 145
GRÁFICA 5.4 CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LA ZONA DE ESTUDIO 148

ÍNDICE DE FOTOS

PÁGINA

REGISTRO FOTOGRÁFICO 1.1 CRECIMIENTO ASENTAMIENTOS DE DESARROLLO INCOMPLETOS..... 13
REGISTRO FOTOGRÁFICO 2.1 ASPECTO DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO DE LA CVC, AÑO 2006..... 37
REGISTRO FOTOGRÁFICO 2.2 ASPECTO DE LA ESTACIÓN DE MONITOREO DE LA CVC, AÑO 2009..... 37
REGISTRO FOTOGRÁFICO 2.3 CRECIMIENTO DE LOS ADI EN LA ZONA DE ESTUDIO..... 37
REGISTRO FOTOGRÁFICO 2.4 INFRAESTRUCTURA INSTITUCIONAL Y DE SERVICIOS..... 38
REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.1 VISTA PARCIAL DEL PONDAJE DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO FLORALIA 62
REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.2 FOTO AÉREA IGAC VUELO R-374 FOTO 18, FECHA: FEBRERO 11 DE 1957. 72
REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.4 FOTO AÉREA IGAC VUELO C2249 FOTO 065, FECHA: 1986..... 73
REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.3 FOTO AÉREA IGAC VUELO 1262..... 73
FOTO 259, FECHA: 1969 73
REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.5 LLANURA DE INUNDACIÓN ZONA NORTE DE LA COMUNA 6. 76
REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.6 LLANURA DE INUNDACIÓN ZONA NORTE DE LA COMUNA 6. 77
(TOMADA DESDE EL ORIENTE, DICIEMBRE DE 1966)..... 77
FUENTE: CVC 77
REGISTRÓ FOTOGRÁFICO 3.7 LLANURA DE INUNDACIÓN ZONA NORTE DE LA COMUNA 6. 78

REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.8 LLANURA DE INUNDACIÓN DE LA COMUNA 6 Y MUNICIPIO DE YUMBO..... 79
REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.9 LLANURA DE INUNDACIÓN ZONA NORTE DE LA COMUNA 6 Y MUNICIPIO DE YUMBO..... 80
REGISTRO FOTOGRÁFICO 4.1 TIPOLOGÍA DE LA VIVIENDA EN LOS SECTORES DE ESTUDIO..... 116
REGISTRO FOTOGRÁFICO 4.2 DÍA DE APLICACIÓN DE LA ENCUESTA. TOMADO EN ENERO DE 2012..... 118
REGISTRO FOTOGRÁFICO 4.3 DÍA DE APLICACIÓN DE LA ENCUESTA. TOMADO EN ENERO DE 2012..... 118

ÍNDICE DE MAPAS

PÁGINA

Mapa 2.1. Localización de la Zona de Estudio…… 35
Mapa 3.1 y 3.2 Áreas afectadas por inundación en el sector de estudio, en los años 1950 y 1960…… 81
Mapa 3.3 y 3.4 Áreas afectadas por inundación en el sector de estudio, en los años 1966 y 1971 ….. 82
Mapa 3.5 y 3.6 Áreas afectadas por inundación en el sector de estudio, en los años 1975 y 1984 ….. 83
Mapa 3.7 Áreas afectadas por inundación en el sector de estudio, en el año 2010 …….. 84
Mapa 3.8 inundación PLEC zona de estudio …….. 88
Mapa 3.9 inundación POT zona de estudio …… 88
Mapa 3.10. Mapa de Susceptibilidad por Inundación – Escenario No. 1 ……... 91
Mapa 3.11. Mapa de Susceptibilidad por Inundación – Escenario No. 2 ……... 92
Mapa 4.1. Mapa de Fragilidad ante Inundación en la zona de estudio ……... 125
Mapa 4.2. Mapa de Exposición a Inundación – Escenario No. 1 ……... 128
Mapa 4.3. Mapa de Exposición a Inundación – Escenario No. 2 ……... 129
Mapa 4.4. Mapa de Resiliencia ……... 135

ANEXOS

ANEXO 3.1 REPORTES HISTORICOS INUNDACIONES 2010 - 2011
ANEXO 4.1 FICHA TÉCNICA MUESTREO ESTADISTICO
ANEXO 4.2: ENCUESTA APLICADA

"El agua es la base del desarrollo humano sostenible; el desarrollo humano, sin suministro adecuado de agua de calidad aceptable, se ahoga". 1er Informe del PMEA 2005.

Capítulo 1

1.MARCO CONCEPTUAL

Fotografía de la Fuerza Aérea Colombiana, Diciembre de 2010

1.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de los riesgos ha prestado, de forma preferente, una atención notable a la evaluación de los peligros de origen natural, para conocer y modelar su comportamiento con el objeto de diseñar las medidas estructurales para contrarrestar sus efectos. Así se reforzó la perspectiva de la gestión reactiva de los riesgos, tomando la gestión de la emergencia como elemento central. En las últimas décadas, sin embargo, el análisis del riesgo ha desarrollado enfoques sistémicos, donde se prima el aspecto social (vulnerabilidad) y la conceptualización de los componentes del riesgo, dado que se había llegado al límite en la capacidad de reducir el impacto de los desastres.

Se pasa del estudio de los desastres al estudio de los riesgos, de las políticas reactivas a las políticas proactivas. En definitiva se advierte que el comportamiento de individuos y sociedades, derivado en principio de cómo perciben las características ambientales de su entorno, pero también de sus características sociales y económicas, determina que muestren diferentes grados de vulnerabilidad ante aquellos acontecimientos naturales cuya naturaleza supone en algún modo una agresión a la vida y a los recursos humanos. Esta disposición, es decir, la mayor o menor facilidad con que una sociedad pierde todo ó parte de su bienestar adquirido, es el resultado de lo que se denomina vulnerabilidad. Sin embargo, el esfuerzo dedicado a la conceptualización de la vulnerabilidad descuida el concepto de exposición, componente fundamental del riesgo. Así es necesario también prestar atención a las causas primarias, antesala de la vulnerabilidad.

En la actualidad, el modelo de riesgo PRESIÓN-REDUCCIÓN, propuesto por Ben Wisner y otros en 2005, se estima como un buen marco general en el que se sitúa el estudio del peligro y la vulnerabilidad y la gestión del riesgo.

Lo anterior se ve reflejado en la intención de actualizar el marco normativo colombiano en términos de la estructura del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres a partir de la Ley 1523 de 2012, el cual tomó una connotación especial por la recurrencia de la ola invernal en el país.

La planificación territorial, entendida en el sentido amplio de las distintas escalas de la intervención, es clave para la mitigación, ya que puede evitar la exposición y la necesidad de aplicar las consiguientes políticas de reducción de la vulnerabilidad y de relocalización de las actividades y la población. Este punto de vista facilita el diseño de políticas integradas que interrelacionan las políticas sectoriales, de modo que aumenta la eficiencia en la implantación de los planes y proyectos. La ordenación del territorio se presenta como la mejor estrategia disponible para la gestión de los recursos naturales, incluyendo el suelo, de garantizar un modo de vida sostenible, mitigar el riesgo derivado de los peligros naturales y de adaptarse a los multiriesgos, donde se combinan varios peligros y vulnerabilidades, se suma a la necesidad de planificar de forma distinta para cada peligro, adaptándose a las dimensiones del mismo y las interacciones con los componentes de la vulnerabilidad.

De ahí la importancia de que el Plan de Ordenamiento Territorial de Santiago de Cali se actualice o reformule, dando respuesta a la mitigación de la vulnerabilidad en términos globales, teniendo en cuenta el hecho de que el riesgo ha aumentado en las últimos lustros y no porque haya ocurrido un incremento de la peligrosidad (aspecto de momento no demostrado), sino porque es mayor el grado de ocupación de territorios en riesgo (como la ladera y las zonas de protección de los ríos y quebradas).

Interesa, entonces, conocer el volumen de población, las actividades económicas, las infraestructuras y los servicios que hay en un territorio para poder valorar, en sentido pleno, el grado de riesgo frente a episodios extremos, análisis que se propone desarrollar sobre amenaza, vulnerabilidad y riesgo de inundación a partir del siguiente estudio.

1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Descripción

En el sector de Floralia existen diques marginales de protección de las inundaciones que ocurrirían por los desbordamientos de los ríos Cauca y Cali durante las crecientes. No obstante, estos diques o Jarillones vienen siendo afectados por diversas intervenciones naturales y antrópicas

Con base en el conocimiento y la documentación que se tiene del sector se puede afirmar que entre las principales intervenciones o afectaciones identificadas están:

- Asentamientos humanos con desarrollo incompleto sobre la corona de los Jarillones y bermas (franja protectora) de los ríos Cauca y Cali, específicamente en la zona de estudio, corresponde a la Comuna 6.
- Disposición de escombros sobre la berma y la corona de los Jarillones.
- Presencia de colonias de hormiga arriera en la estructura del Jarillón.
- Presencia de árboles de gran tamaño (vivos y en estado de descomposición), los cuales pueden generar efecto de tubificación por raíces en el núcleo de la estructura de tierra.
- Explotación desmedida de materiales del lecho del río Cauca.
- Efectos de erosión lateral por la acción hidráulica natural de los ríos.
- Disposición de escombros sobre la franja derecha del río en los municipios de Candelaria, Palmira y Yumbo que han generado daños simétricos en la margen izquierda del río Cauca y derecha del río Cali.
- Tuberías de aguas pluviales de EMCALI EICE E.S.P., que atraviesan el dique.

Durante los últimos años y debido a los fenómenos naturales como el tsunami de El Charco, Nariño, en 1979, y fenómenos sociales por desplazamientos de población rural, se propició la conformación de asentamientos subnormales en el municipio de Santiago de Cali, esto como producto de la ausencia de gobernabilidad y gobernanza del sector público institucional en sectores marginales y con restricciones ambientales como zonas de ladera y los 17 kilómetros del Jarillón río Cauca.

Debido a que en la berma del Jarillón existen asentamientos humanos con desarrollo incompleto, se ha generado la necesidad de construir infraestructura artesanal de vías sobre la corona y rampas de acceso al lado húmedo, igualmente en la construcción de viviendas se dispone previamente de escombros en la berma para su edificación; se identifica, también, la presencia de árboles sobre la estructura y el impacto de la hormiga arriera que se alimenta de éstos, lo que globalmente genera la pérdida de la sección inicial del dique, reduciendo su capacidad mecánica para soportar presiones de las cargas de agua ante las crecientes del río Cauca como de las cargas por movimientos sísmicos, o peor aún ante la combinación de estos dos factores.

QUE PUEDE ACONTECER: El riesgo de desastre por inundación puede ser provocado por la rotura del dique en una zona frágil, por subsidencia de las cavernas de la hormiga arriera o por tubificación en los túneles que comunican las cavernas que atraviesan el Jarillón o por susceptibilidad al corrimiento lateral del dique inducido por un sismo en temporada invernal, fenómeno presentado en suelos con alto potencial de licuación como los presentes en la llanura aluvial del río Cauca.

El posible desastre puede ser de iguales proporciones o superior al originado por el Huracán Katrina en New Orleans, entre otras cosas por los pocos recursos que poseen la ciudad y el país para enfrentar este tipo de calamidades; la población asentada en la llanura de inundación del río Cauca (en los sitios con las cotas más bajas) asciende aproximadamente a ochocientos mil habitantes, entre las comunas 6, 7, 13, 14, 15 y 21 y el corregimiento de Navarro.

Es importante subrayar que un colapso del Jarillón implicaría la suspensión del servicio de tratamiento del agua potable procedente de las plantas de Puerto Mallarino y río Cauca que abastecen al 76% de la ciudad, descompensando la presurización del sistema de la red distribución de agua potable de toda la ciudad, situación que sería amplificada por el represamiento de toda la red de drenajes sanitarios y pluviales y canales con agua mixta de la ciudad, lo que generaría un desastre de proporciones mayores al inicialmente esbozado, con implicaciones en la salud pública, la economía y productividad local y regional, la educación, la cultura, entre otros aspectos.

Además se afectaría infraestructura vital para la ciudad:

- Estación de Bombeo de Floralia.
- Subestaciones eléctricas correspondientes al anillo de 110 Kilovoltios de Juanchito y San Luís.
- Centros Médicos y Escuelas Públicas y Privadas.
- Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Cañaveralejo y toda la red de canales pluviales del oriente del municipio de Santiago de Cali.

APORTE AL TRATAMIENTO DEL PROBLEMA: La propuesta de trabajo consiste en analizar el riesgo por inundación, lo cual incluye determinar la susceptibilidad por inundación, caracterizar la vulnerabilidad y estimar las pérdidas asociadas a la inundación.

Todo esto, como herramienta que aporta al análisis de la situación presente en esta zona de la ciudad.

DONDE Y CUÁNDO SE PRESENTA: Este problema se presenta en 27 Kilómetros que conforman el anillo oriental de protección que salvaguarda las Comunas 6, 7, 21, 16 y Corregimiento de Navarro del Municipio Santiago de Cali, Valle del Cauca; para este estudio, el análisis se centra en 4,5 Kilómetros.

Situación que se presenta en los periodos de lluvias anuales correspondiente a los meses Marzo - Mayo y Septiembre – Noviembre, estos periodos se caracterizan por el aumento en las precipitaciones, los cuales se pueden amplificar en los años donde se presente el Fenómeno de la Niña, como ocurrió en los años 2010 y 2011; Igualmente por estar en una zona amenaza sísmica alta, tal como concluye el Estudio de Microzonificación Sísmica del año 2005.

1.3. FORMULACIÓN

¿Cuál es el riesgo de la población asentada sobre la berma y planicie de inundación de los Jarillones de los ríos Cauca y Cali, sector de Floralia frente a la susceptibilidad por inundación?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

Analizar el riesgo por inundación en viviendas en el sector comprendido entre el Puente Paso del Comercio y la desembocadura del río Cali al río Cauca, municipio Santiago de Cali, Colombia y plantear elementos para su mitigación.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la susceptibilidad a las inundaciones en la zona de análisis.
- Determinar la vulnerabilidad en la zona de estudio.
- Estimar el riesgo por inundación en viviendas en la zona de estudio.
- Proponer estrategias para la mitigación del riesgo por inundación en la zona de estudio.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Tanto la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible realizada en Johannesburgo en el 2002 como el Tercer Foro Mundial del Agua que tuvo lugar en marzo de 2003 en Japón, resaltan los riesgos de la escasez de agua en las próximas décadas y la urgente necesidad de tomar acciones en todos los niveles: local, nacional, regional y global. El punto de partida es lo que se conoce como la Gestión Integrada de Recursos Hídricos - GIRH. Esto significa el reconocimiento de la importancia del agua como un recurso estratégico, con usos múltiples: para el consumo humano, la agricultura, la industria, el mantenimiento de la

salud y la limpieza de las comunidades y las ciudades. La GIRH requiere un nuevo enfoque en todas las partes de la planeación y la política, en las cuales el agua es utilizada sosteniblemente.

Los procesos de urbanización ocurridos en el mundo han producido importantes impactos ambientales. Actualmente, se ha convertido la problemática de las inundaciones de ríos, incrementada por el escurrimiento de los drenajes pluviales urbanos, en un riesgo ambiental en continuo aumento. Estos problemas no han podido ser solucionados con obras estructurales. Se verifica que nuevos problemas aparecen a un ritmo mayor que la generación de soluciones. Por lo tanto acciones de tipo no estructurales son necesarias, como el control de uso y ocupación del suelo en zonas con riesgo de inundación y la base técnica de estas soluciones es la construcción y análisis de la gestión del riesgo.

En el caso particular del presente estudio, el sector del Jarillón del río Cauca se encuentra localizado en una zona habilitada como estructura de contención, para prevenir y mitigar inundaciones del río a su paso por la ciudad.

Unos de los principales objetivos para la construcción del Jarillón por parte de la CVC en los años 50 fue el desarrollo del Proyecto Aguablanca, el cual consistió en la construcción de obras hidráulicas para mitigación de inundaciones en la ciudad de Cali, llevando a cabo actividades como:

- Dique (Jarillón) margen izquierda del río Cauca (15 Km.).
- Canal interceptor sur de los ríos Lilí, Meléndez y Cañaveralejo.
- Laguna de regulación El Pondaje y Charco Azul.
- Obras auxiliares (pequeños diques, puentes, etc.).
- Llenado de la represa Salvajina en el Cauca (1985).

La problemática de ocupación gradual de los Jarillones del sector de Floralia durante los últimos años incrementó el riesgo de inundación, lo que se sumó a factores de tipo ambiental (alta contaminación) y social (condiciones de marginalidad y pobreza), circunstancia que obligó a estudiar fórmulas de reubicación para los habitantes del sector.

Las instituciones de carácter público y privado que trabajan en temas ambientales y de servicios públicos en la ciudad de Cali saben perfectamente la importancia del Jarillón del río Cauca, su trascendencia en la vida económica y en el mejoramiento de la calidad de vida de los caleños.

De acuerdo con inspecciones visuales y documentadas gráficamente a través de los años por la CVC, el DAGMA y, en general, las diferentes instituciones de la Alcaldía Municipal y comparadas con las actuales, el río Cauca ha ido cambiando drásticamente de curso en el sector aguas arriba de las captaciones de las plantas de potabilización, erosionando de manera preocupante la margen izquierda, con el riesgo de que este cambio en la dinámica del río en periodos de crecientes pueda romper el Jarillón. Un hecho que lo agrava es que en los últimos dos (2) años se han asentado en este sector crítico y sobre la cresta del Jarillón, cientos de “ranchos”, utilizando, además, los escombros de la ciudad para

reconformar, generando inestabilidad, al modificar las cotas de protección y al estarse produciendo evacuación irregular de aguas residuales que lavan, contaminan y afectan el suelo y el subsuelo.

Los asentamientos precarios se generan como resultado de la representación de la desigualdad social, de las migraciones del campo a la ciudad, de la falta de alternativas económicas, de la carencia de una adecuada planeación de la ciudad y, por ende a la falta de unas adecuadas políticas locales, regionales y nacionales, entre otros factores. En el registro fotográfico 1.1 se muestra el crecimiento de los asentamientos de desarrollo incompleto sobre el jarillón del río Cauca y se aprecian los impactos por residuos sólidos que propician.



Construcción de Vivienda Menesterosa sobre el terraplén del Jarillón.



Disposición inadecuada de Residuos Sólidos y Presencia de Semovientes (caballos) que viven sobre el Jarillón.

Registro Fotográfico 1.1 Crecimiento Asentamientos de Desarrollo Incompletos

1.6. ANTECEDENTES

Las políticas sobre el territorio y los instrumentos de gestión del riesgo están en la base de las estrategias para reducir la vulnerabilidad que se viene presentando desde las décadas finales del siglo pasado.

En el marco de "Hyogo para la acción 2005-2025", elaborado a instancias de Internacional Strategy for Disaster Reduction (ISDR), sitúa a la resiliencia como el paradigma de la estrategia para reducir la vulnerabilidad a los riesgos asociados a amenazas socio-naturales. Se identifican una serie de prioridades, entre las que se encuentra la adopción de una perspectiva integrada y sistemática, que incluye el desarrollo sostenible y la gobernanza, y demandando más innovación en la elaboración de instrumentos apropiados para la gestión del riesgo. Particularmente, la cuarta prioridad reclama la adopción de mejores prácticas en los usos del suelo y la gestión ambiental integrada.

La Agenda 21 (1992) incluye en el Capítulo 7 áreas programáticas que promueven la planificación territorial sostenible, particularmente en la ocupación de áreas expuestas a amenazas naturales. La Agenda Hábitat (1976) reconoce la naturaleza multidimensional de los problemas ambientales, de modo que las políticas de vivienda deben ir asociadas a la sostenibilidad, proponiendo acciones de gestión integradas y sistemáticas, y reconoce el papel clave de la planificación local en la gestión eficiente de los usos del suelo, teniendo

en cuenta la evaluación del riesgo y la promoción de la conciencia sobre el riesgo. Además, propone abordar el problema de forma coordinada, de modo que el crecimiento urbano se inserte en el contexto del sistema regional de ciudades como forma para entender los nuevos desafíos.

Leyes de Indias, fueron editadas por primera vez en el año de 1690, bajo las órdenes de Su Majestad Carlos II de España. El conjunto se compone de cuatro tomos, con un total de ocho libros. Cada uno de estos libros contiene diferentes Títulos (un total de 218) que encierran las Leyes. Titulo 5, Libro I, que las tierras y provincias que se eligen para poblar tengan las calidades que se declara.

Ley 46 de 1988, Por lo cual se crea y organiza el Sistema Nacional para la prevención y atención de Desastres, se otorga facultades extraordinarias al Presidente de la República y se dictan otras disposiciones.

Decreto 919 de 1989, Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la prevención y atención de desastres y se dictan otras disposiciones.

Constitución Política de Colombia de 1991.

Ley 99 de 1993, Por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del Medio Ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones.

Decreto 969 de 1995, Por el cual se organiza y reglamenta la Red Nacional de Centros de Reserva para la atención de emergencias.

Decreto 2190 de 1995, Por el cual se ordena la elaboración y desarrollo del Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias nocivas en aguas marinas, fluviales y lacustres.

Ley 322 de 1996, Por el cual se crea el Sistema Nacional de Bomberos de Colombia y se dictan otras disposiciones.

Ley 400 de 1997, Por el cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes.

Decreto 2378 de 1997, Por el cual se reglamenta el artículo 35 de la Ley 344 de 1996, el artículo 7 del Decreto Extraordinario 1547 de 1984 y se regula parcialmente la Organización y el funcionamiento del Fondo Nacional de Calamidades y de su junta consultora en materia presupuestal**.**

Ley 388 de 1997, Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajustan a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como la protección del medio ambiente y la prevención de desastres**.**

Decreto 879 de 1998. Por el cual se reglamentan las disposiciones referentes al ordenamiento del territorio municipal y distrital y a los planes de ordenamiento territorial.

Decreto 093 de 1998, Por el cual se adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres**.**

Decreto 312 de 1999, Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas**.**

Ley 507 de 1999, Por el cual se modifica la Ley 388 de 1997 prorrogando el plazo máximo establecido en el artículo 23 de la Ley 388/97 para que los municipios y distritos formulen y adopten los planes y esquemas de ordenamiento territorial (POT) hasta el 31 de Diciembre de 1999**.**

Ley 546 de 1999, Dictan normas en materia de vivienda, se señalan los objetivos y criterios generales a los cuales debe sujetarse el Gobierno Nacional para regular un sistema especializado para su financiación**.**

Ley 563 de 2000, Reglamento Veedurías Ciudadanas**.**

Ley 614 de 2000, Se adiciona a la Ley 388/97 y se crean los Comités de integración territorial para la adopción del Plan de Ordenamiento Territorial – POT.

Decreto CONPES 3146 de 2001, Estrategia para consolidar la ejecución del Plan Nacional para la prevención y atención de desastres – PNPAD.

Ley 715 de 2001, Por el cual se dictan normas orgánicas en material de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud entre otros.

Guía para la Orientar las acciones e inversiones en Gestión Local del Riesgo a nivel Municipal, Dirección de Desarrollo Urbano y Política Ambiental. Programa para la Reducción de la vulnerabilidad fiscal del Estado ante desastres Naturales. 2005

Norma Técnica Colombiana 5254 de 2006. Gestión del Riesgo

Decreto 4147 de 2011, Por medio del cual se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, se establece su objeto y estructura, Presidencia de la República de Colombia. Bogotá D.C. 2011.

Ley 1454 de 2011, Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se modifican otras disposiciones.

Decreto 1640 de 2012, Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.

Ley 1523 de 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones, Presidencia de la República de Colombia. Bogotá D.C. 2012.

1.7. MARCO DE REFERENCIA

1.7.1. Antecedentes

Como antecedente se documenta que las crecidas del río Cauca y sus tributarios inundaban el valle geográfico periódicamente, situación que ha amplificado la vulnerabilidad por la exposición de la población que hoy se asienta en las áreas de antiguos desbordamientos y por la incidencia directa que tiene el cambio climático, la deforestación de la cuenca del río y de sus tributarios y de fenómenos como el de La Niña. Las inundaciones más representativas se generaron en los años 1938 y 1950, los relatos y registros fotográficos evidencian que las aguas llegaron hasta la iglesia de El Templete. Estas condiciones, la afectación de la agricultura del Valle del Cauca, la ausencia de infraestructura de energía y el limitado conocimiento en la ingeniería agrícola, condujeron a la creación de la actual Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC.

Seguidamente se realizaron planes para la adecuación de las tierras, donde se propuso la realización de obras hidráulicas que permitieran el control de las inundaciones; el drenaje de las aguas en áreas con deficientes desagües naturales y/o altos niveles freáticos, entre las obras se destaca la construcción del Jarillón sobre el río Cauca en la ciudad de Cali con una longitud inicial de 15 kilómetros entre los años 1958 y 1961 posteriormente se incrementa el Jarillón a 17 kilómetros para mitigar el riesgo de inundaciones de una en cien años y un borde libre de un metro más; además de esta obra se implementaron otros Jarillones en el Valle del Cauca sobre otros ríos tributarios, canales de desagües, puentes y la represa de Salvajina.

En los años 70`s las inundaciones generaron nuevamente estragos en los municipios de Palmira, Candelaria y los hoy barrios Floralia y Comfenalco del municipio de Santiago de Cali. Cabe mencionar que para esta época no se contaba aún con la Represa Salvajina, construida en los años 80`s.

La declaratoria de Emergencia Nacional, por la ola invernal de finales del año 2010, amplificada por el fenómeno de la Niña, pone de manifiesto que la represa de Salvajina por sí sola no puede regular los niveles de río aguas abajo, debido a que los tributarios transportan más agua, con niveles que han superado los máximos documentados, como consecuencia de la deforestación indiscriminada de las cuencas en general, situación que pone en alto riesgo la estabilidad del Jarillón.

Los procesos migratorios acontecidos por fenómenos naturales, como el tsunami en El Charco, Nariño en el año 1979, y los procesos de desplazamiento forzado por la violencia han desencadenado asentamientos humanos con desarrollo incompleto en el oriente de la ciudad; A lo largo del Jarillón río Cauca se han asentado sobre la estructura y la berma

aproximadamente 4196 familias (CMGRD, 2012), con diversidad de actividades de sustento, las cuales van desde la explotación desmedida de arena que han generado problemas de erosión marginal, hasta porcicultura, igualmente en el sector de Floralia y Comfenalco se identifican actividades industriales tecnificadas.

Estos asentamientos con desarrollo incompleto han generado un cambio de vocación en la estructura del Jarillón, el cual fue construido inicialmente con la finalidad de proteger y mejorar áreas cultivables y que hoy en día se ha convertido en un elemento de infraestructura para la protección de la población asentada en el oriente del municipio, correspondiente aproximadamente a ochocientos mil habitantes.

Esta estructura de protección de tanta importancia para la ciudad en 50 años de servicio ha contado con diversos estudios y pocas intervenciones y mantenimientos entre los cuales se destacan:

- La intervención realizada por la CVC en el año 2000 en virtud de la evidente afectación del dique por la hormiga arriera, en donde se realizó un proyecto piloto con alcance parcial, tanto para el control biológico del insecto como del taponamiento de las cavernas.
- En el año 2005 Planeación Municipal, a través de la firma Hidrooccidente Ltda., realizó estudios de la condición de estabilidad y del grado de protección que ofrecía en el dique el área con Régimen Diferido de Navarro, incluyendo la evolución del estado de la obra por la afectación de la hormiga.
- La CVC en el año 2006 realizó un parque de 1 Km. de longitud para evitar la invasión del Jarillón, previa reubicación del asentamiento Villa Moscas, el cual fue reubicado por el Municipio de Santiago de Cali y relocalizado en Potrero Grande.
- El DAGMA reconformó la sección del Jarillón con empradización de taludes entre el año 2007 y 2008 de 5,5 Km. de Jarillón, realizó el levantamiento topográfico y control de la hormiga arriera de los 17 Km. de longitud, igualmente realizó el estudio geotécnico de 10 Km. del mismo, reforzó el subsuelo con inyecciones de mortero seco las bolsas sueltas de arena encontradas en el estudio, parte de las cavernas visibles se llenaron con arcillas plásticas.
- El DAGMA, realizó en el año 2011 y 2012 el reforzamiento puntos críticos del Jarillón y los estudios de geotecnia y modelación.
- EG-396-97 PTAR Cañaveralejo y Puerto Mallarino, Estabilización de cavernas en el dique Marginal del Jarillón.
- El estudio del diagnóstico del Jarillón de Aguablanca y el sistema de drenaje oriental de la ciudad de Cali (OSSO, 2013), ha permitido ampliar la visión del análisis hidráulico del comportamiento del río Cauca entre el canal interceptor sur y el río Cali, cuyos aportes consolidan la estrategia para la recuperación y manejo del dique están consignadas en el Plan Jarillón, Aguablanca y Obras Complementarias – PJAOC, con el cual se pretende implementar acciones correctivas en los diques del anillo de protección del oriente de Santiago de Cali, financiado con recursos del Fondo de Adaptación.

1.7.2. Estado del Arte

A continuación se presentan estudios técnicos elaborados por las instituciones como el DAGMA, la CVC y EMCALI EICE E.S.P., que permiten determinar el estado del arte de la zona de estudio:

- Estudio del diagnóstico del Jarillón de Aguablanca y el sistema de drenaje oriental de la ciudad de Cali, frente a inundaciones. Contrato de consultoría No. 101 de 2012 celebrado entre el Fondo Adaptación y Corporación Observatorio Sismológico del Sur Occidente (OSSO). 2013.
- Estudio hidrológico y modelación matemática hidrodinámica bidimensional del río Cauca para la "Modelación de amenaza por inundaciones en la ciudad de Cali por el río Cauca y tributarios", DAGMA. 2012.
- Proyecto de verificación y actualización del estado habitacional de la población del Jarillón río Cauca, zona de contención de afluentes. CMGRD, 2012.
- Reforzamiento de puntos crítico del Jarillón y Estudio de Geofísica y Geotecnia. DAGMA, Consorcio Jarillones y Dragados, 2012.
- Sistema de elevación de cámaras en Santiago de Cali. EMCALI EICE E.S.P. 2011.
- Boletín hidroclimatológico del Valle del Cauca, CVC 2010 y 2011.
- Diagnóstico del estado actual de los diques del distrito de Aguablanca, elaborado para la CVC por la Fundación Pacifico Verde, 2010.
- EG-396-97 PTAR Cañaveralejo y Puerto Mallarino, Estabilización de cavernas en el dique Marginal del Jarillón. 2012.
- Zonificación preliminar para el reordenamiento del Jarillón del Río Cauca. Departamento Administrativo de Planeación Municipal. 2009.
- CONPES No. 3624 de 2009. Programa para el saneamiento, manejo recuperación ambiental de la cuenca alta del río Cauca. PND. Bogotá D.C. 2009.
- Probabilidad de ocurrencia de licuación puntual o localizada. DAGMA Opción Timagua - Amézquita Naranjo Ingeniería & Cia S.C.A. 2008.
- Diseños de las obras para protección contra erosión marginal y aumento de la sección hidráulica del rio Cali en el tramo comprendido entre el puente de la portada al mar y la calle 25, DAGMA. 2008.
- Recuperación Ambiental y Paisajística del Jarillón Río Cauca en la Comuna 21 del Municipio de Santiago de Cali, Valle del Cauca en sus componentes de Levantamiento Topográfico, control de hormiga arriera y reforzamiento del Jarillón incluye estudio geotécnico. DAGMA - Fondo Nacional de Regalías. 2007.
- Universidad del Valle - CVC. Proyecto de Modelación del río Cauca – PMC de los años 2000, 2003 y 2005.
- Modelación hidrodinámica del sistema de drenaje urbano de la ciudad de Cali en el área de influencia del río Cali, Univalle – CINARA, 2005.
- Estudio de amenaza por inundación del área con régimen diferido de Navarro y su entorno, DAPM, 2005.
- Plan Estratégico para la Recuperación y Conservación del Jarillón Margen Izquierda del Río Cauca y Jarillón del Río Cali Margen Derecha Entre Calle 70 y su

Desembocadura, (2000) Contrato DAGMA (I.P.I.) Unión Temporal: INESCO LTDA. - PLANES S.A. - INCOL S.A.

- Microzonificación Sísmica de Santiago de Cali. DAGMA – INGEOMINAS, 2005.
- Estructura de entrega del canal Los Guaduales al río Cali, estudio elaborado para EMCALI EICE E.S.P. por el Ing. Guillermo Alberto Regalado, Octubre de 1995.
- Diagnóstico y alternativas de manejo del entorno del río Cali, mediante el estudio geomorfológico-hidrológico-hidráulico entre la calle 34N y su desembocadura al río Cauca y proyectos para mitigar inundaciones, elaborado para el DAGMA por Hidro-Estudios Ltda., 1998.
- Regionalización de Caudales Máximos, elaborado para la CVC por la ingeniera Adriana María Erazo Ch., 1999.
- Evaluación de diferentes métodos para determinar caudales máximos en las cuencas de los ríos Cali, Pichindé, Cañaveralejo, Meléndez y Lili, trabajo de grado presentado a las Universidades del Valle y Nacional. Jenny Astrid Mayorquín Rojas, 1997.
- Caracterización fisiográfica – Dirección regional sur-occidente, elaborado para la CVC por la ingeniera Adriana María Erazo Ch., 1996.
- OLAP, Gibbs & Hill, Inc y H -KTAM (1956). El desarrollo coordinado de energía y recursos hidráulicos en el valle del Río Cauca. Informe a la CVC. Apéndices, Mapas, 109 p. Enero de 1956.
- Elementos Históricos y Urbanos en la Generación de Desastres por Inundaciones y Deslizamientos en Cali, 1950 – 2000. Nayibe Jiménez. 2005.
- Estudio de obras de defensa del dique de control contra inundaciones de Floralia, Municipio de Cali, elaborado por Hidroestudios Ltda., Octubre de 1987.

1.8. MARCO CONCEPTUAL

A continuación se desarrolla el marco conceptual que sustenta el desarrollo del presente trabajo de tesis, profundizando en tres conceptos fundamentales: a. Susceptibilidad por inundación, b. Vulnerabilidad global y c. Riesgo.

1.8.1. Conceptualización de la Susceptibilidad por Inundación

Con el fin de conceptualizar sobre la temática de susceptibilidad por inundación a continuación se presentan definiciones fijadas en la Ley 1523 de 2012, se extrae lo siguiente:

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

Evaluación de amenaza: Es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de ocurrencia y la severidad de un evento en un lapso específico y en un área determinada. Representa la ocurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables.

Zonificación de amenaza: Consiste en la delimitación de zonas con diferente grado de exposición a la amenaza (alto, medio, bajo).

Susceptibilidad de Inundación: La susceptibilidad, está referida a la mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado espacio geográfico.

Licuación de Suelos: La licuación de suelo describe el comportamiento de suelos que, estando sujetos a la acción de una fuerza externa (carga), en ciertas circunstancias pasan de un estado sólido a un estado líquido, o adquieren la consistencia de un líquido pesado, el cual se puede amplificar por el corrimiento lateral hacia el río, generado por la no confinación del suelo en el cauce mismo del río. Es uno de los fenómenos más dramáticos y destructivos y, además, más polémicos y peor explicados que pueden ser inducidos en depósitos por acciones sísmicas.

La amenaza de inundación por desbordamiento de cauces debido al exceso de lluvia se relaciona directamente con la precipitación pluvial en la cuenca analizada y las características de la topografía del terreno circundante al cauce. Por lo tanto, los modelos utilizados para determinar los escurrimientos a partir de la precipitación que los origina están basados en relaciones de lluvia – escurrimiento.

La metodología para la estimación de inundación se divide en:

a. **Análisis hidrológico:** En el análisis hidrológico se determina la relación que existe entre la precipitación que cae en una zona con la cantidad de agua que escurre hacia los cauces y que en caso de ser excesiva produce la inundación.

b. **Análisis hidráulico:** Se conoce como tránsito de avenida y se define como el cambio que sufre el flujo del cauce de una sección transversal hasta otra ubicada después de un tramo de río; este cambio puede ser tanto en su forma como en su desplazamiento en el tiempo. El tránsito se debe realizar mediante modelos de simulación de flujo en cauces naturales y modelos de flujo en llanuras. Este modelo requiere de información detallada de los afluentes en los cauces, sus pendientes, así como las características de sus secciones.

c. **Análisis de inundación de llanura o valle:** El carácter dinámico de las inundaciones y la influencia del desplazamiento del agua hacia las zonas bajas, hacen necesario emplear modelos matemáticos que, por lo menos, incluyan ecuaciones de flujo en dos direcciones horizontales basadas en las ecuaciones de conservación de cantidad de movimiento y de continuidad. Este modelo requiere de la información del flujo desbordado y la topografía detallada de la zona en estudio.

   En el campo de la modelación de los fenómenos hidráulicos ocurre algo parecido a la modelación en hidrología, no existe un modelo que pueda representar hidráulicamente todas las cuencas. Por lo tanto, el modelador debe tener el criterio necesario para que, con base en las características particulares de su problema y las características de la información con la que cuenta, pueda seleccionar el modelo más adecuado.

d. **Modelos basados en sensores remotos y SIG:** Actualmente, la mayoría de los modelos analíticos incluyen la utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG) o de información obtenida a partir de sensores remotos. El control de las inundaciones no es una excepción, por el contrario, gran parte de las investigaciones existentes proponen el uso de esta herramienta como complemento al análisis numérico, especialmente cuando no se tienen suficientes registros de estaciones hidrometeorológicas y cuando se requieren mapas de zonificación.

Entre los principales modelos basados en sensores remotos y sistemas de información geográfica se tienen:

SIG:

- Arc View
- Arc/Info GIS
- Arc/Info Macro Language (AML)

Sensores Remotos:

- Modelos de Elevación Digital – DEM, sigla en inglés.

1.8.2. Conceptualización de la Vulnerabilidad Global

Debido a la creciente importancia de los desastres, ha adquirido relevancia y actualidad el término vulnerabilidad y, en términos generales hay muchas definiciones que recogen este término.

Desde el punto de vista general, la vulnerabilidad puede definirse como la probabilidad de que una comunidad, expuesta a una amenaza natural, según el grado de fragilidad de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político-institucional y otros), pueda sufrir daños humanos y materiales. La magnitud de esos daños, a su vez, también está relacionada con el grado de vulnerabilidad (CEPAL, 2000).

Otra forma de analizar la vulnerabilidad es analizando las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenazas (EIRD, 2009).

Gheorghe (2005) explica la vulnerabilidad como una función de la susceptibilidad, de la capacidad de recuperación y del estado de conocimiento.

Cardona (2003) describe el concepto de vulnerabilidad en el contexto de la gestión del riesgo, como "*el factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca o susceptibilidad física, económica, social y política, que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio*

natural o antropogénico", resumiéndolo como un factor de riesgo interno que se puede expresar como la probabilidad de que el sistema o el sujeto expuesto sean afectados por el suceso o fenómeno que caracteriza la amenaza.

Por otro lado, Myers (2004) de manera breve explica que la vulnerabilidad es la susceptibilidad ante la pérdida o daño, provocado por una amenaza.

Dicho de esta manera, la vulnerabilidad es una característica dinámica de cualquier comunidad (vivienda, infraestructura u otro elemento) que comprende una multitud de componentes (social, física, institucional, ambiental, etc.), que refleja teóricamente una dimensión de lo que podría ocurrir a una población bajo condiciones de amenaza. Para determinarla es necesario hacer la pregunta sobre lo que pasaría si un evento impactara a dichos individuos o poblaciones en riesgo.

La vulnerabilidad depende, entonces, de la fragilidad de la comunidad y su capacidad de adaptación a un nuevo escenario y de su resiliencia (capacidad de absorción), es decir, de la capacidad de ésta para restituir las funciones alteradas por un escenario de exposición dada la amenaza. Estos conceptos dependen básicamente de factores como disponibilidad de recursos, tecnología, la existencia de mercados, de conocimientos, aspectos culturales y la variedad de opciones que ofrece el potencial productivo de los recursos naturales, entendiéndose también como un problema no resuelto del desarrollo (Figura 1.1).

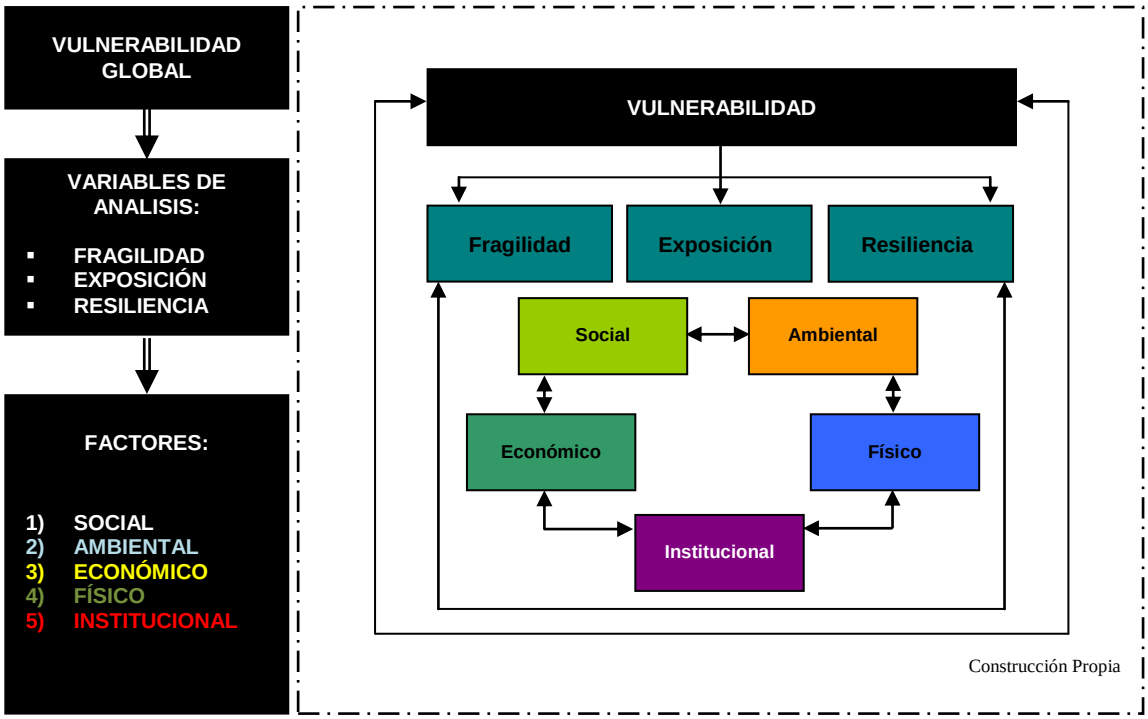


Figura1.1. Esquema de Análisis de la Vulnerabilidad

Para Wilches-Chaux (1986) el concepto de vulnerabilidad global permite integrar los diferentes aspectos que caracterizan la vulnerabilidad desde varias perspectivas; dichas dimensiones se describen en la Tabla 1.1:

TABLA 1.1 COMPONENTES DE ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD GLOBAL

No.	FACTORES DE VULNERABILIDAD	
1	Natural	Es la vulnerabilidad intrínseca a la que está expuesto todo ser vivo, determinada por los límites ambientales dentro de los cuales es posible la vida y por las exigencias internas de su propio organismo.
2	Física	Está referido directamente a la ubicación de asentamientos humanos en zonas con amenaza, y las deficiencias de sus infraestructuras para absorber los efectos de dichos riesgos.
3	Social	Se refiere al nivel de cohesión interna que posee una comunidad. Cuanto mejor y mayor se desarrollen las interrelaciones dentro de una comunidad, es decir sus miembros entre sí y a su vez con el conjunto social, menor será la vulnerabilidad presente en la misma. La diversificación y fortalecimiento de organizaciones de manera cuantitativa y cualitativa encargadas de representar los intereses del colectivo, pueden considerarse como un buen indicador de vulnerabilidad social, así como mitigadores de la misma.
4	Política	Constituye el valor recíproco del nivel de autonomía que posee una comunidad para la toma de decisiones que le afectan, es decir mientras mayor sea la autonomía, menor será la vulnerabilidad política de la comunidad.
5	Técnica	Viene dada por la presencia y/o ausencia de infraestructuras o diseños de edificaciones resistentes o adaptables a la diversidad de eventos o amenazas a la cual está una comunidad expuesta.
6	Educativa	Está representada principalmente con la preparación académica en distintos niveles, que permite a los ciudadanos aplicar tales conocimientos en su vida cotidiana como herramienta válida para enfrentar las situaciones de peligro presentes en la zona que habitan.
7	Ecológica	La definen las condiciones ambientales y ecológicas presentes en una zona, esto es, cuanto mayor sea la degradación ambiental y cuanto menos sostenible sea el uso dado a los recursos naturales presentes, mayor será la vulnerabilidad ecológica. Por ser la naturaleza un sistema en constante actividad que desarrolla dentro de sí ciclos, es posible afirmar que así como ingresa energía a ésta, así mismo expulsará la misma cantidad con el fin de mantener el balance interno e incluso externo.
8	Económica	Viene dada directamente por los indicadores de desarrollo económico presentes en una población, pudiéndose incluso afirmar que cuanto más deprimido es un sector, mayor es la vulnerabilidad a la que se encuentra ante los desastres, es importante acotar que el inicio de los desastres viene dado directamente por la presencia de un evento natural, pero es la vulnerabilidad humana, la degradación ambiental, el crecimiento demográfico y la falta de preparación y educación ante los mismos, los factores que dominan los procesos de desastres, llegándolos a convertir en catastróficos.
9	Institucional	Viene representada por la presencia o ausencia de organizaciones o comités encargados de velar por el adecuado manejo y coordinación de las situaciones de emergencias presentes, como consecuencias de un evento o desastre, esto se traduce en la capacidad de respuesta ante tales situaciones de emergencia.
10	Ideológica	La respuesta que logre desplegar una comunidad ante una amenaza de desastre "natural", o ante el desastre mismo, depende en gran medida de la concepción del mundo y de la concepción sobre el papel de los seres humanos en el mundo que posean sus miembros. Si en la ideología predominante se imponen concepciones fatalistas, según las cuales los desastres "naturales" corresponden a manifestaciones de la voluntad de Dios, contra las cuales nada podemos hacer los seres humanos, las únicas respuestas posibles serán el dolor, la espera pasiva y la resignación.

En este contexto, el numeral 27 del Artículo 4 de la Ley 1523 de 2012, define la vulnerabilidad como la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o

institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

IDENTIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD: La identificación del nivel de vulnerabilidad de un elemento o una comunidad frente a una eventual amenaza consiste en un proceso de análisis de todos o la mayoría de factores que contribuyen a estructurar la vulnerabilidad global o total. Este análisis puede realizarse de manera separada de cada uno de los factores; pero, además, es siempre conveniente realizar un análisis integral y complementario entre cada uno de esos factores.

Por ejemplo, no es lo mismo considerar los factores de vulnerabilidad física para una amenaza de terremoto que para una inundación, pues una habitación construida de material de concreto y de varios niveles puede presentar mayor vulnerabilidad hacia un terremoto, pero menor vulnerabilidad hacia una inundación; y, en caso contrario, una habitación construida de material de campo (caña, bahareque) presenta menor vulnerabilidad a un terremoto pero mayor a una inundación.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE VULNERABILIDAD: Una evaluación de vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica, contribuyendo al conocimiento del riesgo a través de interacciones de dichos elementos con un ambiente que representa peligro (Cardona, 1993).

La cuantificación de los niveles de vulnerabilidad puede considerarse en términos cualitativos o cuantitativos; algunos estudios han contemplado una escala que cuantifica la vulnerabilidad en términos de escasa, baja, media, alta y extrema de acuerdo con el grado de exposición del elemento bajo evaluación. Así mismo, puede ser evaluada y expresada en una escala que va de "0", ó sin daño a "1" o pérdida total, del resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso. En estos procesos de evaluación, el investigador puede considerar sus propias escalas, de acuerdo a sus requerimientos y las características de sus variables (Wilches-Chaux, 2000).

REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD: La reducción de la vulnerabilidad es un proceso dinámico y requiere la participación de los distintos actores dentro una de comunidad. Es necesario como punto de partida definir la ubicación de la amenaza potencial, su grado de severidad, el periodo de retorno y la probabilidad de niveles de pérdida esperados, pues la planificación de estrategias para reducir la vulnerabilidad dependerá de la naturaleza tanto de la amenaza como de los factores que contribuyen a estructurar la vulnerabilidad.

El primer paso para reducir la vulnerabilidad es reconocer la importancia de los conceptos preventivos más que una estrategia de respuesta. Es decir, debe ocuparse de las amenazas y

la vulnerabilidad antes y no después de que ocurran los eventos. El concepto de reducción de vulnerabilidad es proactivo y activo, dado que puede reducir la probabilidad de pérdidas antes de convertirse en una "tragedia real", y además, minimiza la magnitud de daños y reduce costos en términos de gastos de emergencia, recuperación y reconstrucción (Zapata, 2000).

Para reducir la vulnerabilidad, es necesario comprender los factores que magnifican o intensifican los efectos de las amenazas; por ejemplo, las prácticas agrícolas o ganaderas en las laderas, en las partes altas de las cuencas hidrográficas son responsables de un aumento en la escorrentía y el volumen de agua acarreado y, por consiguiente, de una mayor erosión de los suelos.

Entre algunos instrumentos para reducir la vulnerabilidad se pueden mencionar:

- Planificación y gestión del uso del recurso suelo; éste se puede aplicar a nivel local o comunidad, mediante la planificación y ordenamiento territorial local
- El manejo integrado de los recursos naturales dentro de las cuencas hidrográficas
- La educación ambiental
- La organización y participación comunitaria
- Existencia de un marco de políticas, programas y proyectos de desarrollo coherentes al ámbito local
- Existencia de un marco institucional adecuado, con mecanismos para poner en práctica las medidas de reducción de la vulnerabilidad
- Implementación de obras de protección en zonas poco manejables.

MONITOREO DE LA VULNERABILIDAD: La vulnerabilidad como proceso dinámico y cambiante presenta variaciones respecto al tiempo, y en virtud de esta característica, los cambios, tanto de aumento o disminución de la vulnerabilidad pueden ser medidos y cuantificados.

El uso de indicadores fijos que permitan ser cuantificados en distintos períodos de tiempo y bajo metodologías establecidas y replicables se constituye en la base para identificar los cambios en la vulnerabilidad.

El monitoreo a través de indicadores de vulnerabilidad facilita cuantificar impactos de acciones y estrategias implementadas con fines de reducir y mitigar la vulnerabilidad hacia desastres. Además, es un instrumento que facilita visualizar cambios e identificar aspectos que necesiten mayor atención y contribuye a identificar las brechas sobre las cuales se sustenta una situación vulnerable.

Los indicadores para monitorear la vulnerabilidad hacen referencia a parámetros cuantitativos o cualitativos que pueden evaluarse con relación a un criterio. Describen objetivamente y de una manera verificable características del ecosistema, sistema social, elementos de la política prevaleciente y condiciones de manejo conducidos por el hombre.

FACTOR DE RIESGO: El factor de riesgo de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, corresponde a su predisposición intrínseca a ser afectado, de ser susceptible a sufrir un daño, y de encontrar dificultades en recuperarse posteriormente.

Es importante resaltar que la vulnerabilidad es una propiedad intrínseca de los elementos expuestos; se define en relación con un tipo y severidad de impacto (amenaza) específico.

Existen tres categorías de vulnerabilidad (Chaparro, 2005):

1. La exposición destructiva a una amenaza
2. La capacidad de reaccionar de forma adecuada cuando ésta se concreta, y
3. La imposibilidad para recuperar la condiciones normales de vida.

Categorías que están condicionadas por los siguientes factores:

- Exposición
- Protección
- Reacción Inmediata
- Recuperación Básica o Rehabilitación
- Reconstrucción

VULNERABILIDAD FUNCIONAL Y ELEMENTOS EXPUESTOS:

i) Vulnerabilidad Funcional

Esta puede ser entendida como la debilidad de los sistemas urbanos, líneas vitales y edificaciones esenciales que prestan un servicio público y privado, en términos de su capacidad de operación y respuesta en caso de la ocurrencia de evento adverso, para garantizar la continuidad, calidad y cobertura en la prestación del servicio para el que fue diseñada, o la recuperación del mismo, en el menor tiempo posible, para restablecer las condiciones normales en una comunidad. Para su evaluación se requiere previo conocimiento del funcionamiento de cada uno de los componentes que conforman los sistemas, su nivel de operación, mantenimiento y su interrelación e interdependencia en relación con los demás componentes de cada uno de los sistemas, que pueden verse afectados.

ii) Elementos Expuestos

Es el contexto social, material y ambiental representado por las personas y por los recursos, servicios y ecosistemas que pueden ser afectados por un fenómeno físico.

a. Líneas vitales

Son sistemas de infraestructura básica de carácter lineal y de uso continuo, las cuales permiten el desarrollo normal de las actividades en una población. Están conformadas por una serie de componentes puntuales (redes, edificaciones y estructuras) con características

constructivas muy singulares, que han sido diseñadas para ejercer funciones por ejemplo, de transporte, movilidad, almacenamiento, abastecimiento, distribución y eliminación. La interrupción en la prestación de su servicio, puede afectar a una gran cantidad de personas y las actividades normales de una población. Estas se sub-dividen en:

Sistemas de vías y transportes:

- Transporte/vías (caminos), terrestres/terminales
- Puentes y viaductos
- Transporte aéreo/aeropuertos (helipuerto).

Sistemas de transporte y almacenamiento de combustibles líquidos o gases.

Servicios Básicos:

- Sistemas de saneamiento (sistema de abastecimiento de agua; sistema de recolección, transporte, tratamiento y disposición de residuos líquidos; sistema de recolección, transporte, tratamiento y disposición de residuos sólidos).
- Sistema de generación y distribución de energía eléctrica (comprende las represas, hidroeléctricas, estaciones y sub-estaciones, y todos aquellos elementos necesarios para su funcionamiento)
- Sistema de telecomunicaciones (incluye las centrales y todos aquellos elementos necesarios para su funcionamiento).

b. Edificaciones esenciales:

Son todas aquellas edificaciones y estructuras que son fundamentales para el funcionamiento de las actividades cotidianas de una sociedad, y han sido diseñadas para prestar un servicio público. Ellas se agrupan en tres categorías.

Edificaciones indispensables. Aquí se agrupan todas las estructuras y/o edificaciones cuya función primordial es la de garantizar la salud de la población, antes, durante y después de una situación de emergencia, como hospitales, puestos de salud y clínicas; es decir toda las edificaciones concernientes al sector salud.

Edificaciones de atención a la comunidad. En este grupo se clasifican todas las edificaciones que albergan personal cuya función principal, es la de atender emergencias (salvando vidas) y garantizar el orden, durante y después de una situación de estas, como bomberos, policía, cruz roja, defensa civil, batallón, etc.

Edificaciones y estructuras de uso especial. Aquí se clasifican todas las edificaciones de uso masivo, como escuelas, colegios, universidades, coliseos, instalaciones gubernamentales, iglesias, etc., que por sus características constructivas y arquitectónicas (grandes espacios) en caso de la manifestación de un evento adverso, se pueden adaptar para ser usados como refugios o albergues provisionales

c. Sectores de vivienda y población

Edificaciones de ocupación normal. En esta categoría se clasifican todas las edificaciones generalmente de uso habitacional, como viviendas de construcción popular, conjuntos residenciales, edificios de apartamentos, etc.

Población: esta categoría está conformada por todos los habitantes de un territorio que pueden verse afectados por la manifestación de un evento adverso.

d. Sector agropecuario e industrial

Áreas de uso agrícola y pecuario:en esta categoría se agrupan todas aquellas áreas destinadas al uso agrícola y pecuario.

Áreas de uso industrial y económica: En esta categoría se agrupan todas las edificaciones y la infraestructura física de uso industrial y económico que genera ingresos.

e. Áreas naturales y ecológicas

Aquí se clasifican todas las áreas destinadas a bosques y protección ecológica (acuíferos, ríos, lagos, etc.,).

La suma de los componentes de la vulnerabilidad global debe estar en el centro de las consideraciones sobre el modelo de prevención, alivio y atención de los desastres, atendiendo que estos son producto de la convergencia, en un momento y lugar determinados, de dos factores de riesgo: físico y humano. La secuencia de los procesos que conducen a diferentes grados de vulnerabilidad en la sociedad provocan distintos comportamientos con un fuerte impacto sobre los sucesos (Foschiatti, 2009).

1.8.3. Conceptualización del Riesgo

El riesgo es la estimación de las pérdidas probables a causa de la interacción entre la amenaza y los elementos que están expuestos a la misma (personas, animales, edificios, infraestructura vial y de servicios públicos, usos del suelo, etc.), así como el grado de afectación que dichos elementos pueden experimentar.

1.9. METODOLOGÍA APLICADA

1.9.1. Tipo de Estudio

Dado el alcance y los diversos tópicos de análisis, la metodología utilizada es la siguiente:

- Para el análisis de la susceptibilidad de inundación el tipo de estudio o análisis realizado es heurístico, es decir, basado en la experticia y comportamiento histórico, en una visión retrospectiva de los eventos sucedidos en la zona de estudio, teniendo en cuenta las características geomorfológicas, hidrológicas, edafológicas, etc.

- La estimación de la vulnerabilidad se realiza a partir de un estudio de tipo determinístico, al igual que la estimación del riesgo.

La metodología empleada en la elaboración de este trabajo consta de cuatro etapas, como se muestra en el diagrama de flujo de la Figura 1.2:

1.9.2. Etapas del Estudio

La problemática a estudiar es multidimensional, la metodología parte del proceso de elementos cualitativos y cuantitativos, así como la adecuación de diferentes métodos para su aplicación. El trabajo consta de cuatro etapas principales que se destacan a continuación:

ETAPA No. 1 – Determinación de la susceptibilidad de inundación:

A través del análisis de zonas de inundaciones naturales u originales utilizando reconstrucciones aerofotográficas especializadas mediante SIG, teniendo como referencia la cartografía del sitio con curvas de nivel suministrada por EMCALI EICE E.S.P., 2011

El objetivo consiste en realizar un análisis de la evolución del medio físico natural frente a una situación de inundación, establecer la evolución del fenómeno (escala horizontal) relacionado con las variables hidrometeorológicas registradas (escala vertical), para un mismo evento y generar una zonificación de la susceptibilidad del territorio ante excesos hídricos. Es decir, un mapa de «susceptibilidad» ante inundaciones, en función del análisis conjunto de la recurrencia de superficies afectadas y del uso del suelo u ocupación territorial.

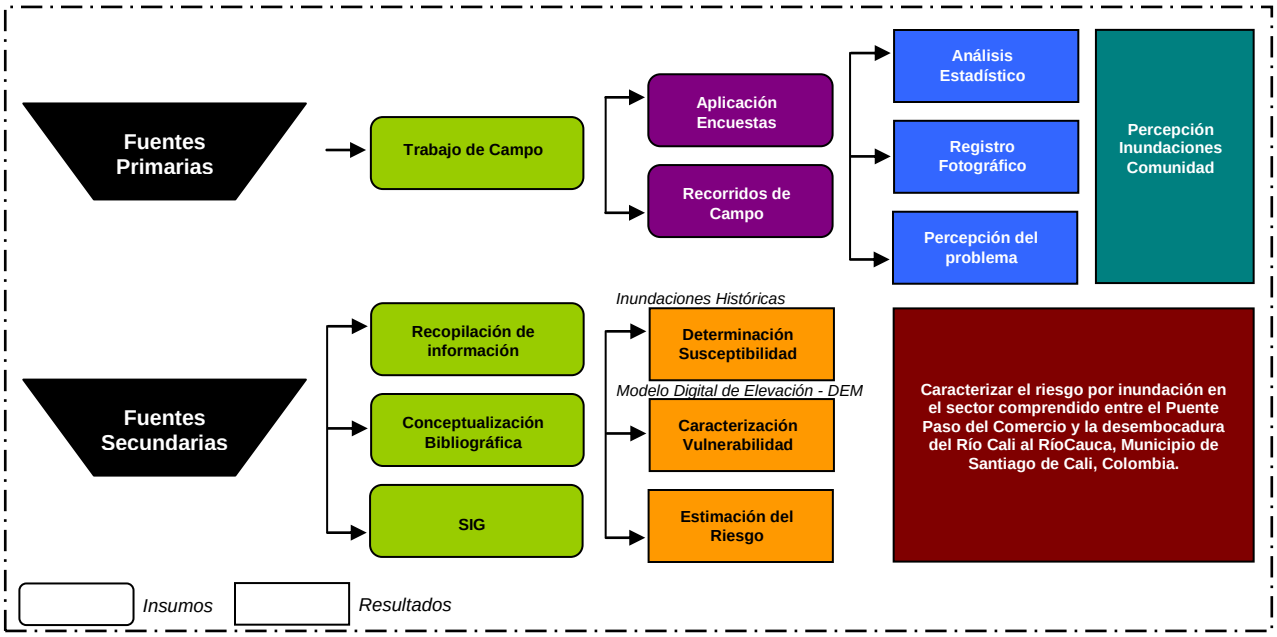


Figura 1.2. Esquema del Proceso Metodológico

La metodología de trabajo desarrollada contempló las etapas que se describen seguidamente:

- ✓ Selección del área de estudio.
- ✓ Localización geográfica.
- ✓ Caracterización del medio físico.
- ✓ Identificación de amenazas de inundación.

Incorporación y procesamiento de datos espaciales:

- ✓ Sensores remotos.
- ✓ Sistemas de Información geográfica.
- ✓ Modelo digital de elevación.
- ✓ Análisis espacial:

    a) Criterios de ponderación
    b) Criterios de análisis
    c) Categorías de susceptibilidad

- ✓ Mapa de Susceptibilidad en la zona de estudio.
- ✓ Producto final.

ETAPA No. 2 – Caracterización de la Vulnerabilidad:

En la zona de estudio, utilizando análisis estadístico multivariado; para lo cual fue necesario realizar las siguientes actividades:

- Aplicación de encuesta en el sector objeto de estudio
- Validación y análisis de la información.
- Valoración, estandarización de los indicadores seleccionados.
- Ponderación y estimación de la vulnerabilidad determinada mediante la fragilidad, la exposición y la resiliencia.
- Espacialización - mapas.

ETAPA No. 3 – Estimación del Riesgo por inundación:

A partir de los resultados del análisis de la susceptibilidad por inundación y la vulnerabilidad, se procede a estimar el riesgo, utilizando y adaptando metodologías propuestas por otros autores, para obtener:

- La estimación del riesgo cualitativa y cuantitativa, expresa en pérdidas económicas por afectación de viviendas.
- El análisis de la transferencia del riesgo.
- Recomendaciones para la mitigación del riesgo en la zona de estudio.

ETAPA No. 4 – Productos

- Análisis de la caracterización de la susceptibilidad de inundación bajo dos escenarios.
- Análisis de la determinación de la vulnerabilidad en el área de estudio, de acuerdo con el análisis de susceptibilidad.
- Estimación del riesgo por inundación en la zona de estudio.
- Propuesta de estrategias y elementos para la prevención y mitigación del riesgo por inundación en la zona de estudio.
- Análisis de resultados, conclusiones y recomendaciones.

1.9.3. Información Básica

Durante la actividad relacionada con la recolección y análisis de información se consultaron varios tipos de documentos como: Cartografía, Topografía, Fotografías Aéreas, Informes de Estudios Anteriores e Hidroclimatología, entre otra información.

a) Cartografía

En este aspecto se contó con la información siguiente:

- Cartografía digital de la zona de estudio, suministrada por EMCALI EICE E.S.P., año 2011, escala 1:5000.

b) Hidrometeorología

La información meteorológica usada se obtuvo de estaciones actualmente operadas por la CVC. Las cuales son: estación limnigráfica Juanchito y Puerto Tejada ubicada en el río Cauca y estación limnimétrica Bocatoma. En la Tabla 1.2 se indican las principales características de estas estaciones.

Tabla 1.2 Características y Localización de las Estaciones Utilizadas

Estación	Clase	Subcuenca	Municipio	Altitud (msnm)
Juanchito	LG	Cauca	Cali	942,572
Puerto Tejada	LG	Cauca	Cali	
Bocatoma	LG	Cali	Cali	997

c) Topografía

Topografía de la CVC en Convenio con la Fundación Pacífico Verde, año 2011.

d) Geología y geotecnia

Estudio de Microzonificación Sísmica, DAGMA, 2005.
Geomorfología del Proyecto de Modelación del Rio Cauca, CVC – Univalle. 2000.

e) Fotografías aéreas

Fotografías aéreas del IGAC de los años 1957, 1969 y 1986.
Fotografías aéreas oblicuas de la CVC de los años 1960 y 1966.

1.9.4. Estudios y documentos utilizados

Para este estudio se utilizó la información contenida en documentos y estudios citados anteriormente en el numeral 1.7.2.

1.9.5. Software de aplicación

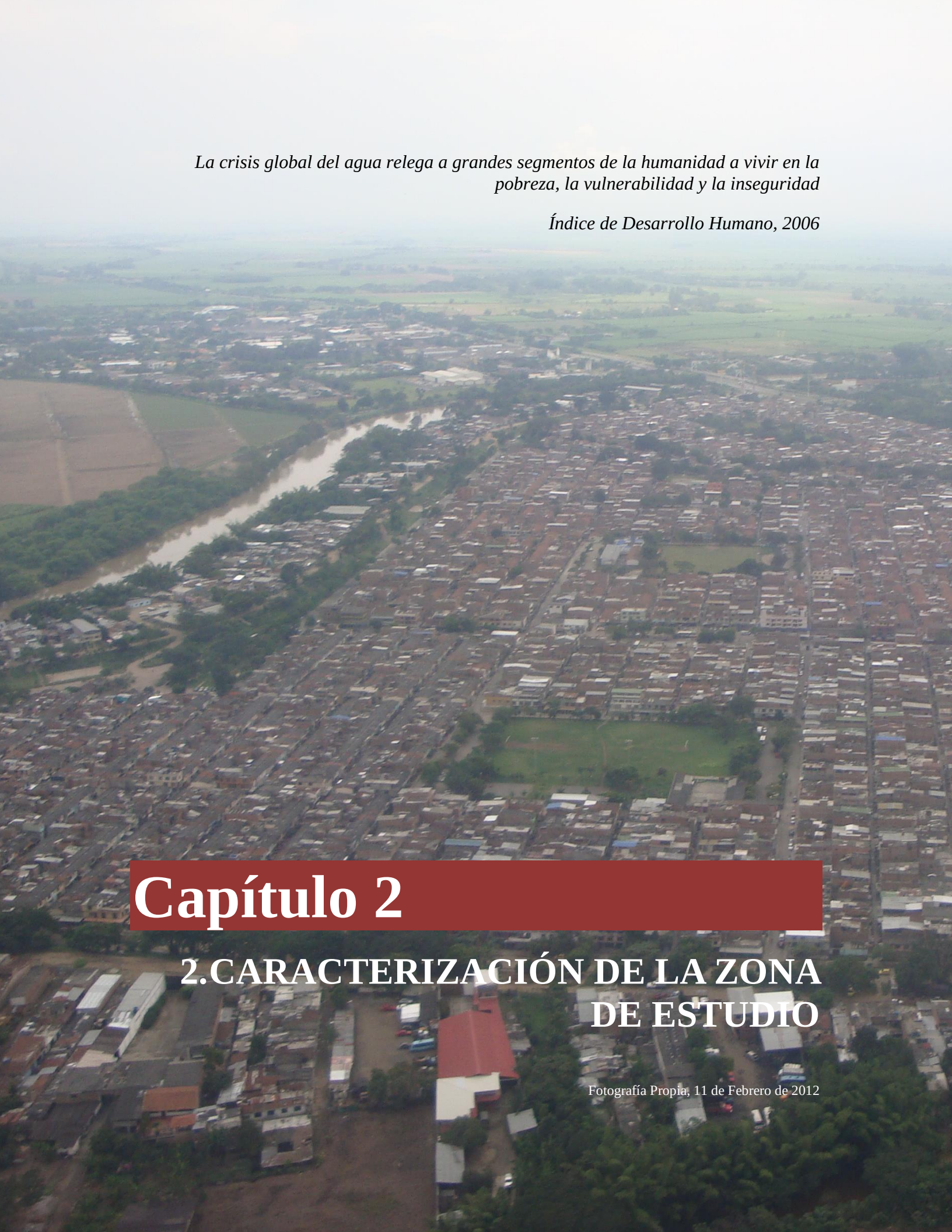
Para el desarrollo de este estudio se utilizó software como: ArcGIS 10 – ESRI, SPSS, Minitab, Splus, Excel, Word y Paint.

La crisis global del agua relega a grandes segmentos de la humanidad a vivir en la pobreza, la vulnerabilidad y la inseguridad

Índice de Desarrollo Humano, 2006

Capítulo 2

2.CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



Fotografía Propia, 11 de Febrero de 2012

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

En este Capítulo están consignadas las características de la zona de estudio que contextualiza y brinda elementos acerca de la localización, población, geología y geomorfología, hidrología etc., que enmarcan el desarrollo del trabajo.

2.1.1. Localización del área de estudio

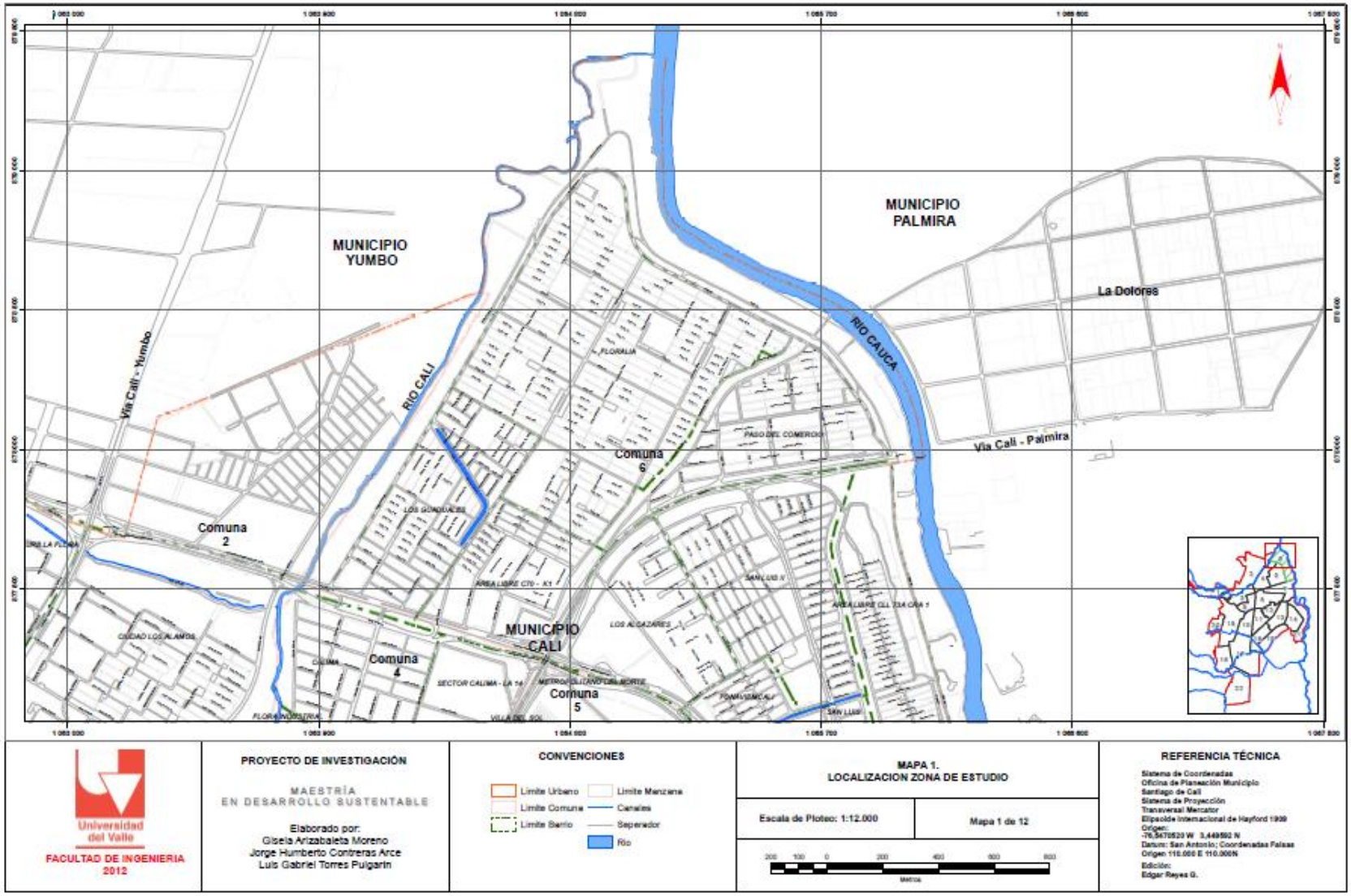
La zona de estudio está ubicada al Norte-Este de Santiago de Cali, entre la Calle 70 con la Carrera 1, hasta el río Cali (margen derecha) y el río Cauca, Comuna 6 (Figura 2.1 y Mapa 2.1).



Figura 2.1 Foto aérea de la zona de estudio tomada de Google Earth

2.1.2. Población

De acuerdo con la información suministrada por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal – DAPM, con base en el Censo del año 2005, las proyecciones de población en este sector de la ciudad para el año 2011 es de 91.025 personas que habitan cuatro (4) barrios consolidados oficialmente y tres (3) barrios informales en un total de 18.815 viviendas (Tabla 2.1).



MAPA 2.1 LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

TABLA 2.1 DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN POR SEXO, VIVIENDAS, HOGARES Y BARRIO EL SECTOR PROYECCIÓN EN 2011

Código único	Barrio, Urbanización o Sector	Población			Viviendas	Hogares
		Total	H	M		
603	Paso del Comercio	10.151	4.872	5.279	1.955	2.067
608	Los Guaduales	13.911	6.453	7.458	3.042	3.085
610	Ciudadela Floralia	48.928	23.547	25.380	10.460	10.999
698	Sector Puente del Comercio	12.421	5.919	6.502	2.291	2.342
Informal	Sector Comfenalco	1.527	-	-	300	-
Informal	Sector Floralia Río Cali	1.369	-	-	248	-
Informal	Sector Floralia Río Cauca	2.718	-	-	519	-
TOTALES		**91.025**	**40.792**	**44.619**	**18.815**	**18.493**

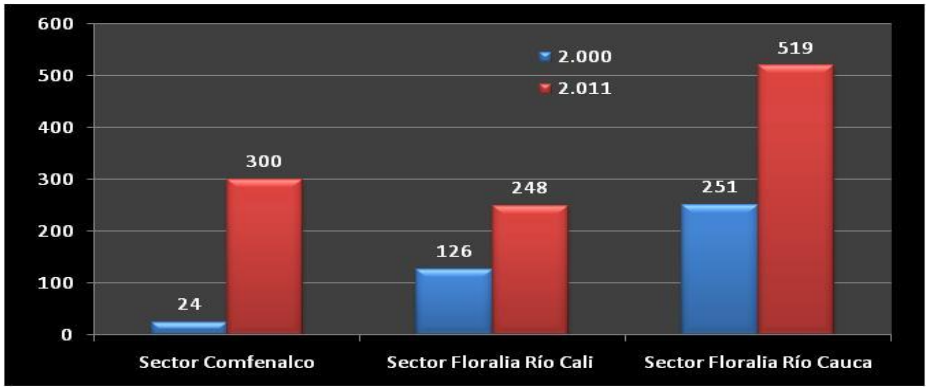
Fuente Información: Departamento Administrativo de Planeación, Censo 2005.

2.1.3. Evolución de las zonas de invasión

De acuerdo a la dinámica y crecimiento de la ciudad en los últimos 10 años, se puede observar la consolidación de los asentamiento humanos de desarrollo incompleto en los sectores denominado Floralia río Cali y río Cauca y sector Comfenalco, los cuales comparando la información del año 2000, DAGMA (2000), se observa un incremento en población del 51.64% en el sector de Comfenalco, 49.19% en el sector de Floralia río Cali y del 92% en el sector de Floralia río Cauca, incremento de población que se traduce en mayores presiones y deterioro de las condiciones físicas de la infraestructura y naturales del entorno (Tabla 2.2 y Gráfico 2.1).

TABLA 2.2 EVOLUCIÓN ASENTAMIENTOS DE DESARROLLO INCOMPLETO (ADI) – PROYECCIÓN 2011

Barrio, Urbanización o Sector	Año de Comparación		% de Incremento
	2.000 (*)	2.011	
Sector Comfenalco	24	300	92,00%
Sector Floralia Río Cali	126	248	49,19%
Sector Floralia Río Cauca	251	519	51,64%
(*) Fuente de la Información: DAGMA 2000.	**401**	**1.067**	62,42%



Gráfica 2.1 Comportamiento ADI – Proyección 2011



Registro Fotográfico 2.1 Aspecto de la Estación de monitoreo de la CVC, año 2006



Registro Fotográfico 2.2 Aspecto de la Estación de monitoreo de la CVC, año 2009

En el registro fotográfico 2.1 y 2.2, se aprecia la evolución y dinámica de crecimiento y "desarrollo" de los asentamientos humanos es evidente y agudiza la problemática. Actualmente, ya no se tiene acceso directo al río Cali por esta zona del Jarillón, para acceder es necesario entrar por uno de los predios que ocupan irregularmente la zona de protección, por ejemplo, la estación de monitoreo de la CVC, hoy día hace parte del patio de una de las casas construidas de manera ilegal.

En ambas márgenes del río se han realizado "rellenos" con escombro, basura y material suelto, tal como se observa en el registro fotográfico, de igual manera se realizan actividades pecuarias que vierten sus desechos y agua residual directamente al río (registro fotográfico 2.3).





REGISTRO FOTOGRÁFICO 2.3 CRECIMIENTO DE LOS ADI EN LA ZONA DE ESTUDIO

2.1.4. Infraestructura de la Zona de Estudio

A continuación se presentan el listado de infraestructura y servicios sociales con los cuales está dotado este sector de la ciudad, entre los cuales se encuentran: instituciones educativas, de culto (religiosas), instituciones de salud, servicios públicos, comunicaciones, transporte, etc. (registro fotográfico 2.4 y Tabla No. 2.3)



Parque “Las Américas”



Puesto de Salud: Floralia

REGISTRO FOTOGRÁFICO 2.4 INFRAESTRUCTURA INSTITUCIONAL Y DE SERVICIOS

TABLA 2.3 INFRAESTRUCTURA INSTITUCIONAL Y DE SERVICIOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

	INSTALACIONES / FACILIDAD	EXISTE	CANTIDAD	OBSERVACIONES
1	**Inst. religiosas**	**X**	2	
2	**Albergues**			
3	**Instituciones educativas**			
	Jardines infantiles	**X**	5	
	Escuelas	**X**	3	Educación básica primaria
	Colegios	**X**	1	
4	**Instituciones de salud**			
	Puesto / centro de salud	**X**	1	Centro de Salud Floralia
	Hospitales			
5	Instituciones socorro			
6	Policía / ejercito	**X**	1	Estación de Policía calle 72
7	**Servicios públicos**			No hay oficinas de empresas públicas en la zona
	Acueducto	**X**		
	Alcantarillado	**X**		Estación de Bombeo de Floralia y Guaduales
	Energía	**X**		
	Gas	**X**		
8	**Comunicaciones**			
	Central telefónica			
	Antena telefonía celular	**X**	1	
9	**Transportes**	**X**	2	Empresa COOMOEPAL y La Ermita – Controles de Despacho.
10	**Gobierno**			
11	**Centros deportivos**	**X**	3	Canchas de fútbol
12	**Centros culturales**	**X**	1	Tertuliadero de la tercera edad
13	**Centros recreativos**	**X**	4	3 parques infantiles y 1 salón de eventos
14	**Junta de acción comunal**	**X**	5	Una por comuna
15	**Salón comunal**			

2.2. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

La base de la información consignada en este parte del estudio de investigación fue tomada del Plan estratégico para la recuperación y conservación del Jarillón margen izquierda del río

Cauca y Jarillón del río Cali margen derecha entre calle 70 y su desembocadura, elaborado por el DAGMA mediante la Unión Temporal INESCO Ltda. – Planes S.A. – INCOL S.A. (DAGMA, 2000) y del PMC –CVC –UNIVALLE 2000.

2.2.1. Geología

La fosa del valle o bloque hundido tiene un basamento ofiolítico y rocas volcánicas sobre el cual reposan rocas sedimentarias continentales Terciarias, el centro del Valle está compuesto por un amplio y grueso relleno aluvial Cuaternario, formado por enormes conos aluviales coalescentes que descienden de las dos cordilleras, debido a la actividad tectónica y depósitos aluviales desarrollados por el mismo río Cauca y sus tributarios. La fosa está limitada al Oriente por el sistema de fallas de Romeral y al Occidente por el sistema Cauca.

Estratigrafía Cuaternario

En general los depósitos cuaternarios se presentan hacia el centro y los bordes del valle del Cauca, cubriendo discordantemente las rocas del terciario. Estos depósitos se encuentran principalmente en el Valle del Cauca; son aluviones relacionados con los ríos principales concentrados a lo largo del flaco occidental de la Cordillera Central. Se destacan principalmente los depósitos de abanicos aluviales (Qcc), sobre los cuales se encuentra ubicada la ciudad de Cali, niveles de terrazas (Qta y Qtb), y depósitos aluviales (Qal), conformados principalmente por arenas y arcillas transportadas a lo largo de las planicies aluviales y depósitos paludales en las depresiones inundables o zonas de inundación dentro del valle.

2.2.2. Geomorfología

Unidades Geomorfológicas

El valle del río Cauca se constituye en una gran unidad geomorfológica regional de planicie aluvial desarrollada por la dinámica del río durante el período Cuaternario, cuando se formaron unidades bien diferenciadas unas de otras según su génesis y forma final de depositación.

Esta morfología de planicie aluvial se encuentra delimitada, tanto al Este como al Oeste, por dos conjuntos morfoestructurales que hacen parte del sistema estructural o falla tectónica del Cauca, como son los macizos rocosos de las cordilleras Occidental y Central.

Formas deposicionales: Son el resultado de un proceso constructivo de depositación sobre la superficie terrestre. Los paisajes resultantes reflejan una acumulación gradual de materiales y constituyen la mayoría de las geoformas presentes en el área. Las principales causas de depositación son la pérdida de capacidad de transporte del río y la gran cantidad de sedimentos existentes en el cauce principal, superior a su capacidad de transporte.

Depósitos Aluviales

- Barras y Playas aluviales (Q1): Las barras son depósitos acumulados debido a: (i) la migración lateral de canales dentro del cauce principal (lo cual genera la formación de islas, barras, playas), y/o (ii) la depositación vertical de los flujos de agua que inundan la planicie aluvial y el lecho, resultando la acumulación de sedimentos en capas definidas. Los sedimentos acumulados dentro del cauce debido a la divagación lateral están constituidos por los materiales que predominan en el río. Generalmente estas acumulaciones son inestables y emergen en épocas de aguas bajas y medias. Las playas aluviales desarrolladas en el río Cauca sobre el lado interno de las curvas de meandros son de poca extensión debido a la intensa extracción de materiales de arrastre en el río.

- Depósitos de pantanos aluviales y zonas pantanosas permanentes (Q2): Los primeros corresponden a depósitos acumulados en las llanuras de inundación, después de los albardones naturales. Constan de extensas capas impermeables que varían de limos a arcillas caracterizadas por relieve suave, con alturas menores de 1.5 m y por redes de drenaje que reflejan la posición de líneas antiguas de desagüe eventualmente borradas durante inundaciones sucesivas. Las zonas pantanosas permanentes son áreas más bajas que el nivel general del valle, con abundancia de lagunas circulares pequeñas y sin desagüe, así como nacientes y ciénagas. Son reflejo de la proximidad de la tabla de agua en una zona limitada por el albardón natural del río Cauca. Estas zonas generalmente presentan problemas de salinidad en los suelos.

- Cauces antiguos abandonados y tapones arcillosos (Q3): Los primeros son antiguos lechos de ríos y arroyos. El tapón arcilloso es el que se forma en un cauce abandonado y aísla una laguna semilunar, la cual se conoce comúnmente como madre vieja. Esta se desarrolla por procesos naturales de dinámica y divagación del cauce y en ocasiones por acción del hombre. Los tapones arcillosos se encuentran asociados sólo a las entradas y salidas de las madreviejas.

- Albardones naturales (Q4): Son crestas bajas paralelas al curso del río, pierden altura y pendiente a medida que se alejan del mismo. Pueden tener un ancho de 1500 m o más, su mayor altura se presenta cerca al cauce del río, debido a la acumulación de sedimentos causados por pérdidas repentinas de capacidad de transporte cuando el río desborda sus márgenes; ello obliga a la faja de meandros existente a sobresalir por encima de la llanura aluvial baja. Estas geoformas son las más comunes y extendidas a todo lo largo del valle del río Cauca.

- Zonas resecadas y rellenos de cauce (Q5): Son zonas de antiguos pantanos, resecadas e inundadas en varios períodos y finalmente secadas artificial o naturalmente. Rellenos de cauce se denominan a los depósitos de los cauces secos abandonados.

- Cauce aluvial y cauces secos en conos (Q6): Los primeros son los depósitos aluviales acumulados en las llanuras y márgenes de los ríos y arroyos. Los cauces secos son depósitos acumulados en los ríos que cruzan los conos. De esta forma todos los cauces

naturales antes de la desembocadura en el río Cauca y durante gran parte de su recorrido forman estos depósitos y su tamaño depende de la capacidad fluvial para transportar y depositar material, conformando finalmente depósitos aluviales como consecuencia de la divagación del cauce en el valle o desbordamientos en épocas de grandes crecientes.

- Albardones Semilunares (Q7): Se refieren a los bancos que se desarrollan en el lado interno de la curva de un meandro y crecen por la adición lenta de sedimentos; son los de la migración del meandro. Aunque durante el recorrido realizado por el río no se logró identificar ni delimitar estas geoformas en toda su extensión, a menor escala es posible observar sobre las curvas internas depósitos menores correspondientes a barras aluviales semilunares y barras de punta, los cuales se depositan naturalmente debido a la pérdida de energía del río.

Depósitos Coluviales y Mixtos

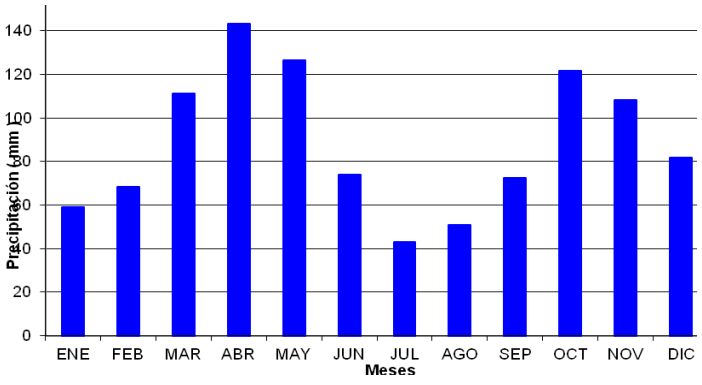
Conos aluviales (Qd): Son formas resultantes de la acumulación de los sedimentos transportados por corrientes fluviales procedentes de las altas vertientes, que encontraron una disminución marcada de la pendiente en las partes bajas de las montañas para su depositación. La textura de los sedimentos varía desde bloques gruesos y gravas mal gradadas en el ápice del cono a material fino y mal seleccionado en la parte distal; En la desembocadura del Río Cali se desarrolla un extenso cono aluvial que puede alcanzar 300 m de longitud. Este cono está conformado por gravas gruesas y basuras.

2.3. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

La climatología general de la zona se ha estudiado con base en la información consignada en el Boletín Hidroclimatológico del año 2010 de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.

2.3.1. Precipitación

El histograma de precipitación media mensual multianual de la Gráfica 2.2 muestra claramente un régimen bimodal para la estación Planta río Cali.



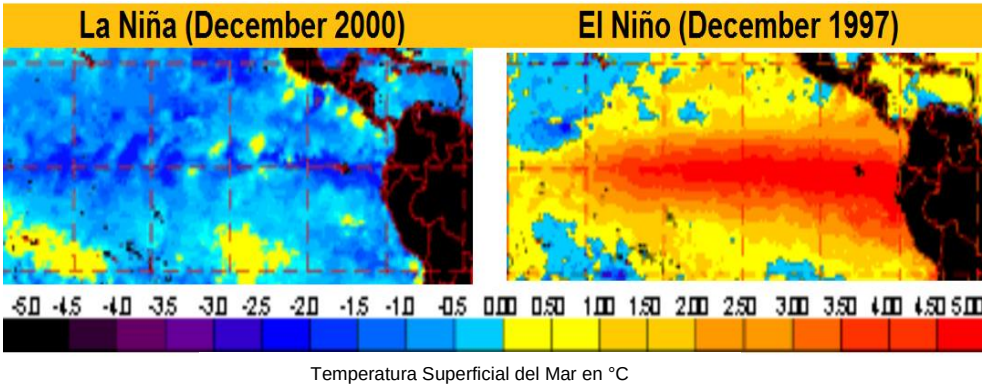
Fuente: Boletín Anual Hidroclimatológico, CVC (2010)

Gráfica 2.2 Precipitación Promedio Mensual Multianual – Estación Planta Río Cauca

2.3.2. Fenómeno ENSO

El fenómeno es un evidente ejemplo de los cambios climáticos globales, siendo parte fundamental de un vasto y complejo sistema de fluctuaciones climáticas. El Niño es conocido como el periodo seco y La Niña como el periodo frío.

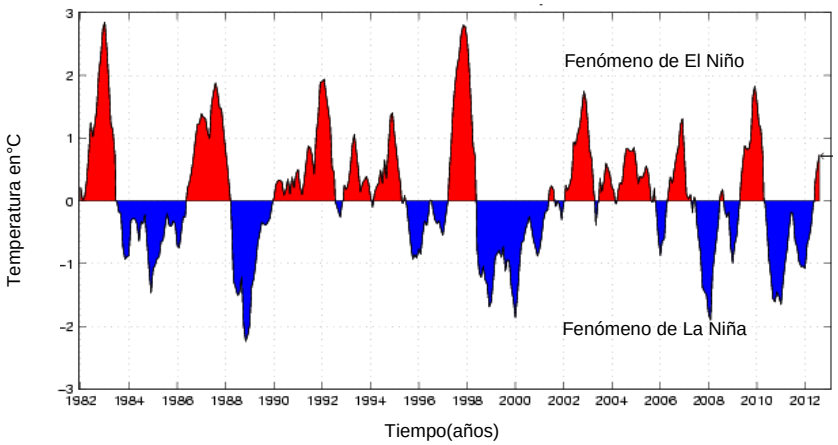
En la Gráfica 2.3 se presenta el mapa de las anomalías de temperatura en ºC, comparativa entre un intenso episodio de El Niño para el año 1997 y un intenso episodio de La Niña en el año 2000, que ejemplariza claramente la variación que se presenta en la temperatura del mar.



Grafica 2.3 Mapa de anomalías de temperatura en ºC

Tomado de: http://www.elnino.noaa.gov/lanina.html

De acuerdo a la información registrada por la NOAA (National Oceanic And Atmospheric Administration), El Fenómeno de El Niño se ha presentado desde el años 1953 y desde entonces se han registrado 14 períodos y el Fenómeno de La Niña se ha presentado en 13 periodos desde 1949. En la Gráfica 2.4, se observan los periodos de registro de dichos fenómenos desde el año 1982 hasta el año 2012.



Gráfica 2.4 fases del Ciclo ENSO

Tomado de: http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/currentinfo/figure2.html

2.4. HIDROLOGÍA

2.4.1. Generalidades de la Cuenca del Río Cauca

El río Cauca es la segunda arteria fluvial más importante de Colombia. Nace en el Macizo Colombiano cerca al Páramo de Sotará, presenta una longitud de 1350 Km y drena una cuenca de 63300 km2. El río cruza alrededor de 183 municipios pertenecientes a los departamentos del Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar y en su cuenca habitan más de 10 millones de personas que representan aproximadamente el 25 % de la población colombiana. El valle geográfico del río Cauca, ubicado en la cuenca alta, es especialmente importante para el desarrollo y la economía del país. En esta zona se localiza una parte importante de la industria manufacturera del sur occidente, la agroindustria del azúcar de caña y parte de la zona cafetera.

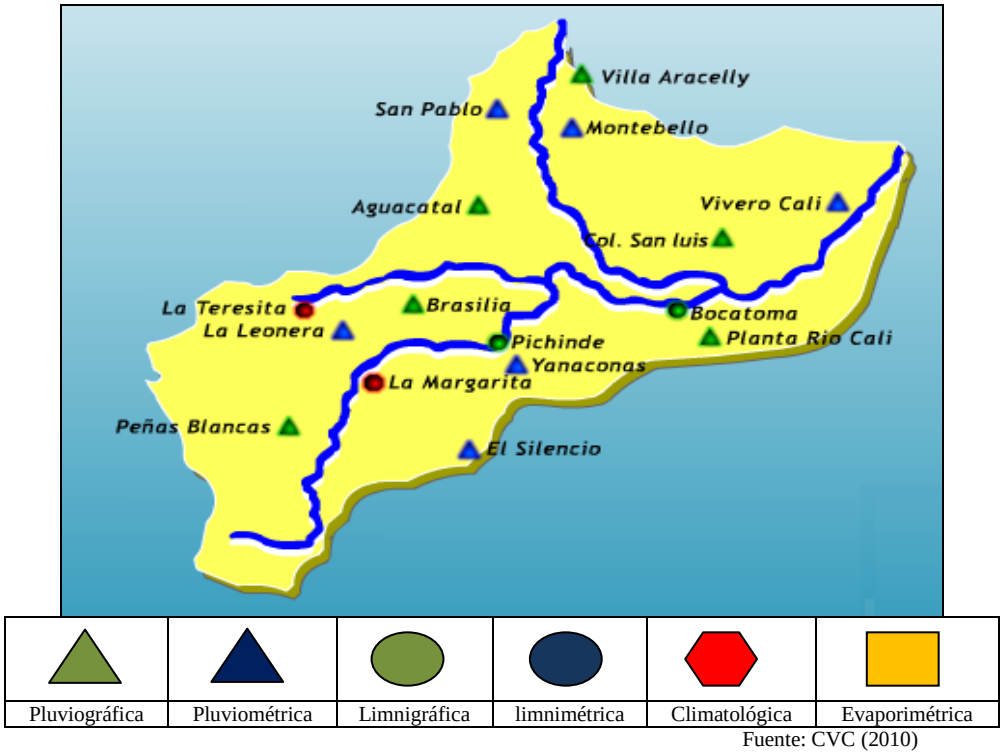
El río ha sido usado para pesca, recreación, generación de energía, extracción de materiales del lecho y el agua es captada para consumo humano, riego y para la industria. También se usa como fuente receptora de residuos sólidos y vertimientos de aguas residuales lo cual ha ocasionado el deterioro de la calidad del agua.

La cuenca del río Cauca está conformada por 39 subcuencas localizadas en la zona montañosa. Los principales tributarios del río que drenan por la margen derecha son los ríos: La Vieja, Obando, La Paila, Bugalagrande, Morales, Tuluá, San Pedro, Guadalajara, Sonso, Guabas, Zabaletas, Cerrito, Amaime. Párraga, Guachal Desbaratado, Palo, La Quebrada, Quinamayó, La Teta y Ovejas. Y por la margen izquierda, los ríos: Cañaveral, Catarina, Chancó, Pescador, Riofrío, Piedras, Mediacanoa, Yotoco, Vijes, Yumbo, Arroyohondo, Cali, Jamundí, Claro y Timba.

Características Hidráulicas y Morfológicas del río Cauca en su Valle Geográfico: El río Cauca recorre 445 Km en su valle geográfico y desciende desde una altura de 1000 metros hasta los 900 metros sobre el nivel del mar. Este tramo del río presenta un ancho medio de 105 metros, el cual puede fluctuar desde 80 metros en la parte alta del cauce (Salvajina – La Balsa) hasta 150 metros en la parte baja (Anacaro – La Virginia). La profundidad puede variar entre 3.5 y 8.0 metros, información tomada del PMC, 2000.

2.4.2. Mediciones Hidrométricas

Los caudales en el río Cauca se analizaron en las estaciones Juanchito y Paso del Comercio, utilizando información de la Corporación Autónoma del Valle del Cauca, (CVC), procesada para un periodo de registro de 12 años, (1985-1999), posterior a la entrada en operación del proyecto de Salvajina, en el caso de Juanchito y para todo el periodo de registro de la estación Paso del Comercio, comprendido entre 1977 - 1988. En el siguiente esquema se presenta las estaciones hidroclimatológicas con que cuenta la CVC para el monitoreo en el Municipio de Santiago de Cali (Figura 2.2).



Fuente: CVC (2010)

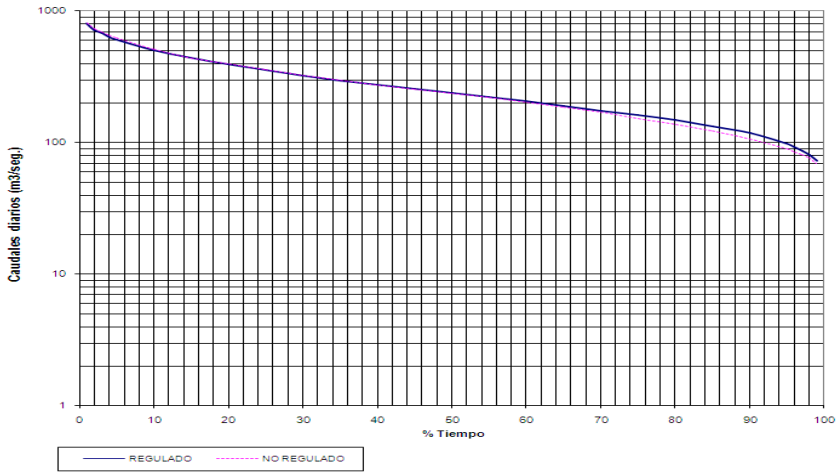
Figura 2.2 Estaciones Hidroclimatologicas de la CVC CuencaRío Cali

El río Cauca presenta un área de drenaje de 9060 Km² hasta la estación Juanchito. El cauce en la zona es unicanal, de tipo meandrinoso, con alineamiento general S-N, y discurre por un valle aluvial de pendiente media a baja, con sinuosidad alta y movilidad lateral moderada.

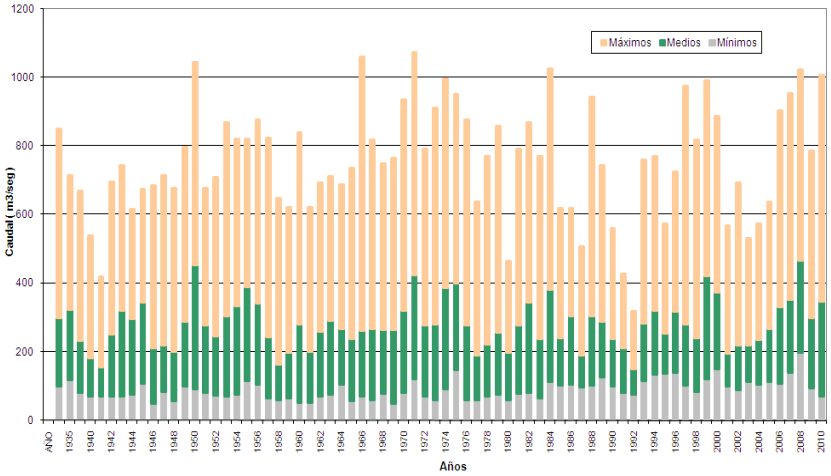
En la Gráfica 2.5 se presenta la curva de duración de caudales medios diarios del río en Juanchito, para el periodo de registro de 1934 a 2010 y de la cual se definen las siguientes características que muestra la Tabla 2.3.

Gráfica 2.5 curva de duración de caudales diariosen el río Cauca, Estación Juanchito (1934 – 2010)

Fuente: Boletín Anual Hidroclimatológico, CVC (2010)

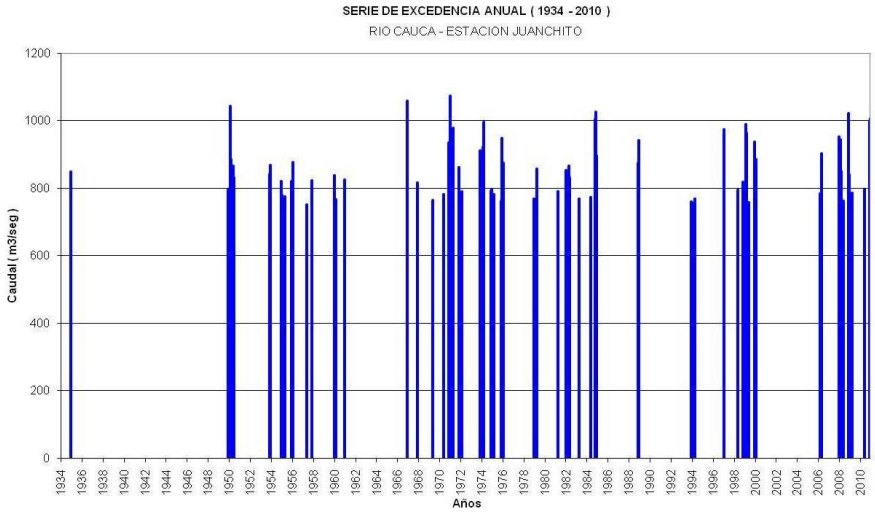


La variación de los caudales medios mensuales indica un solo periodo húmedo, de Noviembre a Mayo y un periodo seco, comprendido entre Junio y Octubre, como se observa en las Gráficas 2.6 y 2.7, caudales anules y serie de excedencias, respectivamente.



Gráfica 2.6 Caudales medios anuales en el río Cauca – Estación Juanchito (1934 – 2010)

Fuente: Boletín Anual Hidroclimatológico, CVC (2010)



Gráfica 2.7 Serie Excedencia Anuales en el río Cauca – Estación Juanchito (1934–2010)

Fuente: Boletín Anual Hidroclimatológico, CVC (2010)

2.5. INFRAESTRUCTURA DE SERVICIOS PÚBLICOS

2.5.1. Infraestructura de Servicios Públicos

Cuando se habla de infraestructura de servicios públicos se refiere básicamente a los servicios de acueducto y alcantarillado, en general se puede decir que todas las viviendas

localizadas en el área del proyecto, de un modo u otro tienen servicio de acueducto prestado por las Empresas Municipales de Cali EMCALI EICE E.S.P, de igual manera ocurre con el servicio de alcantarillado, exceptuando los sectores de Jarillón río Cali y río Cauca, viviendas que vierten directamente a los ríos, mediante descargas individuales en términos generales.

Esta parte de la ciudad hace parte del Sistema de Drenaje Nor-Occidental de la ciudad, compuesto por Alcantarillado Sanitario, Alcantarillado Pluvial y los ríos Cali y Aguacatal y cuenta con dos Estaciones de Bombeo. A continuación se describen las características que componente el sistema, información tomada del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV, 2007 – 2016. EMCALI EICE E.S.P. 2006.

2.5.1.1. Alcantarillado Sanitario

Este sistema está conformado principalmente por los colectores paralelos al río Cali, colectores margen izquierda, colector margen derecha, trasvase y el colector Menga.

Colector margen derecha: se localiza paralelo al río Cali, sobre su margen derecha consta de una longitud promedio de 5.029m de diámetros entre 8" a 1.4m y profundidades de 3m.10. Inicia en la Avenida del Río con 14 Oeste, frente al Zoológico Municipal y descarga sus aguas al Colector Margen Izquierda, a la altura de la Clínica de Nuestra Señora de los Remedios, en el sector correspondiente al barrio El Piloto. Recibe las aguas residuales de una parte del centro de la ciudad.

Colector margen izquierda: se localiza sobre la margen izquierda del río Cali. Está constituido por una tubería con una longitud total de 12.134m con diámetros entre 15" a 1.8m, con 5.5m de profundidad, que inicia en el barrio Terrón Colorado y concluye con una descarga libre sobre el río Cali, aproximadamente 800 m antes de su entrega. Recoge las aguas residuales del norte y parte del centro de la ciudad.

En su recorrido recibe las aguas residuales captadas por el colector margen derecha. Actualmente, se presenta colapsada la parte de la tubería de entrega debido a una falla en el terreno.

Trasvase: consta de dos tramos, el primero con un diámetro de 36" y 380m de longitud, que va desde el Colector Margen Izquierda hasta la Estación de Bombeo Floralia, el segundo una tubería de impulsión de 33" de diámetro y de 4300 m, que inicia en la Estación de Bombeo Floralia hasta la PTAR-C.

2.5.1.2. Alcantarillado Pluvial

El drenaje Noroccidental cuenta con una longitud de 13.979 Km de canales abiertos. El cual drena las comunas 1, 2, 3, 4, 6 y Yumbo (Zona Noroccidental y Norte). La margen izquierda del río Cali y una pequeña parte del centro de la ciudad, es drenada por gravedad

a través del sistema de canales que descargan finalmente al río Cali, que recorre la ciudad de oeste a este entregando por ultimo al río Cauca.

Los canales que conforman el drenaje Pluvial son: Santa Teresita, Santa Rita, Centenario, Santa Mónica, Av. 4N - La Flora, Calle 45N - Vipasa, Av. 3N, Calle 52N, Menga, Brisas de los Álamos, los Guaduales y canal ACOPI.

2.5.1.3. Estaciones de Bombeo

En la zona de estudio se encuentran ubicadas dos Estaciones de Bombeo: Floralia y Guaduales.

Estación de Bombeo Floralia: Está localizada al nororiente de la ciudad cerca de la confluencia de los ríos Cauca y Cali. Drena una franja importante de la margen derecha del río Cali, incluyendo parte de las aguas residuales de los barrios Calima, Floralia, Flora Industrial y Guaduales. Fue diseñada para evacuar las aguas lluvias de las zonas bajas del sector, sin embargo actualmente llegan aguas residuales, especialmente del sector industrial que vierte al alcantarillado de la Ciudad. Esta Estación cuenta con un sistema en paralelo que consta de 4 bombas, cada una con capacidad de bombeo de 250L/s, además la estación cuenta con un sistema de 4 bombas auxiliares con capacidad de 2500 L/s, disponibles para los eventos de lluvias (EMCALI, 2006).

Estación de Bombeo Los Guaduales: Fue construida en 1997, se ubica en la margen derecha del río Cali, en el sector Guaduales, drena los barrios Floralia y Guaduales. Es una estación de aguas lluvias y cuenta con una capacidad instalada de 8 m^3/s. Opera solamente un mes al año.

2.6. ASPECTOS LEGALES ESPECÍFICOS DE LOS JARILLONES

2.6.1. Jarillón Floralia (Cali)

Este Jarillón se extiende desde la Calle 70 por la margen derecha del río Cali, hasta la desembocadura en el río Cauca y continuando en dirección sur hasta el Paso del Comercio. Se localiza sobre una franja de terreno que formó parte de la Hacienda La Flora en la década de los años 1970 a 1979, terreno sobre el cual el Instituto de Crédito Territorial proyectó la construcción de viviendas para la nueva urbanización que se denominaría Floralia.

Con este propósito, el Instituto de Crédito Territorial adquirió parte de los terrenos requeridos para el proyecto, a la Sociedad Inversiones Isaac Posem Ltda., mediante Escritura Pública Nº 1032 de 1979 otorgada en la Notaría 3ª de Cali y aclarada por medio de la Escritura Pública No. 3120 de 1979 de la misma Notaría, debidamente registrada con la Matrícula Inmobiliaria correspondiente en la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos del Círculo de Santiago de Cali.

Otra parte del terreno fue adquirida de la Sociedad Agro Inmobiliaria Ltda., mediante la Escritura Pública No. 5979 de 1978 de la Notaría 2ª de Cali, aclarada con la Escritura Nº 3786 de 1979 y registrada en la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos del Circuito de Santiago de Cali.

Como quiera que los terrenos eran susceptibles de ser inundados por los desbordamientos de los ríos Cali y Cauca, se requería construir por parte del ICT, un Jarillón marginal a los ríos Cali y Cauca, para lo cual se solicitó y obtuvo concepto favorable de la CVC en 1991. Debido a que existían algunos minifundios en el alineamiento del dique, se debieron negociar los terrenos y entrar el ICT a ejercer dominio sobre 296.000 m². Una vez verificada la propiedad de la totalidad de los terrenos sobre los que se construiría el Jarillón aledaño a los ríos, se entra a ejecutar la obra de protección contra las inundaciones.

El Instituto de Crédito Territorial por su parte, cede con posterioridad al Municipio los predios de la siguiente manera:

- Una primera entrega a título gratuito, mediante Escritura Pública 1879 de 1989, al Fondo Rotatorio de Tierras Urbanas del Departamento Administrativo de Valorización Municipal, la franja de terreno correspondiente a la zona de protección del Río Cali, a fin de darle aplicación al Decreto 1449 de 1977. A la fecha de entrega ya existían moradores en la franja y así se acepta en los documentos de transferencia. Se menciona después la existencia de un contrato de comodato con la Asociación de Agricultores Urbanos para destinar un tramo de los terrenos a la producción agrícola, entre las calles 72L y la calle 84. EMCALI dotó de servicios públicos a esta zona, habilitándola como zona urbana.
- Una segunda entrega como cesión obligatoria para la aplicación del Reglamento de Usos del Suelo, de la extensión de terreno comprendido por una franja de 13.647,60 m², a través del Fondo Rotatorio de Tierras Urbanas y mediante Escritura Pública No. 1586 de 1989, para destinarlo para zona de protección y aislamiento del Jarillón del Río Cali, entre las calles 72C y 73.
- Cesión como zona verde, por parte de la Urbanizadora Los Alpes Dorados, mediante Escritura Pública No. 3488 de 1983, de la franja de terreno que hace parte de la zona de protección del Río Cali, localizada entre las calles 71ª y 72C.

El total de la superficie cedida por el Instituto de Crédito Territorial al Municipio de Cali, fue de 295.906,90 m².

De acuerdo con referencias documentales consultadas (DAGMA, 2000), el Departamento Administrativo de Planeación Municipal aceptó parte del área de aislamiento del río Cali como zona verde, advirtiendo que no sería objeto de construcción por tratarse de zonas destinadas a la reforestación y protección de los ríos, de conformidad con la Resolución J-046 de 1979.

La posesión en derecho de estas franjas de terreno se cumple por parte del Municipio de Santiago de Cali, solamente en calidad de zona verde o de reforestación, ignorando el Jarillón como obra civil de protección de la ciudad, asignando responsabilidades para las

acciones de control, mantenimiento y administración. Sin embargo, al mismo tiempo que se efectuaba la entrega de las tierras por parte de las constructoras, se presentaba el proceso de ocupación ilegal de la obra para solucionar problemas de vivienda.

2.6.1.1. Tipos de posesión

El Jarillón de Floralia, de acuerdo con el estudio del DAGMA del año 2000, revelaron que el número de familias radicadas era de 496 en el año 1986, localizadas en la cara húmeda y berma del Jarillón; en 1999 se detectó que en el Jarillón y sus áreas aledañas se encontraban ocupadas por una población de 2370 habitantes, las cuales conforman 556 hogares, y actualmente conforme a la información del DAPM con proyección a 2011 se cuenta con una población de aproximadamente 4087 personas que corresponden a 767 hogares.

Hoy en día este sector está consolidado principalmente, aunque también se desarrollan actividades de comercio, industria y servicios. Las familias asentadas de hecho en la zona, han usufructuado los terrenos mediante invasión original, compraventa o permuta ante notaría, compraventa mediante transacción verbal, arriendo y comodato.

2.6.2. Jarillón Aguablanca (Cauca)

El Jarillón de Aguablanca fue proyectado a finales de la década de los años 1950, y construido en la década de los años 1960 por la CVC, es decir, unos 20 años antes del Jarillón Floralia (Cali), como parte de un conjunto de obras de adecuación, desecación, defensa y recuperación de los predios afectados por los desbordamientos del río Cauca, según el documento denominado "Proyecto de Aguablanca, Control de Inundaciones, Drenaje y Riego. Cali, 1951" de la firma OLAP LTDA.

Para la construcción del dique se adquirieron las franjas de terreno ubicadas sobre la margen izquierda del río Cauca, con un ancho aproximado de 60 metros, desde el Paso del Comercio hasta la desembocadura del Canal CVC Sur en Navarro, no solo con el criterio de dejar la zona de protección sino de utilización de materiales de préstamo para la construcción del dique. Las obras fueron cobradas por valorización a los propietarios de las tierras y predios agrícolas quienes eran los beneficiados.

De acuerdo con los resultados del estudio del DAGMA del año 2000, se pudo establecer que la franja entre el Jarillón y la orilla del río Cauca varía de unos pocos metros en algunos sectores hasta más de 100 metros en otros, lo que da a entender que la localización de la obra no obedeció en todas partes a los 60 metros que conformaron el corredor de negociación.

2.6.2.1. Tipos de Posesión

Las formas de adquisición de los predios por los actuales ocupantes se ha producido desde hace más de 30 años, siendo el proceso de posesión más relevante el ocurrido en las últimas dos décadas.

Como en el caso del Jarillón Floralia (Cali), en el de Aguablanca (Cauca), las familias asentadas por vías de hecho han sido, en orden de importancia, invasores originales, transacciones de compraventa o permuta sin papeles, compras por transacción verbal y compraventa o permuta con protocolización ante notarías. También se presentan casos de predios en arriendo, donación y comodato.

En el sector conocido como Brisas del Cauca, localizado entre la vía férrea y Juanchito aproximadamente, el proceso de invasión se detuvo pero se inició el de compra, venta o alquiler de mejoras.

En toda el área ocupada por el Jarillón las viviendas se caracterizan por ser en un 60% consolidada. Estas y los demás tipos de posesión son empleados fundamentalmente para vivienda, asociados a usos complementarios con actividades económicas informales.

2.6.2.2. Actuación Jurídica y Legal Institucional

Las condiciones actuales de asentamiento y consolidación en el área de influencia del Jarillón, han sido propiciadas en parte, por actos oficiales de diferente naturaleza.

En este sentido se pueden mencionar los siguientes hechos:

- Dentro de la franja adquirida por la CVC como zona de aislamiento y préstamo de materiales, se encuentran vigentes 17 contratos de arrendamiento con destino al pastoreo de animales, dentro del área de la berma del Río Cauca.
- Mediante Escritura Pública de Abril de 1985, la CVC cede en comodato 1030 m² de terreno dentro de la berma, a la Arquidiócesis de Cali para la construcción de un templo.
- En el año de 1993 INVICALI adquiere de la CVC un área de 45000 m² para destinarlo como cordón ecológico dentro de la Poligonal E, como resultado del acuerdo 017 de 1993 del Concejo Municipal de Cali, reubicando el anterior cordón ecológico para permitir el desarrollo de viviendas hacia el oriente, en dirección al Jarillón, del sector Aguablanca.

Estas circunstancias permiten establecer que aunque la CVC es la propietaria mayoritaria y administradora de las tierras sobre las que se construyó el Jarillón de Aguablanca, se han dado hechos que son incompatibles con la destinación de las tierras involucradas en el proyecto de control de inundaciones.

La CVC por su parte, en numerosas oportunidades se ha pronunciado ante las autoridades municipales por las decisiones y normas reglamentarias urbanas que han permitido un desarrollo subnormal sobre toda el área del Jarillón, en detrimento de los requerimientos del proyecto, por la vulnerabilidad que presentan las viviendas a las crecientes y a los procesos de erosión marginal del cauce, como respuesta a los movimientos laterales naturales de los ríos en la planicie aluvial. La Corporación a la vez, ha conceptuado sobre la inconveniencia de facilitar en la berma del río Cauca los rellenos, las construcciones, las vías vehiculares y

el desarrollo de parcelas de producción agropecuaria, solicitando asumir con propiedad la conservación del proyecto de control de inundaciones entre el Canal CVC Sur y el río Cali, para buscar la recuperación de las áreas anexas al proyecto.

La normatividad urbana por su parte, por sus imprecisiones, también ha sido fuente de interpretaciones que favorecieron la intervención del Jarillón y la berma con actividades incompatibles a su función.

En el Acuerdo 014 de 1991, por el cual se delimitó el perímetro urbano, diferentes secciones del Jarillón se involucraron en las Comunas 6 y 7 de la zona urbana y la Poligonal E de la zona suburbana. En documentos oficiales se hace referencia al Jarillón en términos de puntos de intersección y ejes para establecer límites. En el plano oficial del Municipio de Cali, el límite de la ciudad se extiende hasta el río Cauca, dando pie para que se interprete que en el caso del límite de las comunas o sectores en donde se habla de la intersección con el Jarillón, se incluya la obra y se aplique la legislación sobre la franja de berma, ya que específicamente no se omite.

Las secciones 7 a 10 del Jarillón de Aguablanca se encuentran actualmente afectadas por el Acuerdo 017 de 1993, por medio del cual se delimita de nuevo el denominado Parque Natural, Educacional y Recreativo o Cinturón Ecológico y las disposiciones para la Poligonal E. En este Acuerdo, que modifica otros anteriores, cambia la porción comprendida entre la Planta de Tratamiento de Puerto Mallarino y la Carretera a Navarro, con el fin de liberar como zona de expansión, las tierras contiguas al talud seco del Jarillón, para desarrollos de vivienda en el Distrito de Aguablanca.

La nueva delimitación del Cinturón Ecológico, establecida en el mencionado Acuerdo, lo hace coincidir con la zona de protección del río Cauca, comprendiéndola entre el eje de la futura carretera paralela al Jarillón, a una distancia de 10 metros del Jarillón y el río, es decir, incluyendo la berma, redefiniendo los usos del suelo permitidos en esta franja. Esto implica que se modifican los usos establecidos desde el Plan de Desarrollo sobre la Poligonal E, pasando de ser área de expansión urbana con uso mixto industrial y residencial de vivienda productiva a área de desarrollo de vivienda de interés social.

El escenario normativo para el Jarillón de Aguablanca y la Poligonal E es contradictorio e incompatible con sus funciones. En teoría, la zona de la Poligonal E debe permanecer como zona verde, al declararse como área de reforestación obligatoria, debiéndose cumplir con lo determinado en el Código Urbano de Cali y el Acuerdo 017 de 1993. Pero de otra parte, se desconoce la disposición de los Acuerdos 03 de 1983 y 18 de 1998 de la CVC que establece la excepción de que las tierras involucradas en obras de control de inundaciones deben permanecer libres de vegetación arbórea, quedando implícito el hecho de que no pueden darse otros usos.

2.6.3. Estado Físico del Dique

Con base en los estudios realizados y tenidos en cuenta en desarrollo de este trabajo (DAGMA 2000, 2008, 2011 y 2012), la estructura del Jarillón tanto del río Cali como del

río Cauca (teniendo en cuenta que las intervenciones son similares) viene soportando diferentes actividades e intervenciones que afectan la estabilidad del dique. Los aspectos que inciden en el estado físico de la estructura son:

2.6.3.1. Alteración del Dique por Uso

- **Asentamientos Humanos**. Esta actividad generada por la ausencia de gobernabilidad municipal, se identifica a lo largo de la estructura del jarillón río Cauca margen izquierda, pero específicamente en este sector se caracteriza por presentar asentamientos humanos de mejores condiciones de calidad vida, una gran cantidad de viviendas cuentan con estructuras confinadas en concreto y ladrillo y buenos acabados de uno y dos pisos, se visualiza casas campestres parcelas, caballerizas y, lo más grave, industria, hay infraestructura aporticada de empresas de estibas, madera palos de escobas, postes metálicos y monopolos.

- **Conformación de Rellenos Alrededor del Dique**. Actividad que se registra a lo largo del Jarillón, realizada por los invasores que depositan materiales de relleno y/o escombros de construcción a partir del dique y en dirección hacia el Río zona de berma, con el objeto de nivelar el terreno a la altura del dique y construir sus viviendas.

- **Accesos Vehiculares al Dique**. Acción consecuente de la anterior y consiste en construir los accesos vehiculares desde el terreno natural hasta el nivel del dique y acceder a la zona invadida entre el dique y el río Cauca; las rampas ejecutadas cortan la sección transversal del dique. Actualmente la corona del dique funciona como un carreteable a todo lo largo del proyecto en estudio.

- **Descarga de Escombros y Basuras sobre el Dique**. En los sectores donde no se registra población el dique se utiliza como vía de penetración para descargar escombros sobre la berma y cuerpo del dique, se identifican botaderos Crónicos a lo largo de la estructura, por escasos sitios de acopio en la ciudad de Cali para el correcto y legal depósito de todo tipo de escombros que genera la ciudad; en los últimos años los constructores y transportadores de escombros (volquetas y carretilla de tracción animal) han depositado un volumen muy alto de escombros generados en la ciudad, a orillas del jarillón del río Cauca, en su margen izquierda.

- **Caracterización de los Escombros:** Los escombros son generados principalmente en el sector norte, centro y oriente de la ciudad, transportados en carretillas y volquetas, estos son el producto de las demoliciones del mejoramiento del sector habitacional y de obras pequeñas y medianas del sector referenciado (ladrillo, concreto, mortero, teja de barro, cerámica), estos escombros están contaminados en un porcentaje inferior al 20% por material orgánico como tierra, cartón madera, también plástico, PVC, vidrio y demás residuos sólidos.

- **Construcción Directa sobre el Dique**. Esta situación se ha presentado de forma temporal cuando se han registrado las crecientes del Río; en la actualidad, de acuerdo

con las observaciones de campo se puede registrar una zona donde las viviendas se construyeron excavando el dique y afectando su geometría inicial.

Estas acciones de intervención de la población afectarán la estabilidad del dique mientras generen una degradación de su geometría, más específicamente una disminución de las dimensiones iníciales de diseño.

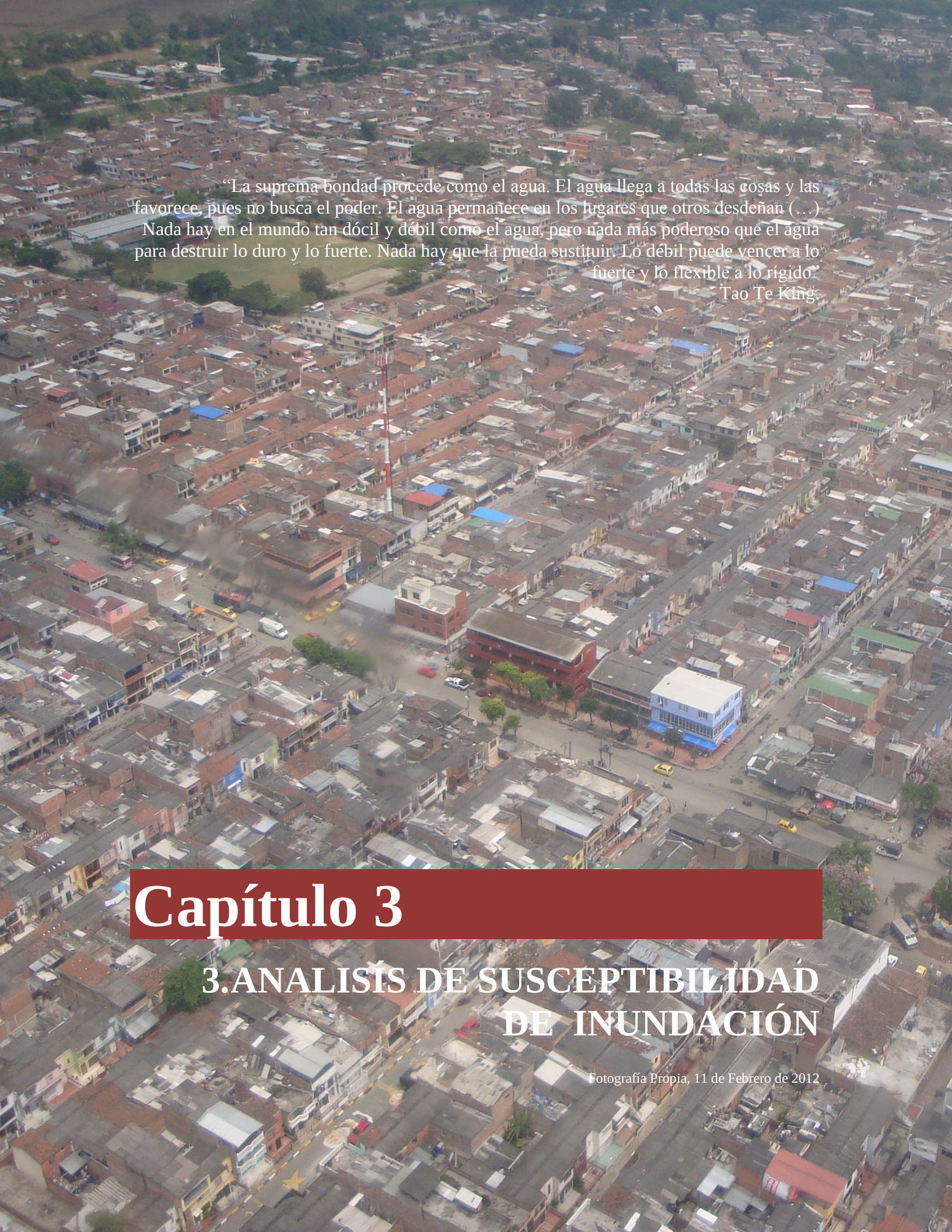
La CVC reporta una geometría inicial literalmente así: En la determinación del nivel de cresta del dique del río Cauca se adoptó un borde libre de 1.5 m por encima de nivel de la riada de una vez en 100 años. Otras características del dique son como sigue: anchura de la cresta: 6.00 m; talud lateral hacia el río: 2:1 para los dos metros superiores y 2½:1 por debajo de este límite; talud lateral hacia tierra: 1½:1 para los 3.0 m superiores y 2:1 por debajo de tal limite.

Este aspecto en sitio no se puede observar tan fácilmente, con base en la evaluación por inspección visual y descripción se puede indicar que esta geometría ha sido modificada en las áreas de mayor concentración de invasores, es típico el uso del dique como carreteable con la respectiva disminución de la cota de la corona donde existen acceso o rampas.

Físicamente, la geometría inicial se ha perdido en toda la zona de invasión y en sitio no se puede identificar realmente cual es la zona de cuerpo construida inicialmente, ya que el dique presenta rellenos laterales que alcanzan en algunos casos la orilla del cauce.

2.6.3.2. Ataque del Dique por Actividades de Insectos

Este fenómeno se convierte en el aspecto más crítico que afecta la estabilidad del Jarillón y su incidencia es inmediata. Su efecto compromete el cuerpo del dique y pone en alto riesgo el funcionamiento del mismo cuando se presentan las crecientes. Las hormigas arrieras se han instalado en el dique, construyendo sus hormigueros en el cuerpo. Esta condición genera la conformación de túneles, cámaras y cárcavas a través del mismo, que bajo la acción del agua funcionaran como tubificadores, llevando a un estado de falla el dique. Este efecto es más crítico donde el dique todavía conserva su geometría inicial.



"La suprema bondad procede como el agua. El agua llega a todas las cosas y las favorece, pues no busca el poder. El agua permanece en los lugares que otros desdeñan (…) Nada hay en el mundo tan dócil y débil como el agua, pero nada más poderoso que el agua para destruir lo duro y lo fuerte. Nada hay que la pueda sustituir. Lo débil puede vencer a lo fuerte y lo flexible a lo rígido"

Tao Te King.

Capítulo 3

3.ANALISÍS DE SUSCEPTIBILIDAD DE INUNDACIÓN

Fotografía Propia, 11 de Febrero de 2012

A continuación se desarrolla el análisis de susceptibilidad, es decir, la mayor o menor predisposición a que un evento ocurra sobre determinado espacio geográfico cobra mayor relevancia en un ámbito urbano debido a la afectación directa sobre la variable que determina la vulnerabilidad: la población; en el cual se tratará de determinar la susceptibilidad por inundación en la zona de estudio.

3.1. IDENTIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR INUNDACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Características presentes en la zona de estudio

El anillo de protección de la zona de estudio se encuentra delimitado por el Jarillón Floralia que se extiende desde la Calle 70 por la margen derecha del río Cali, hasta su desembocadura en el río Cauca y continúa en dirección sur hasta el Paso del Comercio donde se intercepta con el terraplén de la recta Cali – Palmira en sentido este– oeste, hasta llegar nuevamente a la calle 70.

Este sector tiene una población representativa concentrada en un área de 215 Ha con una densidad de 430 habitantes por hectárea (Ha), según información suministrada por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal, una de la más alta para una población asentada en cercanías del río Cauca y río Cali, como se referencia en la Figura 3.1.

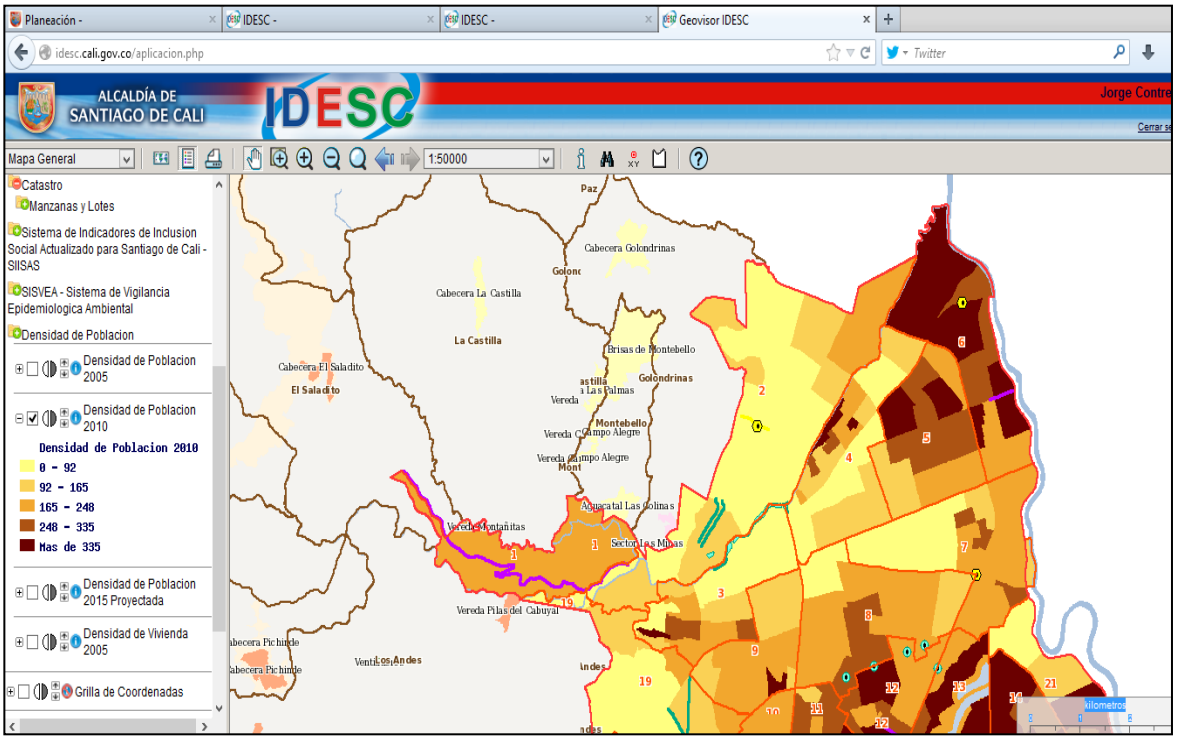


Figura 3.1 Plataforma IDESC http://idesc.cali.gov.co/

La peligrosidad y la amenaza son sinónimos del potencial de peligro que representa un evento natural o antrópico. Este potencial, en un análisis estadístico o determinístico de las variables del evento, se puede expresar como una probabilidad de ocurrencia y, a través de un modelo, pronosticar su posible evolución; este trabajo ha sido adelantado por varias instituciones del municipio como el DAGMA, el Departamento de Planeación Municipal, la CVC y la Corporación OSSO. En el presente capítulo se realizará una referencia sintética de varios estudios, resaltando los datos más relevantes que han ayudado a enriquecer el presente documento.

La susceptibilidad representa otro enfoque del mismo problema pero basado en un análisis heurístico (experto) e histórico. Esto es, basándose en una visión retrospectiva de los eventos sucedidos en una región, de ciertas características geomorfológicas, hidrológicas, edafológicas, etc., se realiza una zonificación de aquellas zonas afectadas y se califica su mayor o menor predisposición ante dicho evento (Soldano, 2009).

3.1.2. Revisión de información hidráulica relacionada con los ríos Cauca y Cali

Esta parte del Capítulo contiene los resultados de la revisión bibliográfica más relevante de las condiciones hidráulicas de los ríos Cauca y Cali asociados a los diques de protección de Aguablanca y Floralia.

Teniendo en cuenta los resultados del estudio del DAGMA del año 1998, se establece que en el año 1968 se efectuó en el río Cali la más grande intervención de la cuenca, mediante la rectificación al cauce en el tramo comprendido en las actuales calles 34 y 56 de los terrenos de la familia Bueno Madrid, construyendo un nuevo alineamiento y rellenando gran parte del cauce y del valle de inundación, en un movimiento de tierra estimado en 400.000 m^3.

La evaluación morfológica del estudio citado, identifica que el río Cali entre las calles 25 y 70 ha tenido drásticos cortes asociados al enderezamiento del cauce para la eliminación de curvas que daban al río un carácter sinuoso. La alteración del alineamiento del río es menor en el tramo final hacia la desembocadura en el río Cauca.

También destaca la elevación del cauce en el tramo final del río Cali por agradación o sedimentación, debido a la alteración de su morfología, conllevando a EMCALI E.I.C.E E.S.P en el año de 1988 a realizar un dragado de aproximadamente 1,2 metros de profundidad, entre la calle 34 y la desembocadura al río Cauca.

El estudio del Instituto CINARA del año 2005, establece que cuando el nivel en el río Cauca es igual o mayor a un periodo de retorno de 10 años se presenta contraflujo y represamiento en el río Cali, ocasionando represamiento del canal Los Guaduales.

También indica que la influencia del río Cali como receptor final del sistema de drenaje depende del caudal de transporte; este hecho se confirma cuando en condiciones base los

caudales que transita el río Cali (1 y 2 m3/s) produce remanso en el sistema por las condiciones de entrega del canal Los Guaduales; en las condiciones de verificación, con lluvias asociadas a periodos de retorno mayores a 5 años se presentan desbordamientos en el canal Los Guaduales.

En general, los represamientos en los canales se deben a la condición de entrega en el río Cali, es decir, diferencias menores a un metro con respecto a la cota de fondo en la descarga al río Cali, la cual es fácilmente superada por el río Cali.

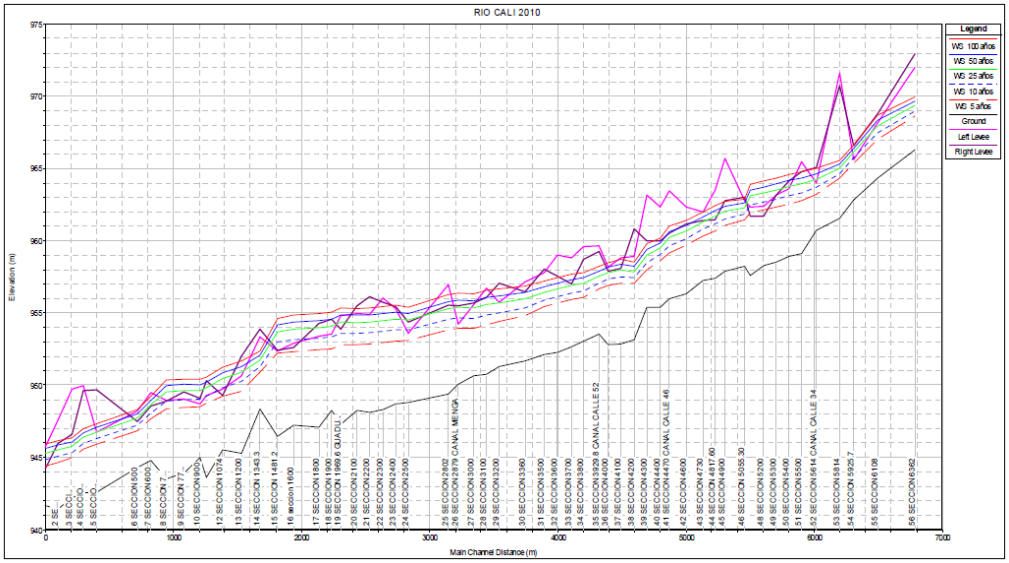
Según el estudio de la CVC con Fundación Ciudad Verde del año 2010,el río Cali en su recorrido desde la confluencia con el río Aguacatal hasta la calle 70 ha recibido las aguas de diferentes canales y a su vez ha recorrido tramos, principalmente entre la portada al mar y el puente de los bomberos donde el cauce tiene una capacidad máxima para caudales con un período de retorno de 1 en 25 años, se estima que las aguas que entran y las aguas que salen son equivalentes y por lo tanto se considera que en la entrega al río Cauca se presenta para un período de retorno de 1 en 100 años un caudal de 280.99m^3/s.

Sin embargo, teniendo en cuenta que en estudios anteriores se ha demostrado que la capacidad de la sección hidráulica del río Cali en el tramo La Tertulia – CAM no supera el caudal para un período de retorno de 1 en 25 años, el flujo que entrega al río Cauca sería menor, debido al desbordamiento en la zona mencionada.

Se resalta la gran influencia que ejerce el río Cauca sobre el río Cali, y éste a su vez sobre los canales pluviales; de los resultados se observa que la frecuencia de 1:30 del río Cauca induce desbordamientos generalizados en el río Cali, aún con una frecuencia baja de éste, como 1:2 años. Así mismo se observa la influencia de esta combinación de frecuencias (Cauca: 1:30 y Cali 1:2) sobre los canales pluviales más bajos, entre ellos el Canal Los Guaduales (sin bombeo), los que evidencian desbordamientos generalizados aún para la condición de aporte nulo de las áreas tributarias de los canales.

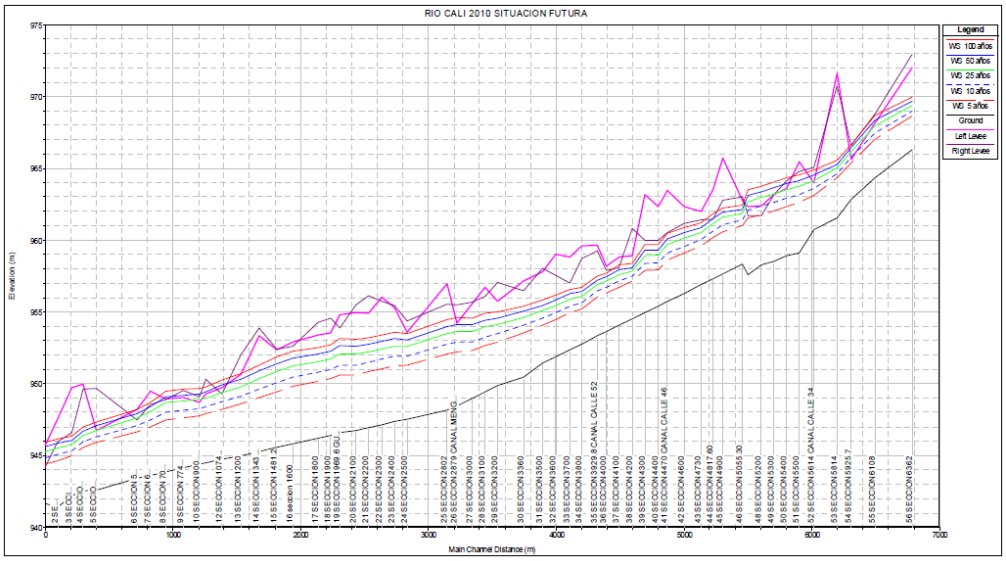
En segundo término se aprecia la influencia del río Cali sobre los canales, ya que con niveles moderados del río Cauca (1:3) y niveles del río Cali 1:50, se presenta desbordamiento generalizado en todos los canales cuando estos afrontan caudales de frecuencias 10, 20 y 50, y aún en la condición de no aporte de las áreas tributarias de los canales, hay desbordamiento generalizado en los canales Menga (calle 67), Los Guaduales (sin bombeo) y Acopi (DAGMA, 1998).

En las Gráficas 3.1 y 3.2, se realiza un análisis comparativo de como la recava disminuye los niveles de agua en el río, por ejemplo en la descarga de la estación Los Guaduales el nivel del agua para 1 en 25 años pasa de 954.35 a 952.09 msnm. En la descarga del canal Menga ubicado inmediatamente aguas arriba de la calle 70 para este mismo período de retorno, el nivel pasa de 955.39 a 953.63msnm y en la descarga del canal de la calle 52 pasa de 957.80 a 956.92msnm. Este análisis se ha hecho para un período de retorno de 1 en 25 años, por ser la máxima capacidad del río Cali en el tramo entre La Tertulia y el CAM.



Gráfica 3.1 Perfil hidráulico rio Cali entre la calle 26 y su entrega al río Cauca, condición sin control por niveles del río Cauca, situación actual.

Fuente: CVC-Fundación Ciudad Verde 2010

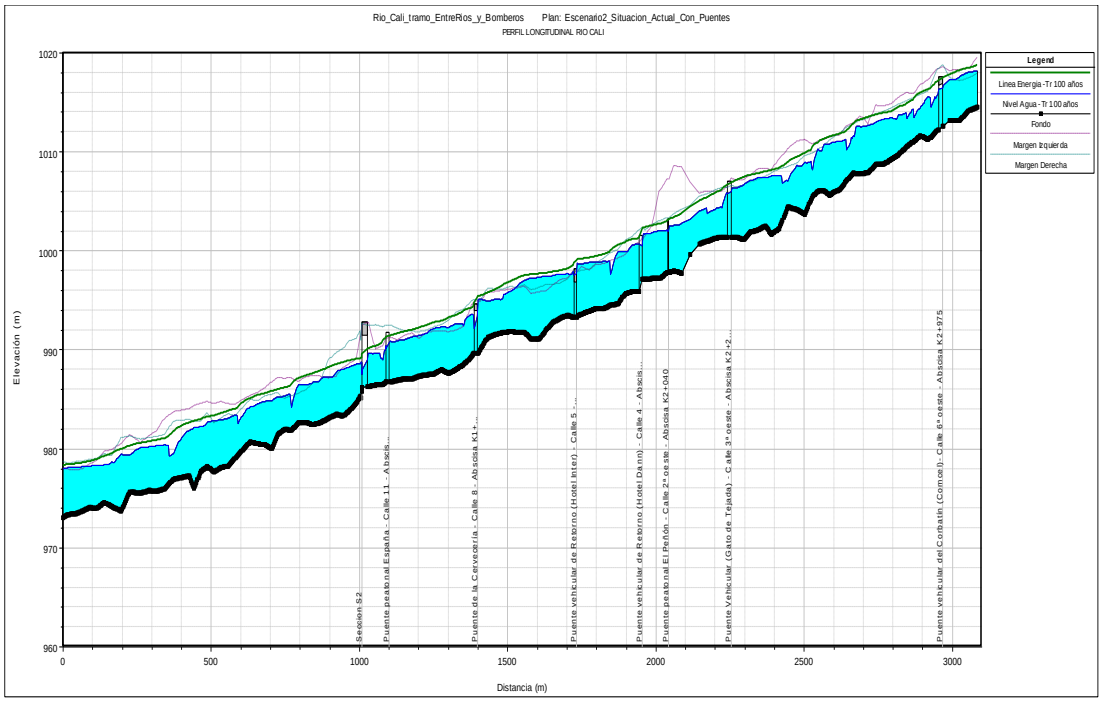


Gráfica 3.2 Perfil hidráulico rio Cali entre la calle 26 y su entrega al río Cauca, condición sin control por niveles del río Cauca, situación con recava.

Fuente: CVC-Fundación Ciudad Verde 2010

Mientras que el Estudio Hidrológico e Hidráulico del río Cali, realizado por la CVC – EMRU en el año 2010, simula las condiciones predominantes en el cauce del río Cali con los diferentes estrechamientos que le ocasionan los puentes que hay en este sector, según se puede apreciar en los resultados del modelo Gráfica 3.3, el río Cali se desbordaría por ambas márgenes en amplios e importantes trayectos. Aunque se demostró con los

resultados del escenario 1 que buena parte del desbordamiento se produce por la disminución paulatina que ha sufrido la capacidad hidráulica del cauce, otra buena parte de los desbordamientos se debe al represamiento y el consecuente remanso que se presenta por el estrechamiento ocurrido en las secciones de algunos puentes.



Gráfica 3.3 Perfil longitudinal Río Cali – Escenario 2: Geometría actual con puentes.

Fuente: CVC – EMRU, 2010

La consultoría del DAGMA del año 2012, concluyó que la recopilación y análisis de información existente, el levantamiento batimétrico y topográfico del río Cauca y sus afluentes tributarios (canal Interceptor Sur y río Cali), considera tres sitios de "rotura" de diques en el río Cauca, un sitio de "rotura" en el dique del río Cali, para periodos de retorno de las crecientes en cada cauce de 10, 30 y 100 años.

Como producto final del estudio, se determinaron los mapas de inundaciones para el Municipio de Santiago de Cali, originadas por las crecientes simultáneas del río Cauca y los tributarios río Cali y el canal interceptor Sur, para los períodos de retorno evaluados.

Para la ejecución de la modelación matemática hidrodinámica bidimensional de los escenarios establecidos, se empleó el modelo CCHE2D, a partir de cuyos resultados y empleando una metodología comúnmente usada, se determinaron los niveles de amenaza por el fenómeno de inundaciones en cada área afectada de la ciudad de Cali (alto, medio o bajo).

Con relación al río Cauca, como conclusión general de este estudio se puede mencionar que, sin rotura del jarillón no se presenta desbordamiento de aguas, pero de presentarse rotura del jarillón de su margen izquierda, sea en un sitio entre el canal Interceptor Sur y la desembocadura del río Cali, las inundaciones afectarían gran parte de las comunas 21, 14, 13, 12, 7, 6 y 5, donde el límite de la amenaza se extiende paralelo al río Cauca desde el Barrio Pisamos II hasta el dique con el río Cali y perpendicularmente entre el río Cauca y un poco más de la calle 70 y Autopista Suroriental.

En el caso del río Cali, la modelación matemática hidrodinámica realizada sin rotura de diques, presenta desbordamientos en tres sectores sobre la margen derecha para periodos de retorno de la creciente de 30 y 100 años, y en tres sectores sobre la margen izquierda para periodos de retorno de la creciente de 10, 30 y 100 años, afectando gran parte de la comuna 6 y parte de la 7, y el sector aledaño a la margen izquierda del río, lo cual se aprecia en las figuras 3.2 a 3.3.

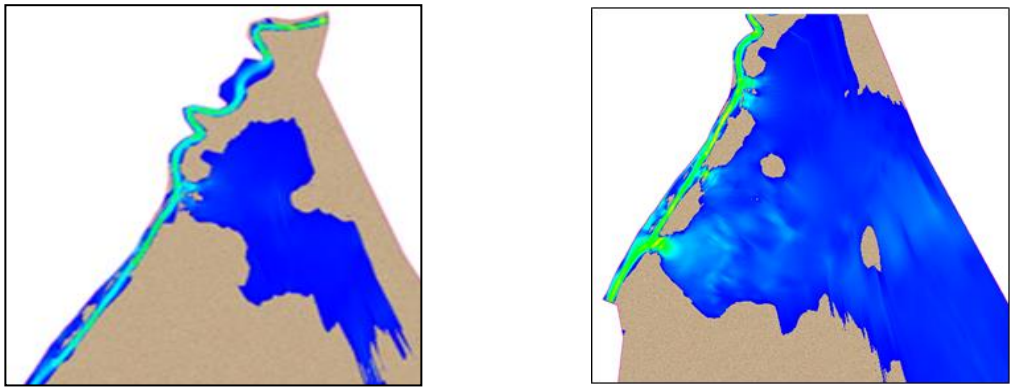


Figura 3.2 Desbordamiento de Dique para Períodos de Retorno Tr=30 y Tr =100 años. Prototipo 2

Fuente: DAGMA, 2012

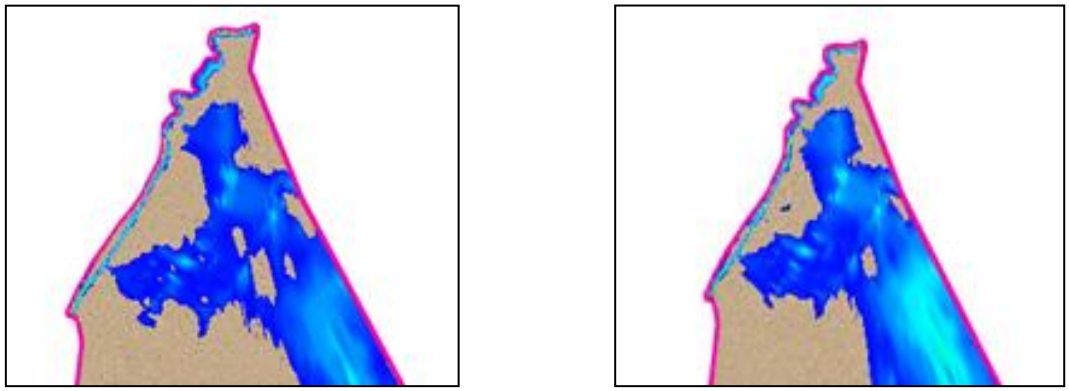


Figura 3.3 Rotura sobre el dique derecho del río Cali en el K2+520, Tr 30 y 100 años

Fuente: DAGMA, 2012

Como limitaciones del documento se resalta las condiciones de fronteras del estudio en la zona norte, correspondiente al mismo río Cali, debido a la poca información cartográfica existente de la margen izquierda barrio Brisas de los Álamos y el municipio de Yumbo; igualmente según lo establecido en la referencia CVC 2010, correspondiente a la insuficiencia de la capacidad hidráulica del río Cali en el tramo de La Tertulia y el CAM, la cual es rebasada para periodos de retorno superiores a 1:25 años y teniendo en cuenta que el jarillón en la margen izquierda del río después de la calle 70 es más bajo o no existe, se deduce que el flujo se desbordaría primero en estos puntos.

Dicho en otras palabras, el caudal que concentra la cuenca del río Cali proveniente de todos sus afluentes para las consideraciones de 1:30 y 1:100 años, no corresponde a la totalidad del caudal que transita por el sector de Floralia en un evento pico.

El estudio de EMCALI EICE E.S.P. del año 2006, define que esta zona se caracteriza por contar con alcantarillado combinado con bajas pendientes, el cual conduce las aguas drenadas hasta la estación de bombeo de Floralia, la cual cuenta con tres colectores principales: el Colector "A", que va sobre la Carrera 4N, desde la Calle 70 Norte hasta la Calle 84, el Colector "B" sobre la Carrera 3N desde la Calle 70 hasta la Calle 84 y finalmente el Colector "C" que intercepta los dos anteriores y se dirige sobre la Calle 84 desde la Diagonal 7N hasta la estación de bombeo de Floralia (Carrera 9N). Los diámetros existentes van desde 10" hasta 2.45m. La tubería es de concreto y tiene una edad aproximada de 20 años.

El sistema presenta insuficiencia en la capacidad de transporte debido a la densificación de la zona, cambios de uso del suelo, carencia de sumideros en buen estado y en cantidad suficiente para contribuir al drenaje superficial, adicionalmente se anexaron áreas no contempladas en los diseños originales, lo cual explica en gran medida las frecuentes inundaciones que en los sectores se presentan.

3.1.3. Elementos de Drenaje del Área de Estudio

3.1.3.1. Sistema de Drenaje y Alcantarillado Mixto de la zona de Estudio

La estación de Bombeo Floralia es una estación trasvase de flujo mixto, donde tributan aguas residuales desde el oeste del río Cali, captando 0,8m³/s del colector marginal izquierdo del río a través de un sifón invertido que entrega a la estación referenciada. Del área del presente estudio capta 0,4m³/s de agua residual, esta sumatoria de 1,2m³/s son impulsados a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR Cañaveralejo mediante 3 bombas de 0.6m³/s, en la Figura 3.4, se presenta el sistema de drenaje y el sentido del flujo natural y el sentido actual de evacuación.

Para periodo de lluvias además de captar e impulsar los 1.2m³/s, de aguas residuales, recolecta los exceso del área de estudio y los vierte directamente al río Cali mediante 4 bombas de 2,25m³/seg., cuando esta capacidad de bombeo es excedida entra a operar un Pondaje que cuenta con una capacidad de 8000m³.

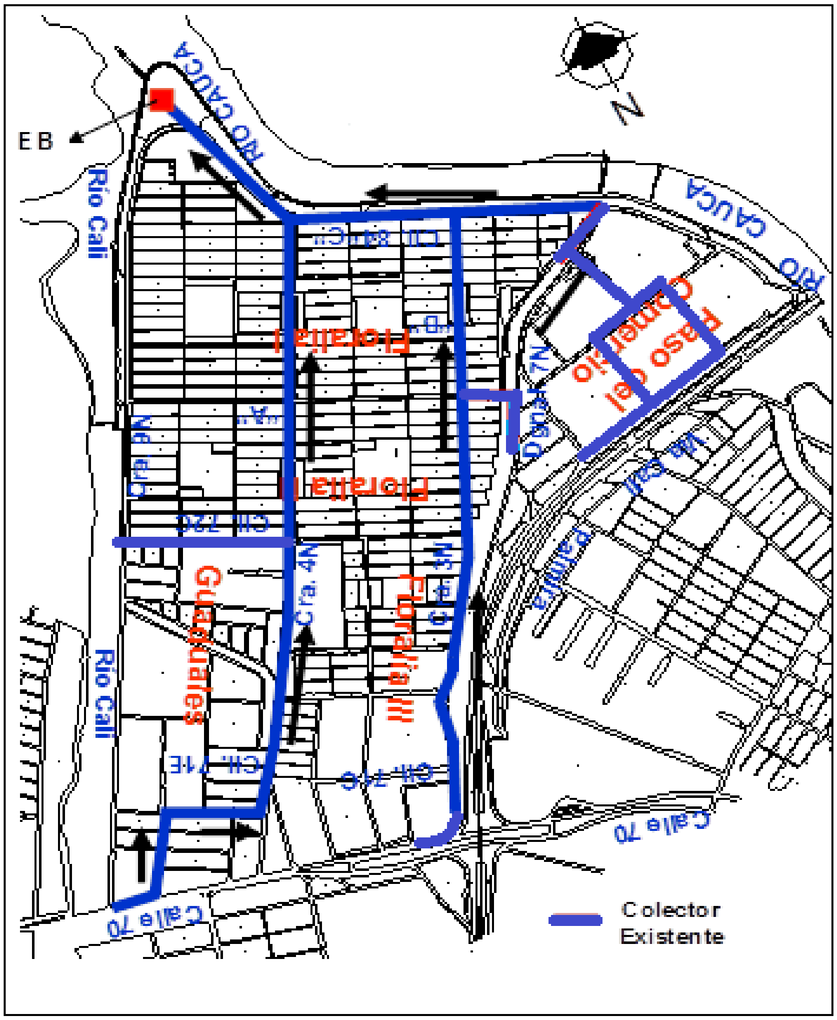


Figura 3.4 Colectores principales del sistema de Alcantarillado Mixto.

Fuente: EMCALI, 2006



REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.1 VISTA PARCIAL DEL PONDAJE DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO FLORALIA

3.1.3.2. Río Cali

Como se registra en la revisión bibliográfica EMCALI EICE ESP en 1988 efectuó una recava de aproximadamente 1.2 metros de profundidad, entre la desembocadura y la calle 34, desde entonces anualmente hasta el año 2010 ejecutó retiros parciales sobre las entregas de los canales en el mismo tramo, el último trabajo documentado en el cauce fue realizado por la CVC entre el año 2011 y principios de 2012, desarrollando actividades de recuperación de la sección hidráulica entre la calle 70 y la desembocadura con promedios de dragado de 1.5 y 2.0 metros de profundidad y retiro de 69.500m^3, esta situación de sedimentación ha sido progresiva, desconociendo las cantidades de aportes por la deforestación de la cuenca en la parte media-alta, de residuos por acción antrópica (minería, disposición de residuos sólidos, vertimientos de aguas residuales) y los efectos de la rectificación del río en el año 1968.

3.1.3.3. Canal Los Guaduales

Este canal localizado en el área de estudio entrega al río Cali, a poco más de 2,2Km de la desembocadura de este, al río Cauca, esta estructura en la actualidad tiene problemas de funcionalidad, debido que no puede desocuparse por sí mismo y no es capaz de descargar las aguas lluvias de escorrentía, porque, las estructuras que componen el canal fueron diseñadas independientemente sin tener en cuenta el efecto hidráulico que tienen unas con otras, adicionalmente la cota de fondo del río Cali está por encima del nivel de batea del canal Guaduales, la cual inicialmente estaba concebida para un funcionamiento hidráulico con entrega a gravedad[1], este canal está diseñado para transportar un caudal máximo de 10m^3/s., y cuenta con un área aferente de 58,7Ha correspondiente al barrio Guaduales y parte de la zona industrial del barrio Calima como se visualiza en la Figura 3,5.

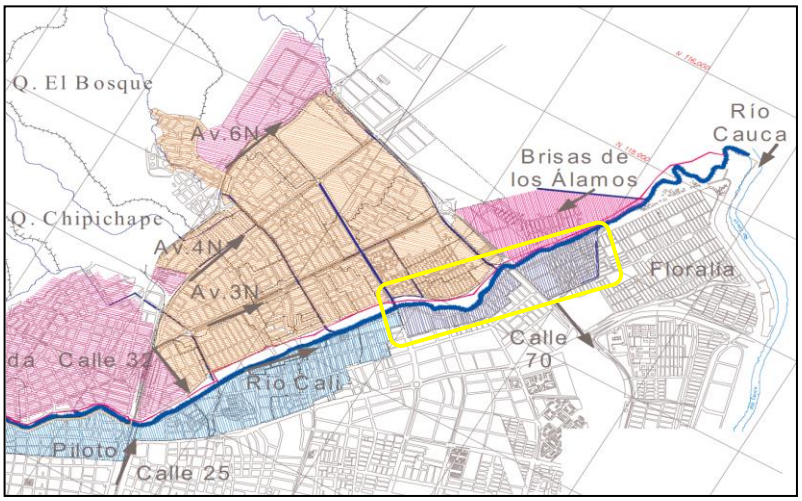


Figura 3.5 Área tributaria pluvial del Canal Guaduales al río Cali

Fuente: UNIVALLE-CINARA , 2005

[1] EMCALI EICE ESP, G. Regalado, Estructura de Entrega del Canal Los Guaduales, 1995

Según información de EMCALI EICE ESP en el año de 1996, con la elevación del lecho del río Cali, se vio la imperiosa necesidad de instalar una estación de bombas en la entrega del canal al río con una capacidad de bombeo instalada de 8 m^3/s., correspondiente a 4 bombas con capacidad de 2m^3/s., para poder evacuar el caudal acumulado en el canal, debido a la obstrucción que generaba la columna de suelo sedimentada del río Cali en la entrega.

Debido a esta situación la zona aledaña al canal delimitada en el mapa 3.2., comenzó con las primeras inundaciones, posteriormente se procedió a construir unos muros perimetrales que ayudaran a mejora la capacidad del canal y a disminuir la recurrencia de inundaciones generadas en eventos de precipitación moderada; en la actualidad EMCALI EICE ESP ha tenido que instalar una planta generadora diesel, para poner en funcionamiento 2 de las 4 Bombas instaladas con una capacidad de 4m^3/s., para atender contingencias debido al corte del suministro de energía en el sector cuando se presentan precipitaciones intensas.

3.1.4. Jarillones río Cauca y Cali y revisión de información geotécnica

Santiago de Cali está ubicada en una región de Colombia con amenaza sísmica Alta, en la zona de convergencia de las placas tectónicas de Nazca y Suramérica, con varias fuentes sísmicas que la pueden afectar, desde las fallas locales superficiales aún poco conocidas en su comportamiento (Meyer, 1990) – hasta fuentes con demostrado potencial de magnitudes extremas localizadas a distancias de pocos centenares de kilómetros, lo que coloca a la ciudad y al Suroccidente Colombiano en condición de alto riesgo sísmico (García, 1984).

En las últimas décadas la ciudad se ha extendido hacia las áreas ribereñas del río Cauca, sobre recientes depósitos de suelos de origen fluvial con altos niveles freáticos, donde posiblemente se presenten fenómenos de licuación como resultado de las vibraciones del terreno durante un terremoto (Velázquez, 1990).

3.1.4.1. Condiciones Geotécnicas de los Diques de Protección

De acuerdo con los resultados del estudio realizado por el DAGMA en el año 2012, es inminente el corrimiento lateral a lo largo de todo el jarillón del río Cauca; aunque el potencial de licuación detonante del corrimiento es uno que se presenta esporádicamente, producto de la complejidad del medio de depositación de los materiales aluviales, el comportamiento contractivo del material arenoso genera aumento en las presiones de poros como respuesta a cargas sísmicas. Esto a su vez ocasiona una reducción en el esfuerzo efectivo y por ende, reducción en la capacidad de resistencia al corte. Lo cual traduce en deformaciones excesivas cuando el jarillón es sometido a cargas sísmicas laterales.

Se ha demostrado que los efectos del fenómeno de corrimiento lateral afectan una franja mucho menor que la establecida dentro del marco del estudio de Microzonificación Sísmica de Cali (DAGMA, 2005), cuyo ancho fue fijado en 250 metros; según el estudio de la

referencia, la franja que presentará corrimientos en caso de generarse el evento sísmico para un periodo de retorno de 475 años tiene un ancho de 60 metros aproximadamente.

El estudio de la referencia, formula soluciones de reforzamiento del suelo en zonas específicas, eliminando la necesidad percibida de tener que tratar la franja completa de influencia del fenómeno de corrimiento lateral.

El potencial de licuación, y los posibles daños ocasionados por este fenómeno, se consideran menores debido a la composición heterogénea del depósito de materiales aluviales granulares. Esto, sin embargo, no descarta el posible impacto que el fenómeno de licuación pueda causar en estructuras sensibles y de alta importancia dentro de la infraestructura de la ciudad de Cali como son la Planta de Tratamiento Puerto Mallarino, PTAR Cañaveralejo, Estaciones de Bombeo Paso del Comercio y Floralia. Se recomienda la realización de estudios específicos que permitan evaluar el riesgo inherente de dichas estructuras.

La solución necesaria para mitigar el corrimiento lateral del jarillón del río Cauca, debe estar orientada al mejoramiento de suelos para generar densificación del depósito tratado, propicie el drenaje de las zonas reforzadas y aumente la resistencia al corte de las zonas reforzadas.

La implementación de soluciones de refuerzo utilizando elementos rígidos como pilotes o inyecciones de lechada de cemento o mezclas de suelo cemento no se recomiendan debido a su incompatibilidad de deformaciones con respecto al medio que los rodea en el caso de presentarse deformaciones laterales. Esta incompatibilidad, en combinación con su comportamiento quebradizo, ocasionarán la rotura de las inclusiones rígidas y por consiguiente su pérdida de eficiencia para actuar como elementos que proporcionan aumento en la capacidad de resistencia al corte de los materiales.

Los resultados del diagnóstico del estudio realizado por Corporación OSSO en el año 2013 para el Fondo de Adaptación, arroja conclusiones importantes para ser tenidas en cuenta, tales como:

- Desde el punto de vista geotécnico y en condiciones de construcción originales, los diques son estables frente a cargas estáticas.
- Frente a cargas dinámicas, asociadas al evento sísmico de diseño, los diques son altamente vulnerables (CVC/DAGMA. 2011).
- Ante el sismo de diseño Tr 1:450 Años, los suelos sobre los que se cimentan los diques presentarán efecto de licuación y corrimiento lateral, consignado en el estudio de Microzonificación Sísmica (DAGMA, 2005).
- Dos factores, afectan la integridad del dique a largo plazo; la inducida por los seres humanos representados en la excavación y eliminación parcial de los taludes, resultando en algunos cortes verticales que actualmente expuestos a lo largo del jarillón. Estos cortes se hacen típicamente para proveer espacio y acomodar asentamientos subnormales comunes a lo largo de toda la estructura. Además de esto hay casos en que

se han instalado puntos de cruce de tuberías y desagües de servicios públicos a través del cuerpo del dique, generando zonas débiles ocasionadas por posible mala práctica de restablecimiento del relleno a su estado original.

Resultado 1: *El dique no ofrece la protección necesaria cuando los niveles del río Cauca se acercan al nivel de corona del mismo, lo cual se muestra en las Figuras 3.6 a 3.8.*

Resultado 2: *cumplen con la seguridad mínima en todas las condiciones de carga, lo cual se muestra en las Figuras 3.6 a 3.8.*

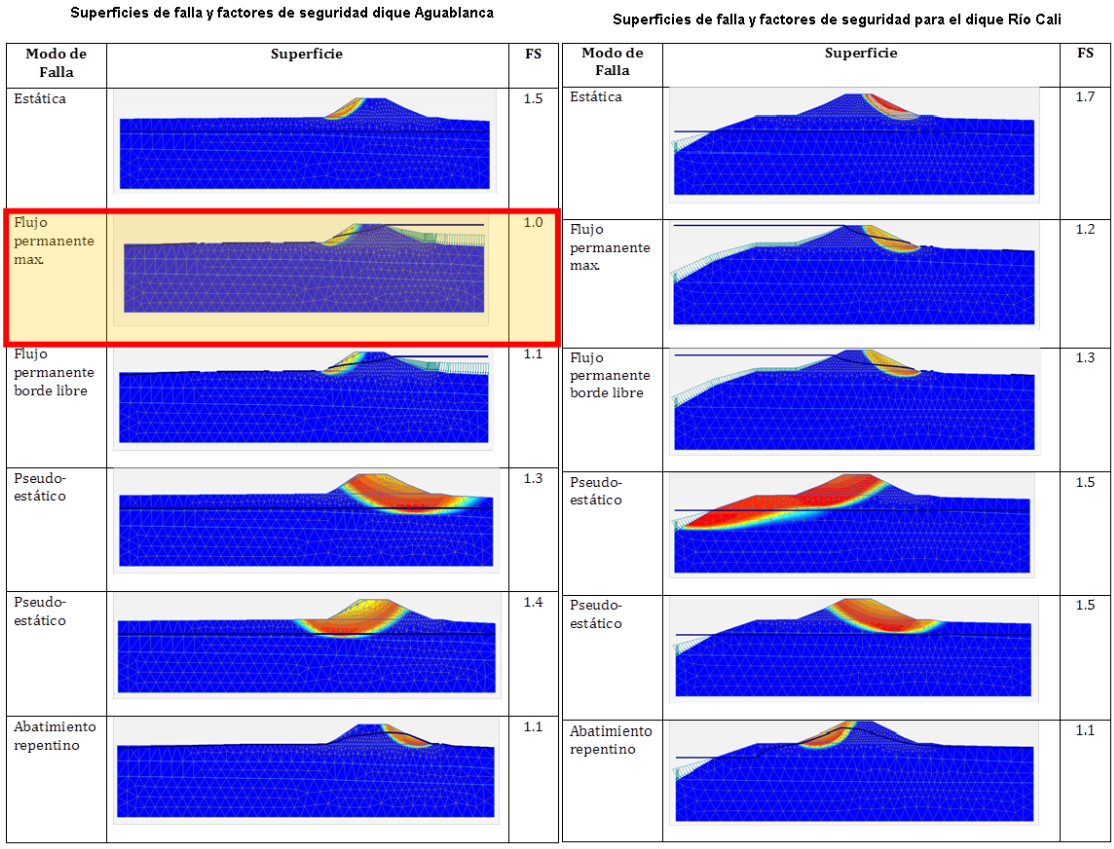


Figura 3.6 Modos de falla analizados en los diques

Fuente: Corporación OSSO – Fondo de Adaptación , 2013

- El dique del río Cali, cuando se consideran intactos, se encuentran en condiciones suficientes de seguridad bajo ciertas condiciones de carga analizadas.
- En general, los diques presentan cierto grado de modificación en diversos sectores generados por hormigas arrieras, por asentamientos humanos y presencia de infraestructura vital sobre el cuerpo del dique.
- La colocación de cargas adicionales sobre los diques generan reducciones en el factor de seguridad bajo diferentes condiciones de carga. Se demostró a través de ejercicios que la acumulación de escombros sobre los diques en una altura de 1.5 metros por

encima de sus niveles de corona o la inclinación del talud húmedo a una inclinación de 1.5:1 hacen que los factores de seguridad bajen a los mínimos aceptables. Cualquier condición que sea más extrema que las analizadas causarán que los diques sean estructuras inseguras con potenciales altos de falla.

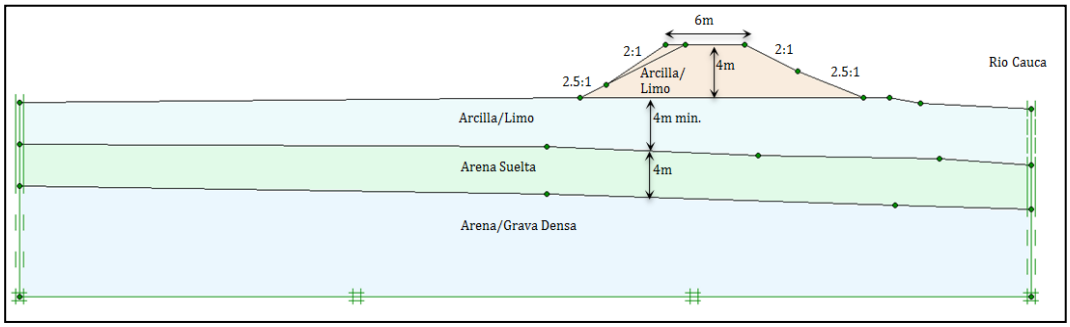


Figura 3.7 Geometría y arreglo estratigráfico dique río Cauca

Fuente: Corporación OSSO – Fondo de Adaptación , 2013

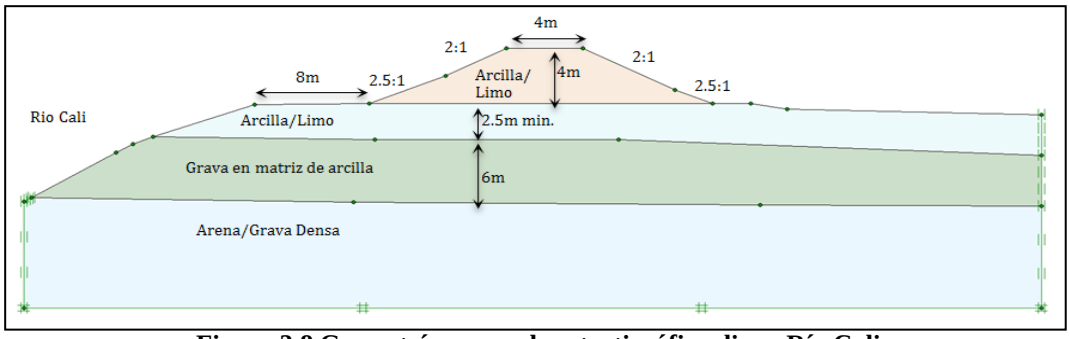


Figura 3.8 Geometría y arreglo estratigráfico dique Río Cali

Fuente: Corporación OSSO – Fondo de Adaptación , 2013

3.2. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.2.1. Procedimiento de análisis

El material utilizado para la determinación de la susceptibilidad de inundación consiste, en información vectorial de diversos orígenes; en particular, se ha utilizado información cartográfica analógica de estudios anteriores:

- ✓ Topografía de EMCALI EICE E.S.P. – AÑO 2011, escala 1:5000
- ✓ Mapa Geomorfológico de PMC CVC 2000
- ✓ Estudios de Diagnóstico y Mitigación Riesgo DAGMA/CVC
- ✓ Fotografías Aéreas Perpendiculares IGAC de los años 1957, 1969 y 1986
- ✓ Fotografías Aéreas Oblicuas CVC de los años 1960 y 1966
- ✓ Fotografías Satelitales tomadas del Google Earth, 2007 y 2012

Además, se realizó un levantamiento de puntos de control sobre el terreno utilizando un «navegador» satelital de geo posicionamiento (GPS), el producto final de este trabajo es un mapa de susceptibilidad de inundaciones por precipitaciones que afectan la zona de estudio.

3.2.1.1. Análisis simplificado de inundaciones

Una zona de inundación se puede identificar en el campo observando la superficie de los suelos para detectar indicios geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos (forma del relieve), pedológicos (suelos), edafológicos (vegetación) y otros (Tabla 3.2), como por ejemplo humedad en el terreno, áreas con aguas empozadas, socavación de suelos, de terrazas aluviales, sedimentos, zona con vegetación baja o vegetación dañada y líneas de escombros; se pueden, también, identificar a través de composiciones de imágenes de satélites o fotos aéreas perpendiculares complementadas con fotos oblicuas con el fin de determinar los cambios durante periodos de tiempo específicos.

La tecnología del Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta que por medio de cálculos sistematizados y datos geográficos ayuda a mejorar el entendimiento del medio a estudiar; el SIG es usado para diagnosticar sitios de posible desborde y planificar acciones para mitigar la ocurrencia de inundaciones, integrando modelos hidráulicos e hidrológicos si existen, así como restituciones fotografías aéreas e imágenes de satélite. Figura 3.9.

3.2.1.2. Identificación de áreas susceptibles y análisis de inundabilidad

Una zona de inundación se puede identificar en el campo observando la superficie de los suelos para detectar indicios geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos (forma del relieve), pedológicos (suelos), edafológicos (vegetación) y otros (Tabla 3.1), como por ejemplo humedad en el terreno, áreas con aguas empozadas, socavación de suelos, de terrazas aluviales, sedimentos, zona con vegetación baja o vegetación dañada y líneas de escombros; se pueden, también, identificar a través de composiciones de imágenes de satélites o fotos aéreas perpendiculares complementadas con fotos oblicuas con el fin de determinar los cambios durante periodos de tiempo específicos.

La tecnología del Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta que por medio de cálculos sistematizados y datos geográficos ayuda a mejorar el entendimiento del medio a estudiar; el SIG es usado para diagnosticar sitios de posible desborde y planificar acciones para mitigar la ocurrencia de inundaciones, integrando modelos hidráulicos e hidrológicos si existen, así como restituciones de fotografías aéreas e imágenes de satélite. Figura 3.9.

Para elaboración de la propuesta metodológica del estudio de susceptibilidad de inundación se consultaron otros autores como Botero (2011) y Hernández (2007), de los cuales se orienta y compara la propuesta desarrollada en esta tesis.

En la Tabla 3.1 se presentan los criterios para la identificación de una zona de inundación y/o anegada, los cuales se utilizan en la interpretación de las fotografías aéreas encontradas para la zona de estudio.

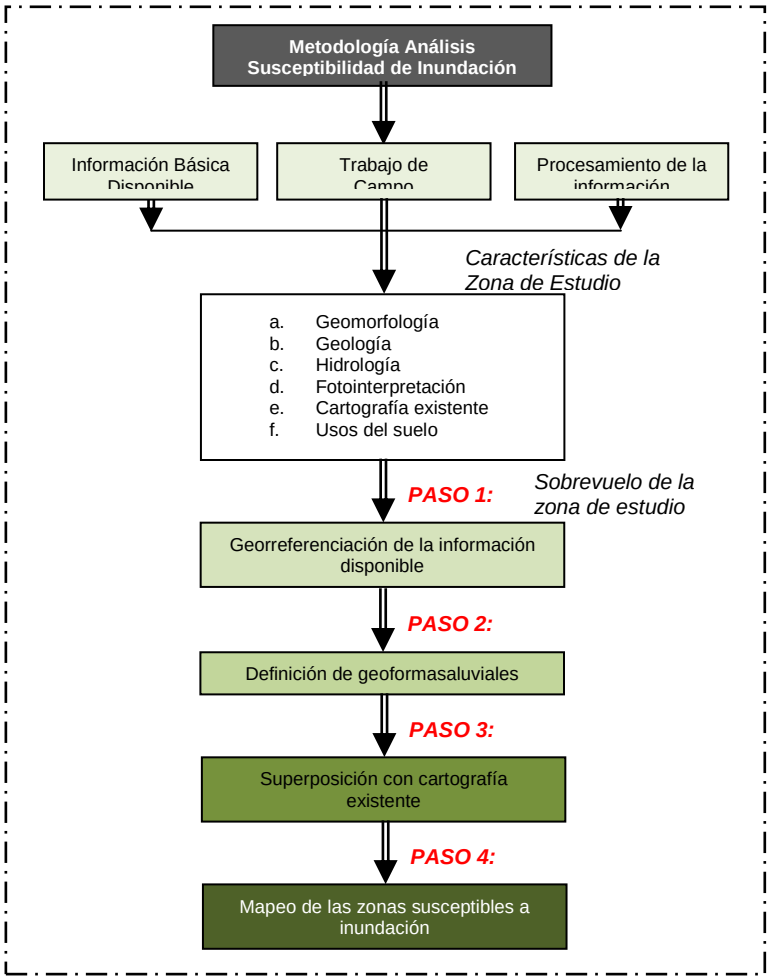


Figura 3.9 Procedimiento Análisis de Susceptibilidad por Inundación

TABLA 3.1 CRITERIOS DE IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE INUNDACIÓN

Geomorfológicos	Áreas muy planas, ubicadas a lo largo de los ríos; presencia de zonas de erosión y de terrazas.
Geológicos	Terrenos compuestos por depósitos no consolidados, derivados de sedimentos transportados por el río. (Estratos de lodo, arena, limo y gravas), que son muy erosionables durante las inundaciones o crecidas. Suelos de diferentes características, muy heterogéneos, ver capítulo 2.
Hidrológicos	Cauce menor y mayor del río. Terreno sujeto a inundaciones periódicas por un río padre. En los ríos pequeños la llanura de inundación se encuentra solo en el interior de la curva del meandro. La presencia de lagos de forma semilunar (meandros abandonados). Presencia de diques naturales de sedimentos gruesos que se depositan durante las inundaciones. Áreas pantanosas o áreas con suelos reteniendo altos niveles de humedad.
Vegetación	Diferencia de vegetación. Vegetación perturbada por efectos de inundaciones anteriores.
Fotointerpretación	Análisis de imágenes de satélite. Análisis de aerofotografías.

3.2.2. Análisis Geomorfológico Multitemporal Mediante el Uso de Sensores Remotos

El presente análisis contiene los rasgos geomorfológicos y morfodinámicos más relevantes del área de estudio, realizados mediante fotointerpretación multitemporal de los años 1957, 1966 y 1986 con el fin de identificar zonas húmedas, pantanosas y drenajes, en el área de estudio con el fin soportar la susceptibilidad de inundación que presenta el sector en la actualidad.

En el polígono de interés y sus inmediaciones se encuentran en un ambiente fluvial, principalmente, teniendo en cuenta que al oeste se encuentra la parte distal del Abanico de Cali, la zona de transición entre los abanicos aluviales de otros tributarios del río Cauca y la llanura de inundación del mismo.

En la Figura 3.10 se ilustran las unidades geomorfológicas del área de estudio, en donde se resaltan:

- Q_d: Depósitos Coluvial
- Q_2: Depósitos de Pantanos Aluviales y Zonas Pantanosas Permanentes
- Q_3: Cauces Antiguos Abandonados y Tapones Arcillosos
- Q_4: Albardones Naturales
- Q_5: Zonas Desecadas y Rellenos de Cauce

Las anteriores unidades geomorfológicas fueron levantadas a escala 1:50.000 y sugieren, que el área de estudio se encuentra en la unidad geomorfológica Q_5 y Q_4, correspondiente a zonas desecadas, rellenos de cauce y albardones naturales, implicando esto y el régimen fluvial de la zona de la gráfica 3.13, que el río Cauca ha migrado, se ha estrangulado y abandonando cauces antiguos, los cuales fueron rellenados por materiales finos; desconociéndose la relación hidráulica del río con estas zonas abortadas, ya que estas pueden ser recargadas de manera superficial y/o subterránea.

Debido que el polígono de interés se encuentra en la transición del abanico aluvial del río Cali y la llanura de inundación del río Cauca, se identifican abundantes zonas de drenaje, que provienen de la zona mencionada y del piedemonte.

La *fotointerpretación* de la geoforma Q_2 del área de estudio presenta una red de drenaje dendrítica de muy alta densidad con incisión media saturada, esta geoforma se generó a partir de la zona de piedemonte Q_d y de niveles freáticos, posiblemente con aportes de la Quebrada Menga Q_3 en un cauce antiguo o tapón arcilloso, igualmente corresponde a una depresión que limita al Sur-Oeste con el Rio Cali y Nor-Oeste con el río Cauca separada de los mismos por un dique natural Q_4, apreciándose marcas de flujos como zonas más húmedas con un patrón de drenaje subdendritico, esta red se encuentra interrumpida sugiriendo un área pantanosa.

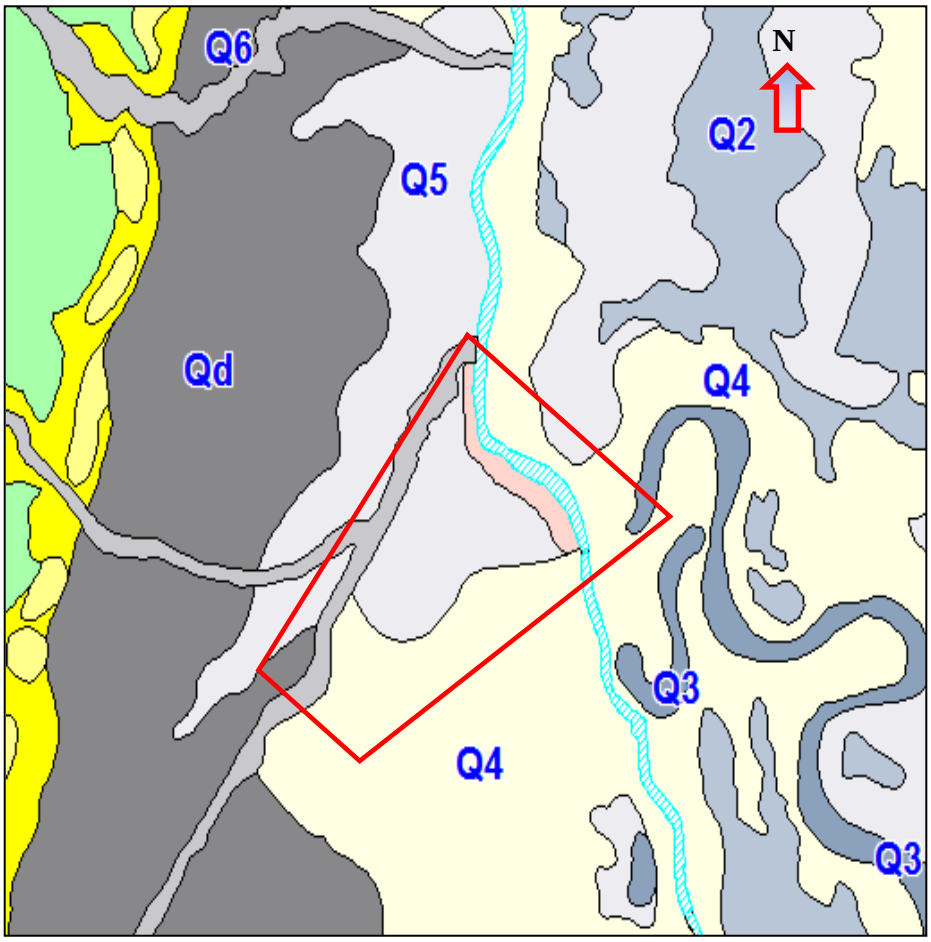
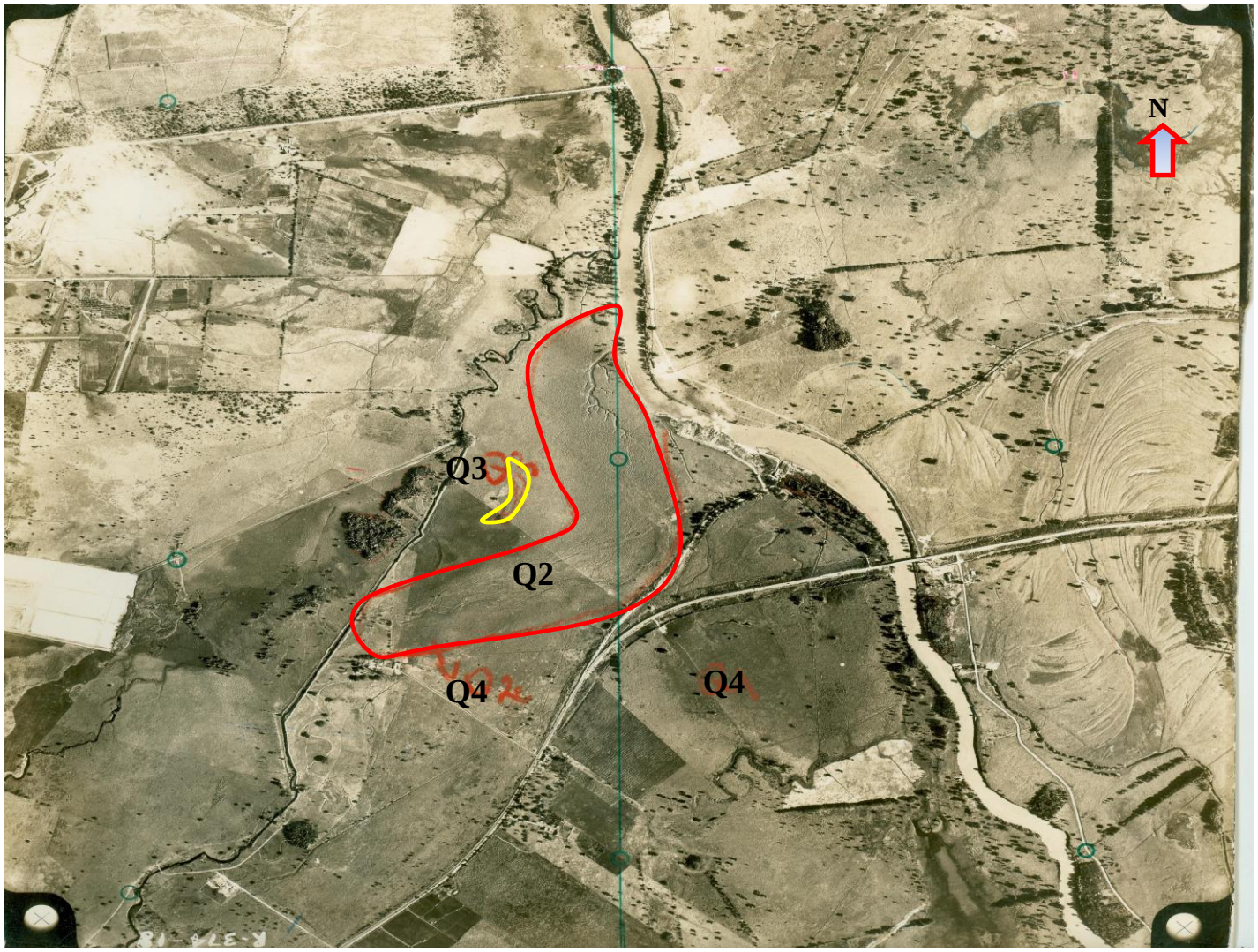


Figura 3.10 Unidades geomorfológicas tomadas del PMC

Fuente: CVC, 2000

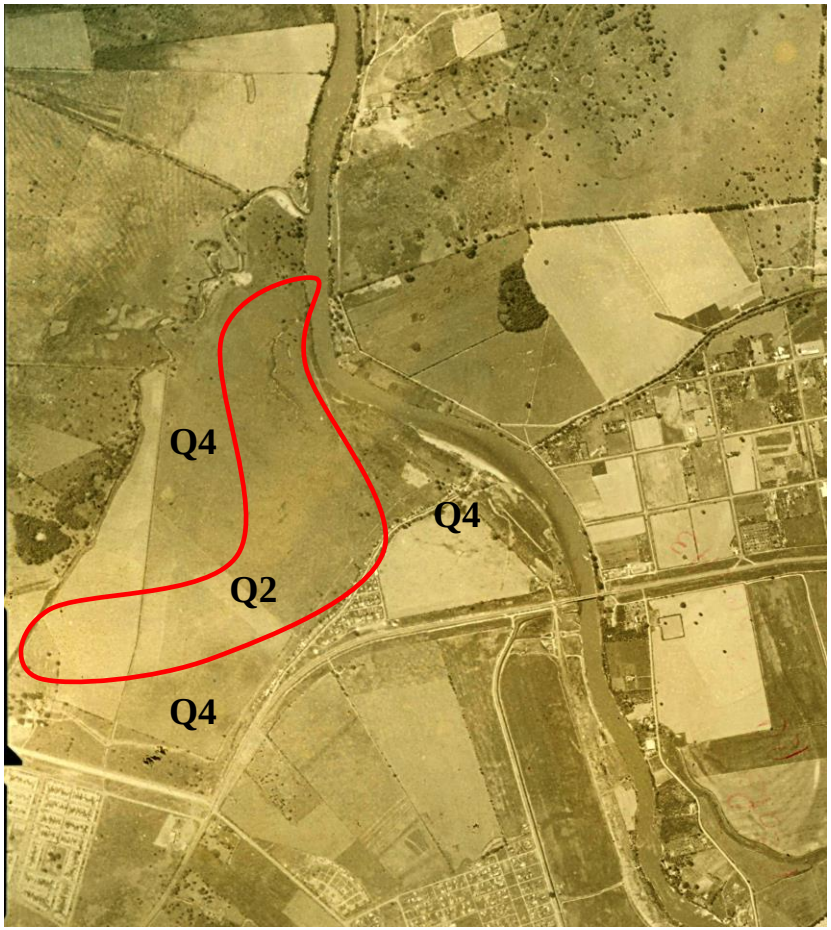
Se visualiza en el Registro Fotográfico 3.2 una zona demarcada en color rojo correspondiente a un dren existente en forma de media luna, que atraviesa en sentido Sur-Oeste al Nor-Este el área de estudio y que tributaba caudal superficial a las zonas pantanosas identificadas; de la fotografía se identifican unidades geomorfológicas correspondientes a:

- ✓ Q_2: Depósitos de Pantanos aluviales y zonas pantanosas permanentes
- ✓ Q_3: Cauces Antiguos Abandonados y Tapones arcillosos
- ✓ Q_4: Albardones Naturales.



REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.2 FOTO AÉREA IGAC VUELO R-374 FOTO 18, FECHA: FEBRERO 11 DE 1957.

Fuente: CVC



REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.3 FOTO AÉREA IGAC VUELO 1262 FOTO 259, FECHA: 1969



REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.4 FOTO AÉREA IGAC VUELO C2249 FOTO 065, FECHA: 1986.

Fuente: CVC

En el Registro Fotográfico 3.3 del año 1969 se identifica la unidad geomorfológica Q2, correspondiente a zonas de pantanos aluviales y zonas pantanosas permanentes, además se visualízala disminución del aporte de agua superficial proveniente de los abanicos aluviales, ocasionada por la intervención de adecuación de tierras para cultivos y la densificación de los sectores aledaños, nótese que el área Q3 es casi imperceptible, representando esta situación una menor densidad de drenaje y la desecación de las zonas pantanosas.

El Registro Fotográfico 3.4 del año 1986, se puede apreciar la alta densificación urbana, en el área de interés y sus inmediaciones, ocasionando la pérdida del drenaje y consecuentes cambios en las condiciones de humedad, sin lograr diferenciarse unidades geomorfológicas identificadas en los mosaicos anteriores. En las áreas adyacentes se identifican albardones naturales como unidad geomorfológica Q_4.

3.2.3. Zonificación de la Susceptibilidad

En términos prácticos, un mapa de "Amenaza" es un mapa de lo que puede ocurrir en el futuro y un mapa de "susceptibilidad" es un mapa de la reconstrucción de lo sucedido; la diferencia radica en la dificultad de poder elaborar el primero y la mayor facilidad relativa en la elaboración del segundo con las técnicas actuales pero igualmente válidas; en este sentido se lograron identificar 6 escenarios en los cuales se determina el área afectada por inundación estos son 1950, 1966, 1971, 1975 y 1988 y 2010.

Como se dijo anteriormente en este capítulo, la presente tesis utiliza las bondades de la aplicación del Sistema de Información Geográfica como herramienta de análisis espacial para evaluar la susceptibilidad de inundaciones en el sector Nor-Este del municipio de Santiago de Cali, de la comuna 6; para ello se integró el software SIG ArcGis generando como resultado un mapa de inundación espacialmente geo-referenciado, para los eventos de inundación presentados en la temporada invernal 2010-2011, donde se puede cuantificar y visualizar la magnitud de la inundación. Este análisis parte del DEM (Digital Elevation Model, en español Modelo Digital de Elevación con 50 cm de resolución).

El DEM utilizado fue generado con base en los datos de elevación levantados por EMCALI EICE ESP mediante métodos de topografía convencional, a partir de los cuales se traza un conjunto de triángulos, formados por tripletas de puntos cercanos no colineales, generando un mosaico y una red irregular de triángulos que luego son interpolados y convertidos a una capa raster.

El análisis parte de dos componentes o factores: caudales y niveles en los ríos Cauca y Cali para eventos extremos (situación vivida en la temporada invernal 2010 – 2011) y su posible efecto, sin elementos de mitigación (en otras palabras, hasta donde llegaría el agua de no existir o de romperse los Jarillones).

Un tercer componente es la insuficiencia o incapacidad del sistema de evacuación de agua de la red de alcantarillado pluvial de la zona, que genera represamiento de aguas lluvias,

como lo establece la consultoría para el control de las inundaciones en los barrios Calipso y Floralia (EMCALI, 2006).

La evaluación de estos componentes para condiciones críticas (representadas en niveles de agua alcanzados) puede ser modelada o determinadas con datos de campo, para luego ser restituidos sobre el DEM, con lo que se genera una zona de afectación o inundación, que al ser cruzada con la cartografía de la zona, entrega la exposición de la población, su infraestructura y servicios frente a estos eventos críticos. La espacialización de esta área requirió del siguiente procedimiento:

- Se seleccionó el periodo crítico de precipitaciones "de la Temporada 2010 – 2011, de lluvias amplificada por el fenómeno de la NIÑA" el cual de acuerdo con los registros y análisis es el peor en los últimos 50 años.
- Se delimitó el área de estudio, comuna 6 de Cali, tomando como base cartográfica planchas 1:5000 del municipio.
- Se realizó un análisis multitemporal de las fotografías perpendiculares aéreas 1950, 1966, 1971, 1975 y 1988 a partir de la fotointerpretación de la zona donde se evidenciaban rasgos de inundación críticos anteriores.
- Se identificaron las cotas alcanzadas en inundaciones presentadas en la zona de estudio, para esto se visitaron los sitios afectados por los eventos de inundación, donde se identificaron y georrefenciaron éstos, el ejercicio tuvo una serie de puntos que definían la cota máxima de inundación de los eventos.
- Se utilizó como apoyo el registro de fotografías aéreas oblicuas de los años 1960 y 1966 para los eventos de inundación y la información base del Mapa Geomorfológico del PMC del año 2000.
- A partir de los niveles alcanzados se generaron las áreas inundadas para los años referenciados.

3.2.4. Interpretación de fotografías antiguas oblicuas

En el Registro Fotográfico 3.5 del año 1966, se pueden visualizar algunas características de llanuras de inundación del río Cauca, obsérvese la margen derecha del río inundada en el municipio de Palmira, al igual que la zona de estudio en el municipio de Santiago de Cali, este sector tiene una condición de frontera correspondiente al terraplén de la carrera primera, nótese hacia la parte sur de la vía solo se identifica una pequeña afectación en el área de protección del dique por remanso del canal, para este año todavía no estaba funcionando el embalse multipropósito de Salvajina.

En el Registros Fotográfico 3.6, la zona de estudio se encuentra inundada, obsérvese que el área afectada coincide con parte del dren identificado en el análisis geomorfológico multitemporal.

Este tipo de fotos históricas oblicuas, son un complemento importantísimo del análisis multitemporal morfológico y aportan información como en el año 1960 con periodo de

lluvias típico sin caudales máximos extremos (DAGMA 2012); donde se aprecia la franja derecha sin afectación en la llanura, caso opuesto a la margen izquierda en el Municipio de Santiago de Cali, donde se evidencia un espejo de aguas en la zona de estudio, que puede aducirse a varios factores entre ellos, que la llanura de esta margen es más baja, los suelos son más permeables o susceptibles al efecto de niveles freático, la cuenca del río Cali y tributarios de la parte baja pudieron haber aportado grandes volúmenes de agua por avenidas torrenciales, este tipo de cuestionamientos ayudó a un mejor entendimiento de la zona.



REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.5 LLANURA DE INUNDACIÓN ZONA NORTE DE LA COMUNA 6.
Jarillón y la Planta de Bombeo Paso del Comercio en funcionamiento

Fuente: CVC



REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.6 LLANURA DE INUNDACIÓN ZONA NORTE DE LA COMUNA 6.
(Tomada desde el oriente, diciembre de 1966).

Fuente: CVC

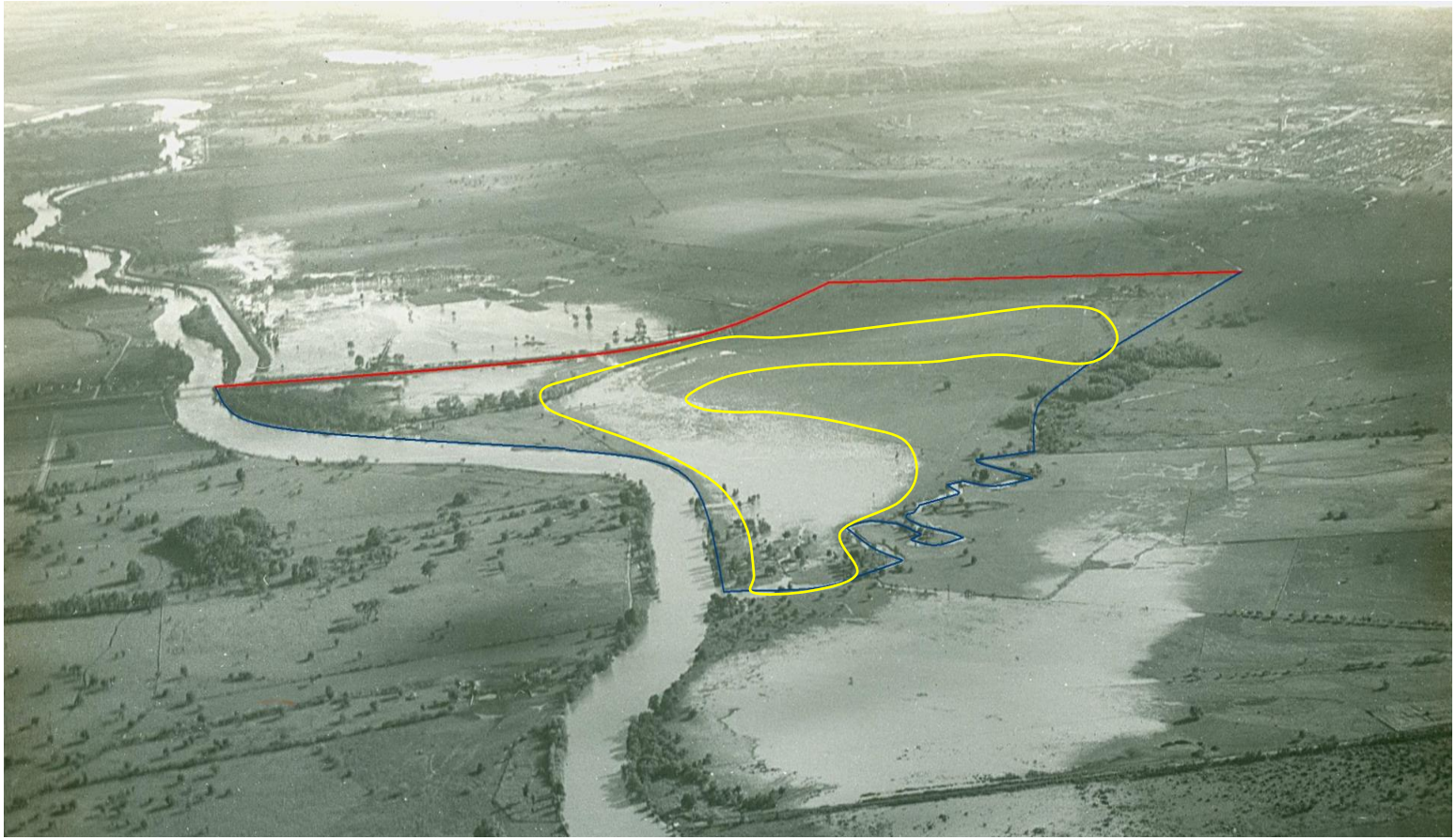
Nótese la margen derecha municipio de Palmira sin mayor afectación por inundación, por el contrario la zona norte de la actual comuna 6 del municipio de Santiago de Cali se visualiza anegada, el jarillón río Cauca estaba en construcción y en proceso de terminación, no se contaba tampoco con la estación de bombeo de Paso del Comercio, no se puede definir, si esta inundación en el actual barrio Calimio se deba a escorrentía de la parte interna o al contra-flujo del río Cauca en el sitio dispuesto para la Estación de Bombeo.



REGISTRÓ FOTOGRÁFICO 3.7 LLANURA DE INUNDACIÓN ZONA NORTE DE LA COMUNA 6.
(Tomada desde el occidente, año de 1960)

Fuente: CVC

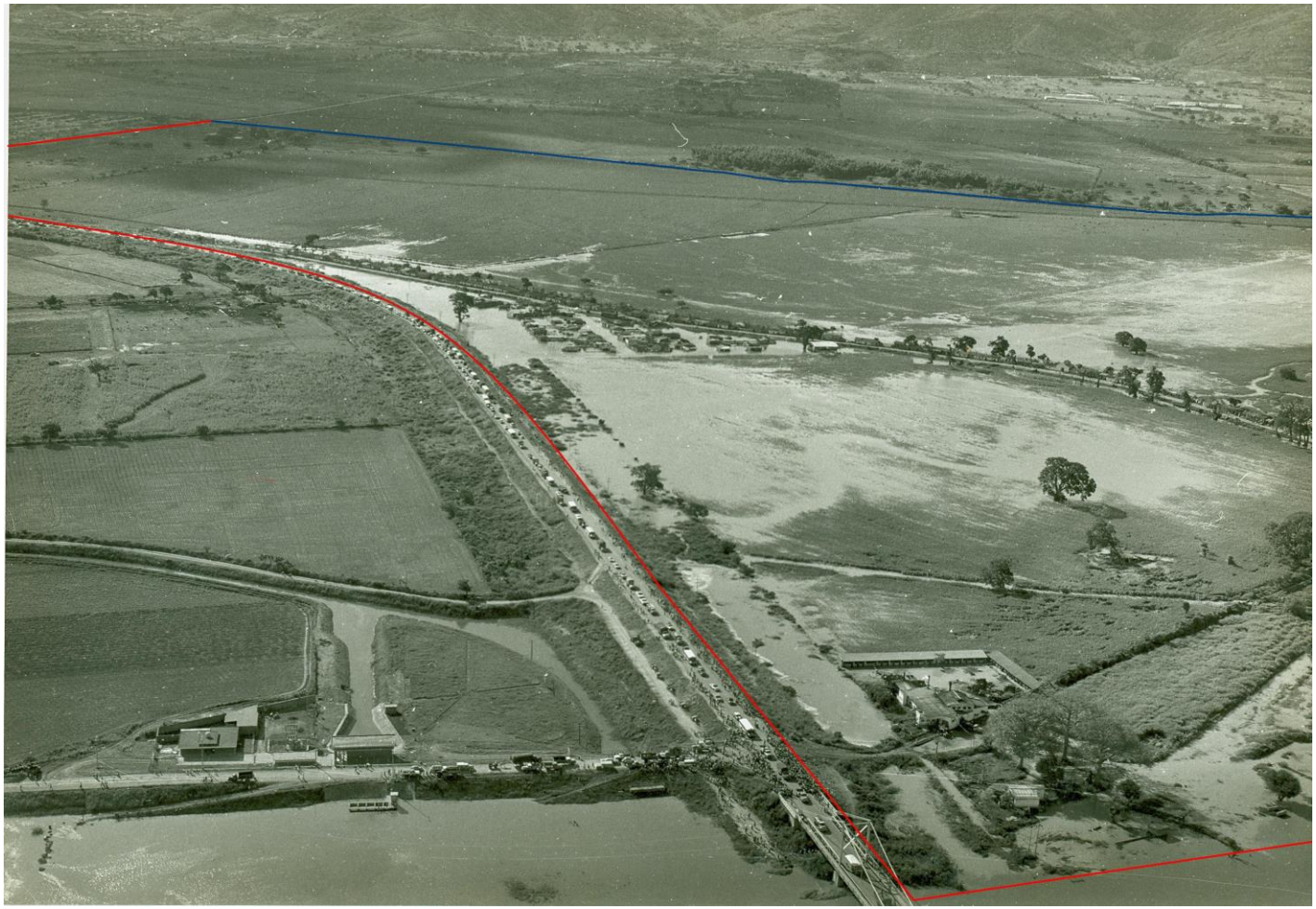
En esta fotografía se nota la margen derecha en el municipio de Palmira sin afectación, por el contrario en el municipio de Santiago de Cali se visualiza la zona de estudio, el barrio Calimio y el sur del municipio de Yumbo afectados por la inundación, se resalta que en 1960 no estaban construidos el canal interceptor Oriental y la estación de bombeo de Paso del Comercio, el jarillón río Cauca en ese tramo no estaba terminado; posiblemente esta inundación se amplificó por los aportes de una avenida torrencial del río Cali.



REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.8 LLANURA DE INUNDACIÓN DE LA COMUNA 6 Y MUNICIPIO DE YUMBO
(Tomada desde el nor-oriente, año de 1960)

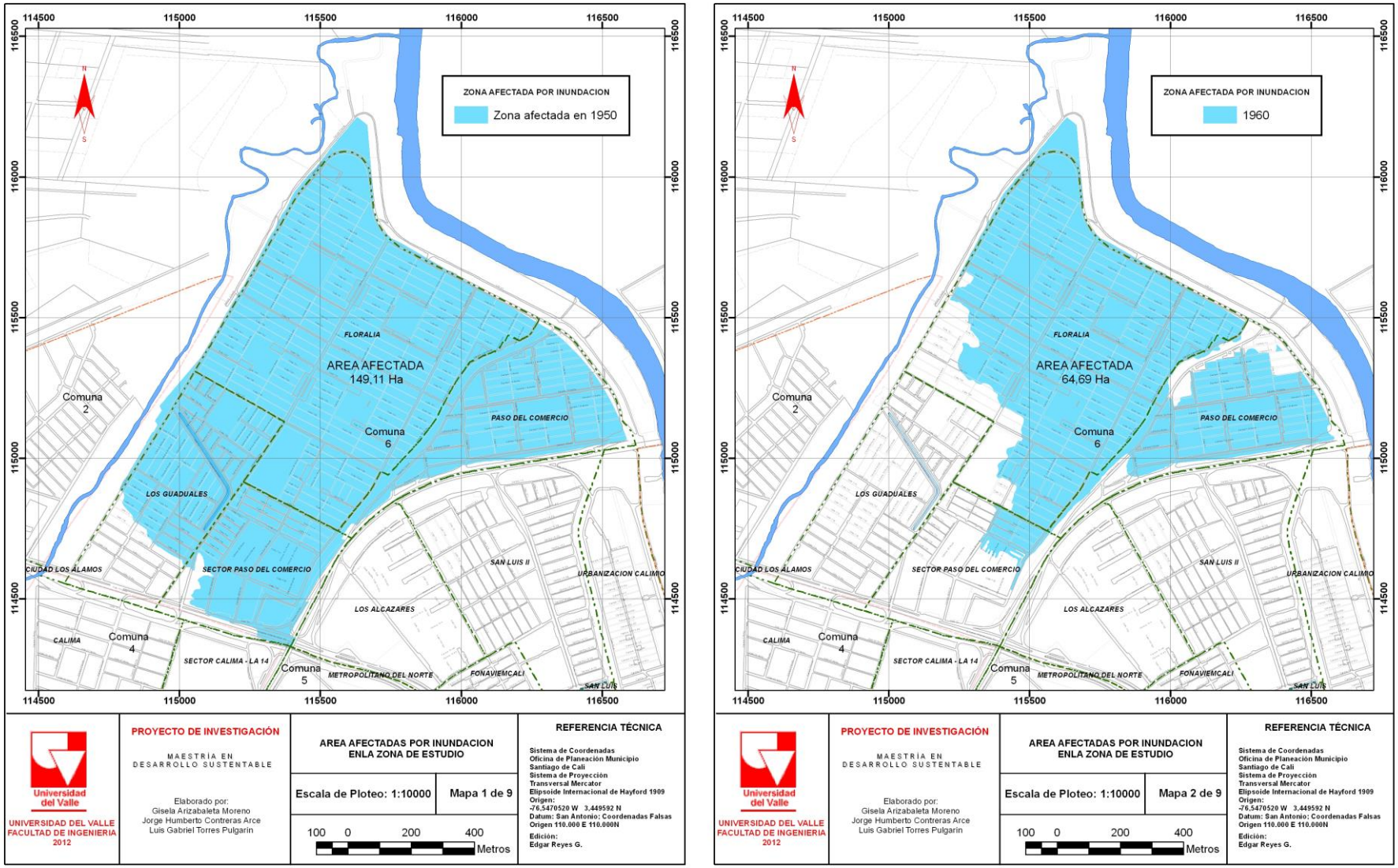
Fuente: CVC

Nótese la afectación solo del área del presente estudio, se resalta la existencia de la estación de bombeo y entrega del canal interceptor oriental.

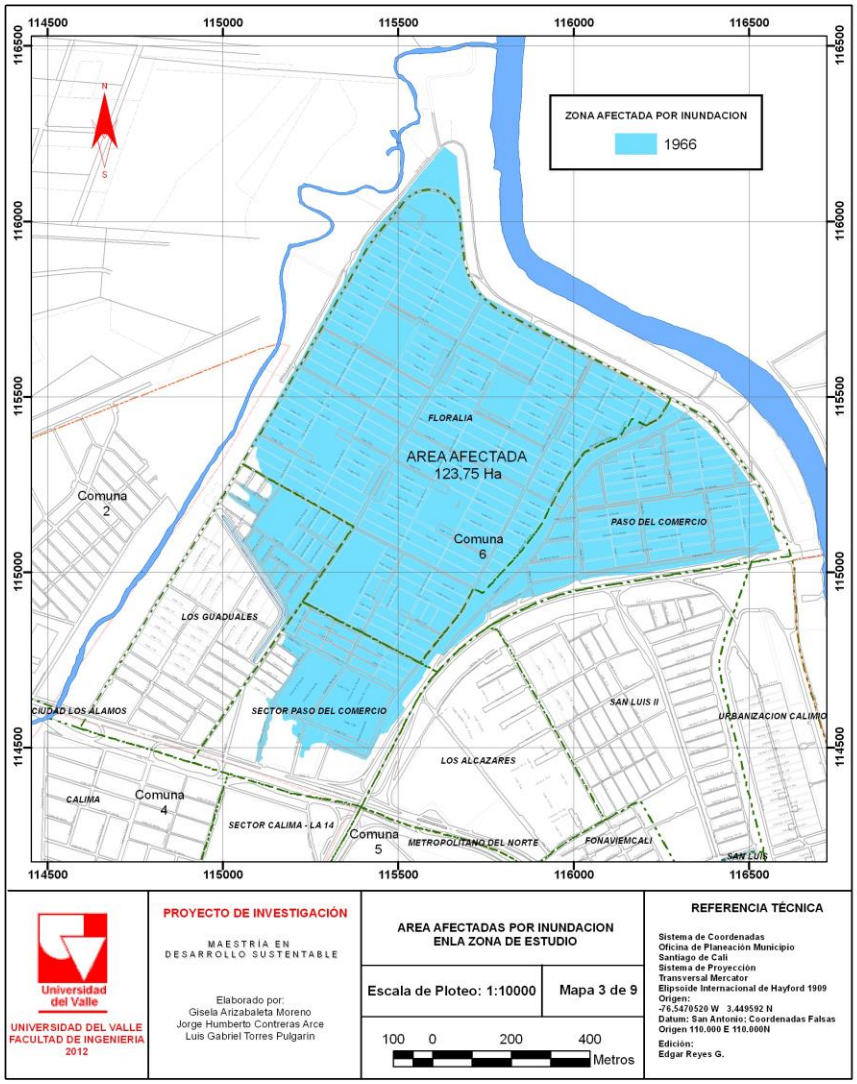


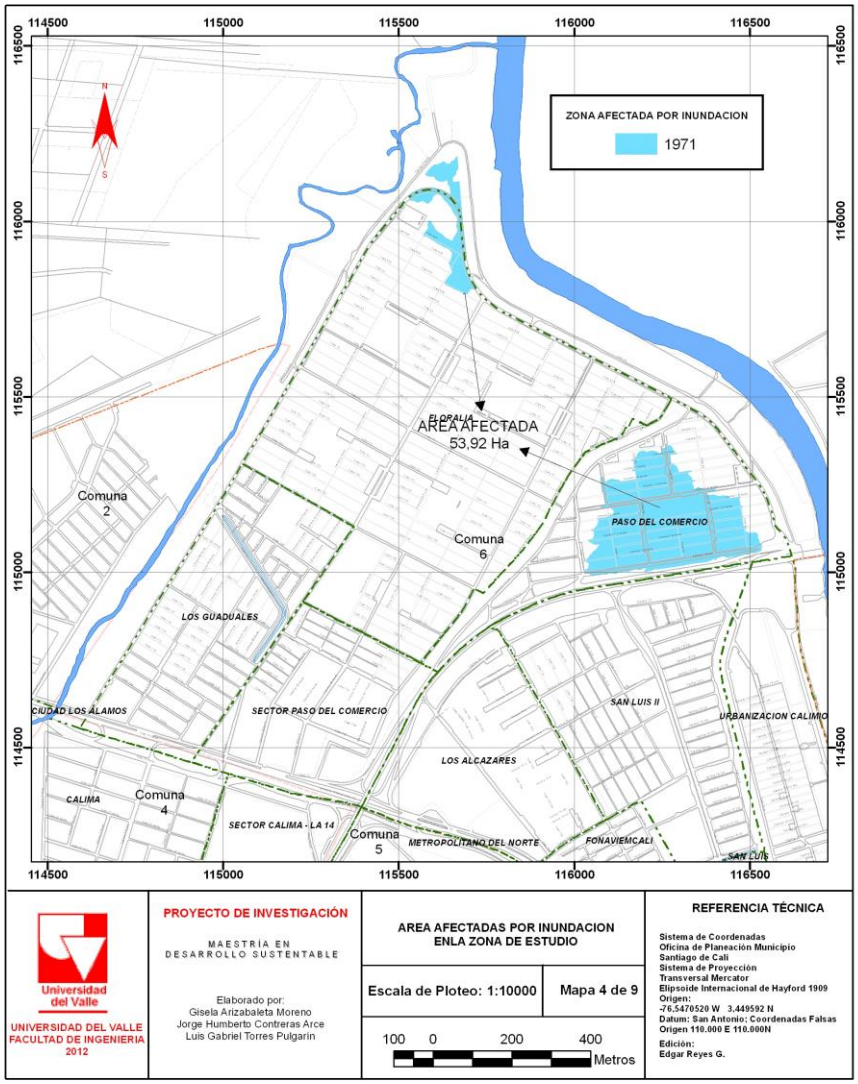
REGISTRO FOTOGRÁFICO 3.9 LLANURA DE INUNDACIÓN ZONA NORTE DE LA COMUNA 6 Y MUNICIPIO DE YUMBO
(Tomada desde el nor-oriente, año de 1966)

Fuente: CVC

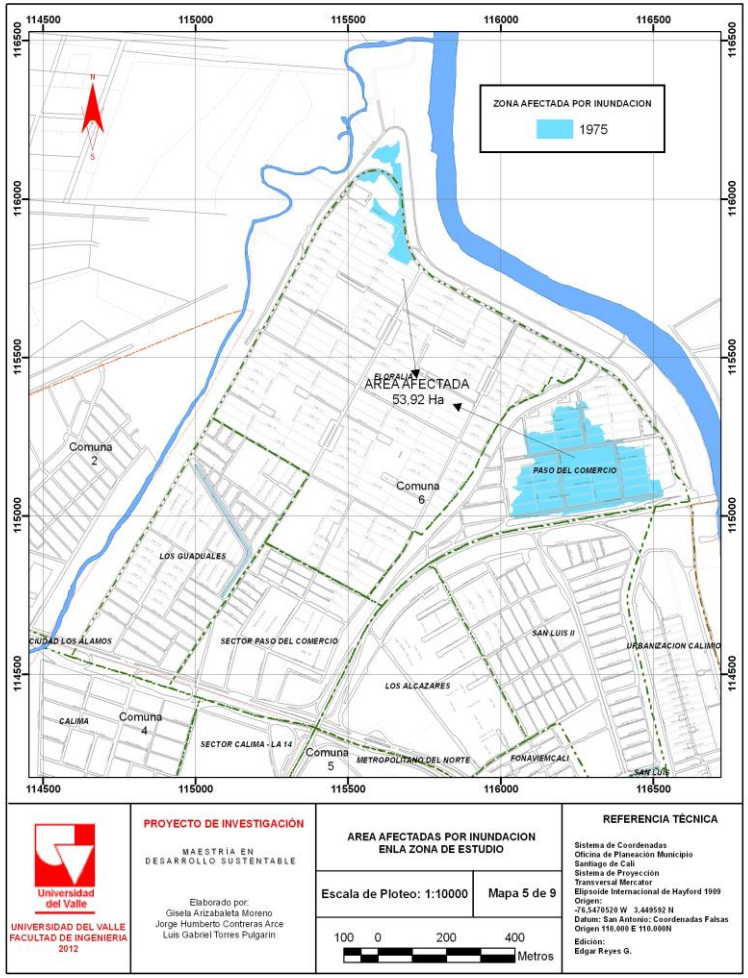


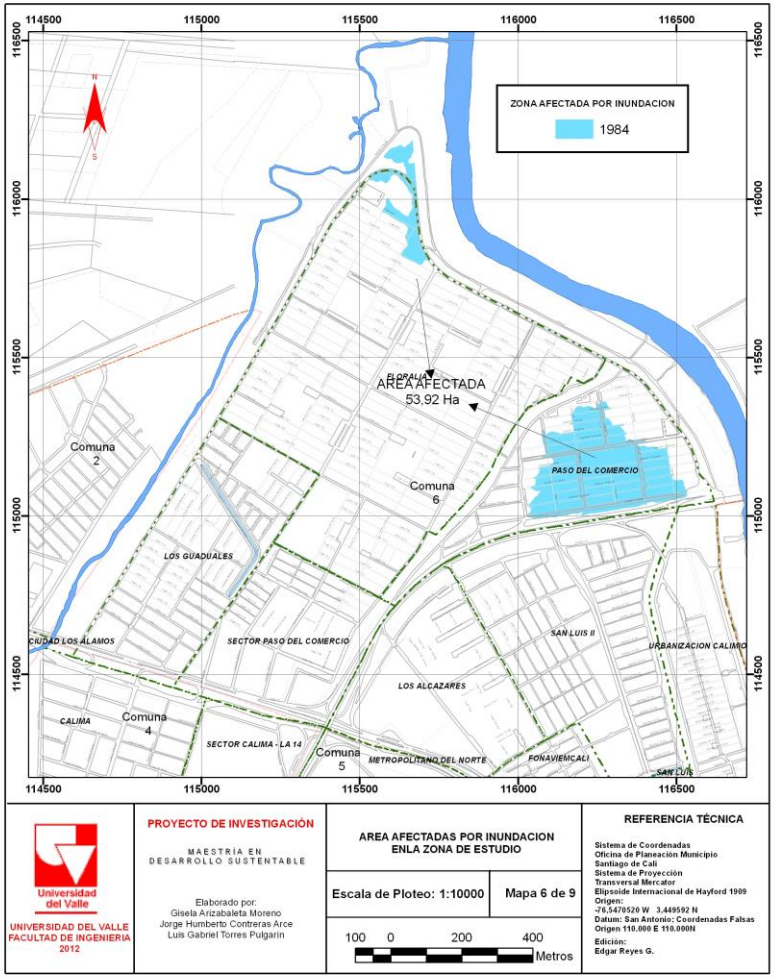
MAPA 3.1 Y 3.2 ÁREAS AFECTADAS POR INUNDACIÓN EN EL SECTOR DE ESTUDIO, EN LOS AÑOS 1950 Y 1960



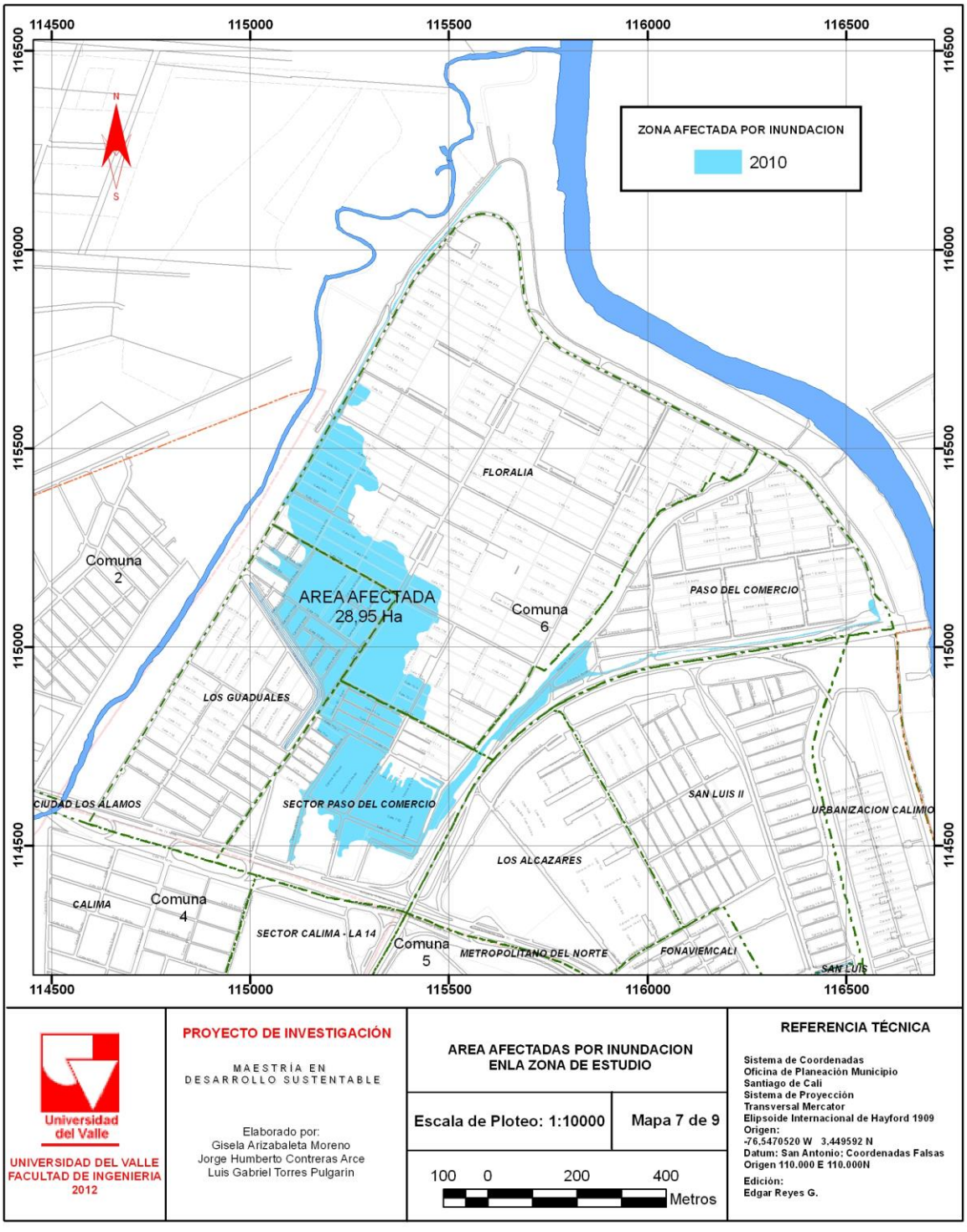


MAPA 3.3 Y 3.4 ÁREAS AFECTADAS POR INUNDACIÓN EN EL SECTOR DE ESTUDIO, EN LOS AÑOS 1966 Y 1971





MAPA 3.5 Y 3.6 ÁREAS AFECTADAS POR INUNDACIÓN EN EL SECTOR DE ESTUDIO, EN LOS AÑOS 1975 Y 1984



MAPA 3.7 ÁREAS AFECTADAS POR INUNDACIÓN EN EL SECTOR DE ESTUDIO, EN EL AÑO 2010

Para efectos de este análisis, el cual tiene como fundamento las cotas y niveles de agua alcanzados, la susceptibilidad de inundación se considera alta cuando la profundidad del agua llegue a tener la altura de una persona o de un piso de un edificio (entre 1,50 y 2,0 m), aunque sea con una probabilidad baja (de un periodo de retorno mayor a 1:100 años); según análisis de expertos (grupo de estudio) cuando el nivel de la lámina de agua supera el nivel de una persona, o alcanza el nivel del techo de una vivienda típica se intuye que las personas presentan una alta posibilidad de perder la vida por ahogamiento.

Esta información fue complementada mediante la aplicación de entrevistas a personas de la zona y georreferenciación de sitios en los que se evidencian los niveles alcanzados por los eventos de inundación; en esta entrevista se consulta, además, el origen del evento (a que fenómeno está asociado, duración de la lluvia, represamiento, desbordamiento, etc.), de tal manera que esta información fue cruzada con información hidroclimatológica para la zona (niveles del río). En la actualidad existen otros medios de evaluación de los impactos generados por estos eventos, como son los medios audiovisuales (filmaciones de diferentes fuentes, bien sean aéreas o a nivel del suelo), con los cuales se puedo constatar y medir niveles o zonas afectadas (cota de inundación).





http://www.youtube.com/watch?v=hGDgznidCZM http://www.youtube.com/watch?v=XvoxE8vg3zY

En el Anexo 3.1, se presentan otros eventos de inundación documentados por los medios de comunicación y se citan los eventos de inundación registrados en la zona de estudio, tomados de Castaño, 2012.

Con las filmaciones disponibles para la zona, adicionalmente se cruzó esta información con los reportes de los organismos de socorro, datos de desinvertar de Corposso, encuestas y mediciones directas sobre el terreno.

Una vez determinada el área susceptible de inundación se procedió a diferenciar el origen de las mismas y posteriormente la periodicidad, con el fin de evaluar impacto en la zona de estudio.

TABLA 3.2 NIVELES ALCANZADOS Y ÁREA AFECTADA PARA LOS EVENTOS DE INUNDACIONES

AÑO	COTA ALCANZADA	NIVEL MAXÍMOS EN EL RÍO CALI[2]	NIVEL MAXÍMOS EN EL RÍO CAUCA[3]	ÁREA AFECTADA	ORIGEN DE LA INUNDACIÓN
1950	950	947.89	950.03	149,11	Niveles Río Cauca
1960	948	946.69	948.83	94,69	Niveles Río Cauca
1966	949	947.49	949.63	123,75	Escorrentía
1971	947	947.55	949.69	53,92	Escorrentía
1975	947	947.44	949.58	53,92	Escorrentía
1984	947	947.45	949.59	53,92	Escorrentía
2010	948	947,53	950.05	28,95	Escorrentía

Se encontró que en los últimos 50 años los eventos que se presentan con mayor periodicidad son los asociados a la escorrentía (lluvias), los segundos se asocian a niveles altos en el río Cali y, por último, a niveles o desbordamiento en el río Cauca, haciendo salvedad que se han presentado combinación de ellos, por lo que se identifican tres grados de susceptibilidad a saber:

- **Alta:** Asociada a los tres factores: escorrentía, río Cali y río Cauca[4]
- **Medio:** Asociados a dos factores: escorrentía y río Cali
- **Bajo:** Asociado al río Cauca

Con esta clasificación se generó el mapa de susceptibilidad a inundaciones para la zona Norte de la Comuna 6, el cual se presenta a continuación:

El análisis de los eventos de inundación presentados en las temporadas en referencia muestra que el desborde se da mayormente por la margen derecha del río Cali en un área aproximada de 206.300 m^2 entre las carreras 9N y 3FN y entre las Calles 71F y 72A; esta última parte es una zona completamente plana donde se han levantado las orillas del canal de desagüe, el cual constituye un obstáculo en el flujo normal de excesos de agua.

Posteriormente, se verificaron las causas de los eventos de inundación, los cuales se clasificaron básicamente como:

- Eventos asociados a escorrentías
- Eventos asociados a desbordamiento de los ríos Cauca y/o Cali

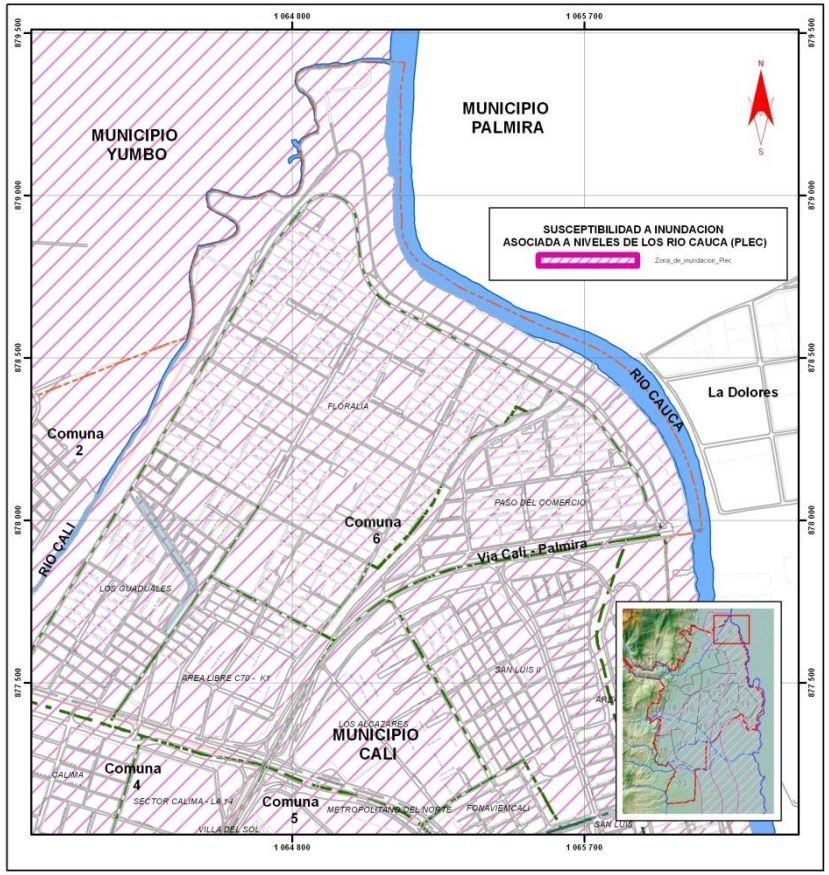
Se evidenció a partir del análisis de la identificación de áreas susceptibles a inundación que la ocurrencia en los últimos 50 años de eventos de inundación está asociada a niveles altos de los dos ríos Cauca y Cali y a la capacidad limitada que tiene el sistema de drenaje para la zona (de manejo de escorrentía) de las estación de bombeo Floralia de 9m^3/s y Estación de bombeo Guaduales de 8m^3/s).

[2] Niveles en la desembocadura del río Cali.
[3] Niveles en la estación Juanchito.
[4]Este elemento está estrechamente relacionado con los eventos en el río Cali, debido que el río Cauca ocasiona remanso sobre el río Cali.

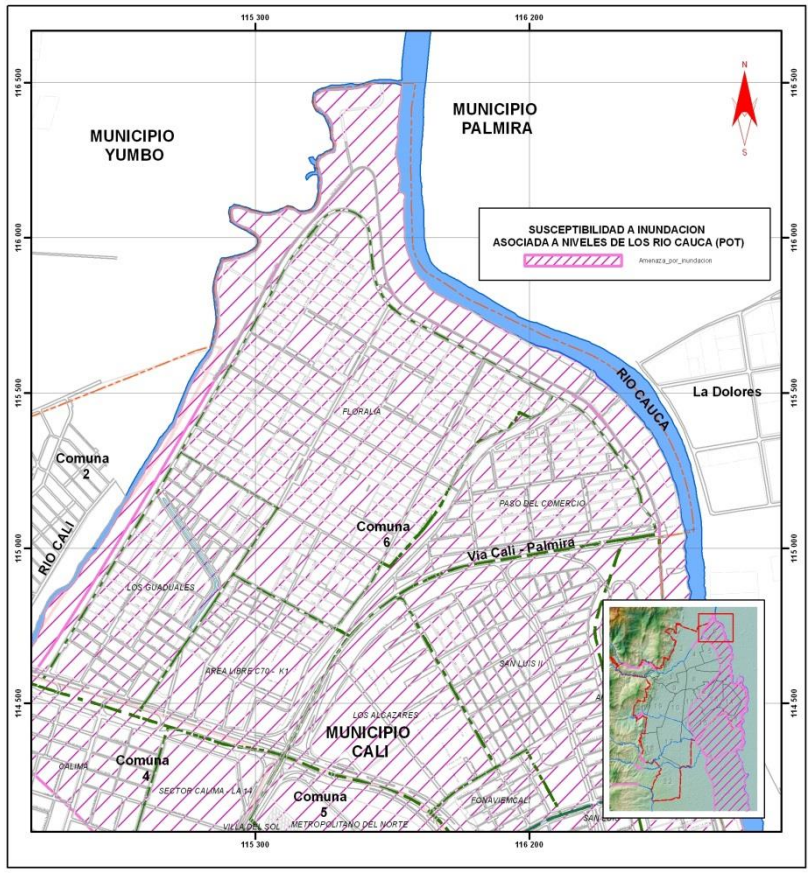
Los eventos de inundación asociados a desbordamiento de los ríos Cali y/o Cauca que se evaluaron y restituyeron a partir del análisis de imágenes y aerofotografías de la zona en periodos de inundación, se cruzaron con los niveles y cotas que se obtuvieron a partir de los relatos y testimonios de personas mayores que vivieron los eventos (en especial personal del Paso del Comercio), esta información se comparó con la información recogida en las encuestas y Desinventar.

Al representar espacialmente los dos tipos de eventos se tienen los mapas 3.8 y 3.9., del cruce de estos dos mapas se evidencia que la susceptibilidad de inundaciones está asociada a zonas bajas, pero la intervención del hombre mediante la construcción de estructuras, es la que está modificando los comportamientos naturales de los flujos de agua, lo cual ha generado que zonas que naturalmente tenían baja susceptibilidad hoy haya cambiado a alta.

Como un elemento de análisis, para llegar a este resultado (Mapas) se cruzaron previamente los mapas de amenazas por inundación asociada al río Cauca del POT de Cali del año 2000 al mapa de amenazas por inundación generado en el PLEC del año 2010 y el análisis de modelos teóricos de inundación para los ríos Cauca y Cali, del que se destaca la pérdida de capacidad hidráulica del río Cali, referenciada en el numeral 3.2.1 de este capítulo (Revisión de Información Hidráulica Relacionada con los ríos Cauca y Cali), especialmente los observados en el Mapa 3.8 y 3.9.



MAPA 3.8 INUNDACIÓN PLEC ZONA DE ESTUDIO



MAPA 3.9 INUNDACIÓN POT ZONA DE ESTUDIO

Como resultado del cruce realizado de la herramienta SIG se observa que existen diferencias en términos de área y cotas, debidas probablemente a las diferentes fuentes y escalas cartográficas tomadas para cada estudio (cartografía 1:25.000, cartografía 1:10.000, DEM de 30m) que contrasta con la información procesada en este ejercicio que es planimetría detallada, curvas generadas a partir de puntos GPS con precisión submétrica y DEM de 0,5m. Sin embargo, los valores de referencia siguen siendo similares para condiciones máximas "cota de inundación 950 msnm".

3.3. ESPACIALIZACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD

A partir del cruce de los niveles alcanzados por el agua bajo los dos escenarios encontrados (No. 1 inundación asociada a los ríos Cauca y Cali y No. 2 niveles asociado a eventos de inundación por escorrentía), se determinaron mediante el cruce utilizando el SIG, alcanzados en cada uno de los sectores los cuales se presentan en la Tabla 3.3 y en los Mapas 3.10 y 3.11 se representa espacialmente el comportamiento obtenido para cada escenario.

TABLA 3.3 PROFUNDIDAD DEL AGUA ALCANZADA SOBRE EL TERRENO ESCENARIOS 1 Y 2

NOMBRE DEL SECTOR	PROFUNDIDAD DEL AGUA (m)	
	Escenario 1	Escenario 2
Comfenalco	-	2.5
Floralia	1.5	3
Guaduales	1.5	2.5
Jarillón del Río Cali	-	3.5
Jarillón del Río Cauca	-	4
Lares de Comfenalco	1	1.5
Oasis de Comfandi	1.5	3
Paso del Comercio	1	2.5

En las Tablas de la 3.4 a la 3.6, se categoriza y caracterizan los resultados obtenidos de susceptibilidad por escenario para estandarizarlos y poder integrarlos con los resultados de la vulnerabilidad.

TABLA 3.4 CATEGORIZACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE INUNDACIÓN EN PORCENTAJE

Altura en metros (m)	Caracterización	% Susceptibilidad
0.0 a 0.50	Baja	30%
0.51 a 1.49	Media	60%
1.50 en adelante	Alta	100%

TABLA 3.5 CARACTERIZACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESCENARIO 1

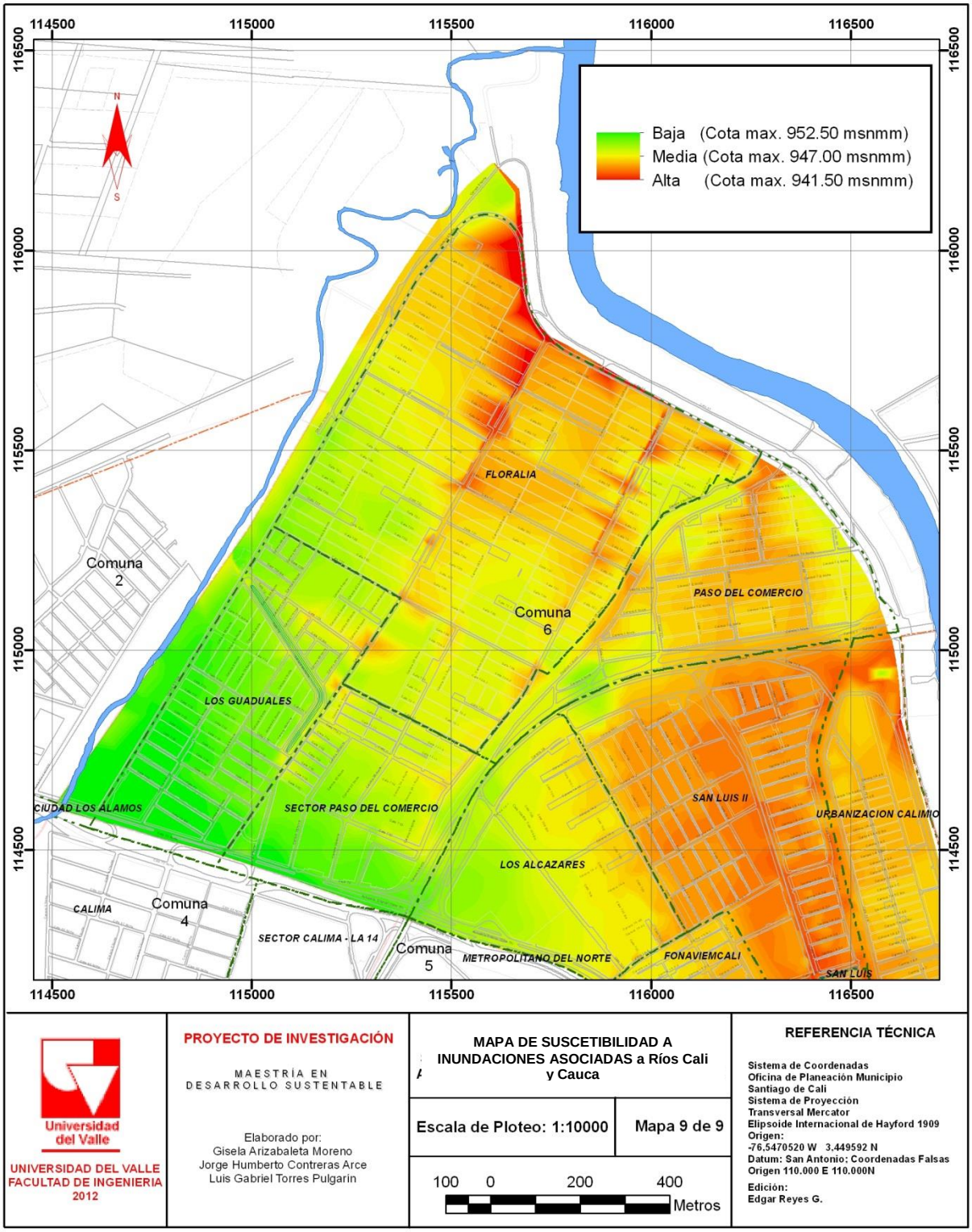
Nombre del Sector	Escenario 1		
	Nivel de Agua (m)	Caracterización	% Susceptibilidad
Comfenalco	0	Baja	0
Floralia	1.5	Alta	100
Guaduales	1.5	Alta	100
Jarillón del Río Cali	0	Baja	0
Jarillón del Río Cauca	0	Baja	0
Lares de Comfenalco	1	Media	60
Oasis de Comfandi	1.5	Alta	100
Paso del Comercio	1	Media	60
			52,5

TABLA 3.5 CARACTERIZACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD PARA EL ESCENARIO 2

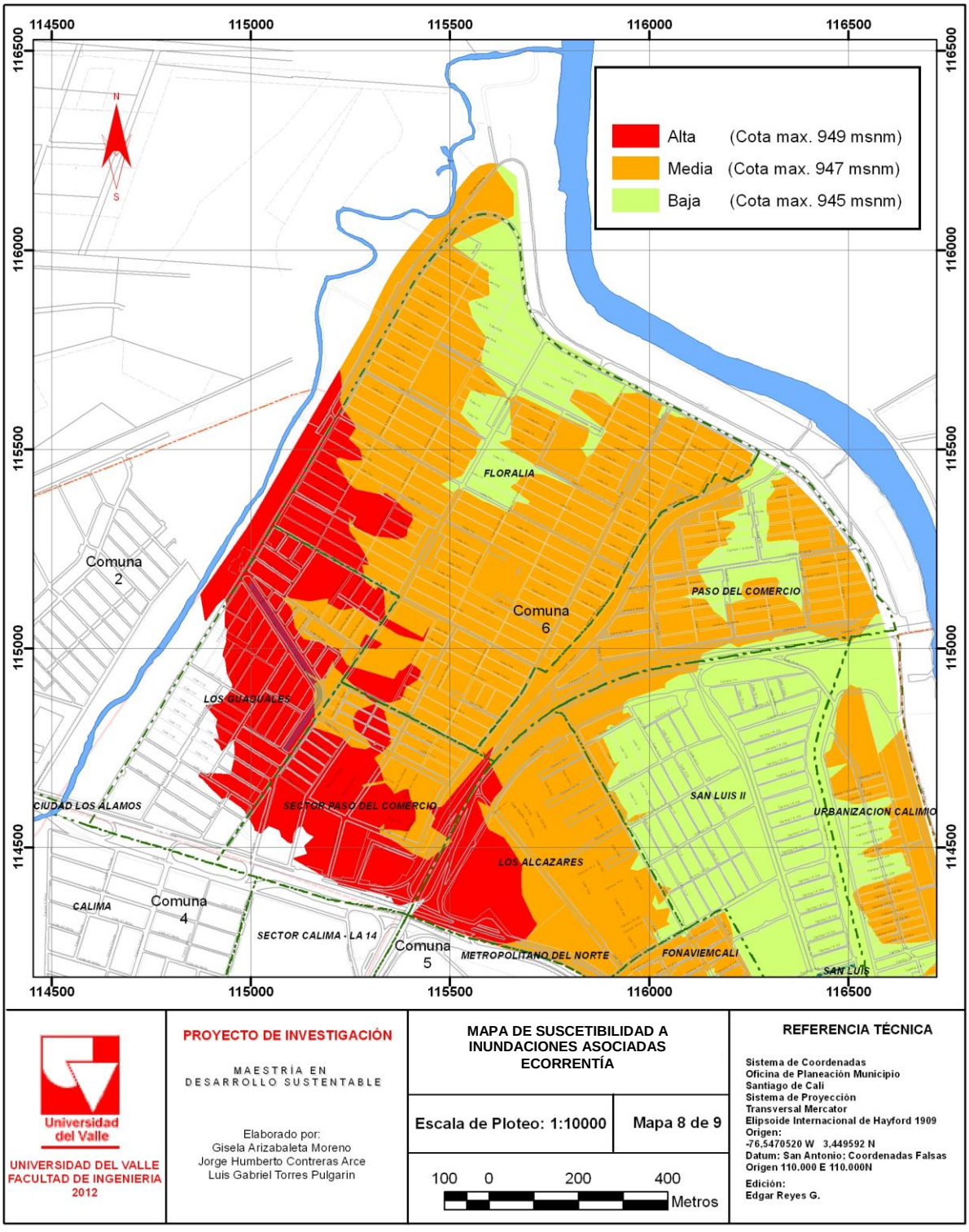
Nombre del Sector	Escenario 2		
	Nivel de Agua (m)	Caracterización	% Susceptibilidad
Comfenalco	2.5	Alta	100
Floralia	3	Alta	100
Guaduales	2.5	Alta	100
Jarillón del Río Cali	3.5	Alta	100
Jarillón del Río Cauca	4	Alta	100
Lares de Comfenalco	1.5	Alta	100
Oasis de Comfandi	3	Alta	100
Paso del Comercio	2.5	Alta	100
			100

La susceptibilidad para el escenario 1, planteado en la Tabla 3.5, es ALTA para los barrios Floralia, Guaduales y Oasis de Comfandi; es MEDIA para los barrios Lares de Comfenalco y Paso del Comercio; y BAJA para el barrio Comfenalco. Aunque también es baja para los sectores del Jarillón río Cauca y Cali, esta apreciación no es representativa, debido que la afectación del dique puede generar un colapso de la estructura.

Para el escenario 2 (Tabla 3.6), la susceptibilidad es ALTA para todos los barrios, excepto para el barrio Lares de Comfandi, la cual es MEDIA.



MAPA 3.10 MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR INUNDACIÓN – ESCENARIO NO. 1



MAPA 3.11 MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD POR INUNDACIÓN – ESCENARIO NO. 2



"La tierra no pertenece al hombre, el hombre pertenece a la tierra, si los hombres escupen al suelo, se escupen a sí mismos"

Carta del Jefe de Seattle

Capítulo 4

4.EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD GLOBAL

A continuación se determinan los indicadores de vulnerabilidad a los que está expuesta la zona de estudio conforme a la susceptibilidad a la inundación identificada en el capítulo anterior, de tal forma que permita posteriormente identificar el riesgo de inundación en viviendas de esta comunidad de Santiago de Cali.

4.1. DESARROLLO METODOLÓGICO

En la escala urbana, la vulnerabilidad como factor interno de riesgo, debe relacionarse no solamente con la exposición del contexto material, sino también con las fragilidades sociales y la falta de resiliencia de la comunidad expuesta, es decir, su capacidad para responder o absorber el impacto.

La deficiente información comunitaria, las debilidades en la preparación para la atención de emergencias, la inestabilidad política y las restricciones económicas en un área geográfica contribuyen a tener un mayor riesgo. Por lo tanto, las consecuencias potenciales no sólo están relacionadas con el impacto del suceso, sino también con la capacidad para soportar el impacto y las implicaciones del mismo respecto del área geográfica considerada (Cardona, 2004).

Bajo este contexto, la evaluación de la vulnerabilidad consistió en la identificación de los elementos que pudieran estar en riesgo ante la susceptibilidad presente en el área de estudio, realizado inicialmente por barrio y/o sector, para posteriormente estimar la vulnerabilidad de la zona de estudio.

La fragilidad y la resiliencia estimada para el cálculo de la vulnerabilidad global, se realiza aplicando una metodología similar, la variable que se modifica es la exposición, y se analiza mediante la construcción de escenarios posibles.

Para la misma se elaboró una encuesta con medidas de discriminación (preguntas) que se consideraron útiles para cada una de las vulnerabilidades evaluadas para la susceptibilidad que fue analizada considerando dos escenarios, tal como se analizó en el Capítulo anterior.

La recolección de la información se realizó aplicando la encuesta estadística de tipo aleatoria estratificada con asignación sistemática.

En consideración a lo anterior, se identificaron las componentes específicas para el análisis de la vulnerabilidad: Social, Ambiental, Económica, Física e Institucional; esta información se empleó como base para el análisis de la vulnerabilidad; en el Anexo No. 4.1 se presenta la encuesta utilizada.

A partir de lo anterior se procedió a realizar el análisis de la información capturada mediante la encuesta aplicada, para lo cual se utilizó el software estadístico SSPS y Excel. Realizado este procedimiento a los datos, se define la Metodología para analizar los

indicadores de vulnerabilidad con base en la revisión bibliográfica, conforme a lo anterior existen varias alternativas para intentar estimar la vulnerabilidad en la zona.

Para cada factor de vulnerabilidad (exposición, fragilidad y resiliencia) se presenta un conjunto de indicadores que pueden ayudar a comprender mejor las debilidades de una zona a inundaciones.

Balica (2007), combinando todas las definiciones anteriores, expresa la ecuación de vulnerabilidad como:

$$\text{Vulnerabilidad} = (Exp + Frag) - \text{Res}$$

Donde:		
Exp	=	Exposición
Frag	=	Fragilidad
Res	=	Resiliencia

En la Figura 4.1 se presentan los componentes de vulnerabilidad:

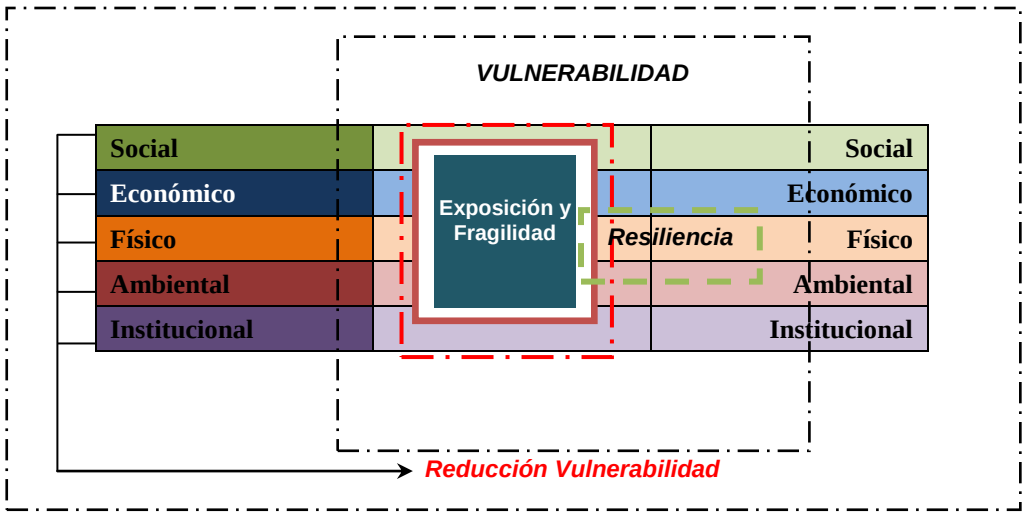


Figura 4.1 Sistema de Vulnerabilidad, adaptada (Balica, 2007)

Según la ecuación de la vulnerabilidad, una exposición alta y una fragilidad alta implican aumentos en vulnerabilidad; por otra parte, los altos niveles de resiliencia disminuyen la vulnerabilidad, es decir, a mayor resiliencia menor vulnerabilidad y viceversa.

El alcance del presente trabajo de investigación se acota en el análisis de los diferentes indicadores de vulnerabilidad, componente por componente, al tenor de la conceptualización de la Ley 1523 de 2012, brindando elementos metodológicos y procedimentales para la estimación de los mismos como aporte a la construcción de una herramienta de trabajo en continuo desarrollo. A continuación se describe el procedimiento

seguido para la estimación de la Fragilidad, la Exposición y la Resiliencia en el sector objeto de análisis.

4.1.1. Estimación de la Fragilidad

La metodología empleada en este estudio ha sido utilizada por otros autores tales como Buch (2001), Reyes (2003), y Salgado (2005), la cual señala que para cada tipo de vulnerabilidad se identifican indicadores para analizar los diferentes factores de vulnerabilidad identificados; para el desarrollo del presente trabajo, el análisis se realizó independiente para la Fragilidad y la Resiliencia, utilizando la metodología aplicada por los autores referenciados, con algunas modificaciones propuestas en este trabajo. Estos indicadores se seleccionaron para cada tipo de vulnerabilidad y su análisis se elaboró por separado. Todas las variables fueron medidas usando los resultados estadísticos, que le dan peso y soporte al procedimiento realizado.

a) Valoración y estandarización de los indicadores seleccionados

Para lograr uniformidad en el análisis de las diferentes medidas de discriminación, sabiendo que unas son medibles cuantitativamente y otros cualitativamente, fue necesario estandarizar las variables que contienen a cada uno de ellos. Esta estandarización partió del concepto de analizar el grado de influencia que los distintos valores (variable observada) tienen para obtener un determinado nivel de fragilidad; es decir, entre mayor es el aporte de la medida de discriminación, mayor es el valor estandarizado.

La Tabla4.1 muestra la calificación de la fragilidad otorgada a cada medida de discriminación seleccionada logrando la estandarización y así poder definir la ponderación para la medición de la fragilidad en toda el área de estudio, es decir la caracterización de la fragilidad de acuerdo con su valoración porcentual:

TABLA 4.1 CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DE LOS INDICADORES DE FRAGILIDAD

% Fragilidad	Caracterización	Calificación
0-29,9	Baja	0
30-59,9	Media	1
60-100	Alta	2

b) Ponderación y estimación de la fragilidad

El grado de fragilidad en el sitio de estudio se calculó con base en las medidas de discriminación seleccionada para cada componente como se detalla a continuación, sometiendo la variable a un procedimiento de análisis:

- Se determina el peso estadístico correspondiente a cada medida de discriminación seleccionada por componente.
- Conforme con lo anterior se califica o se define un rango que va de 0 a 2 para cada medida, teniendo como referencia el peso estadístico definido en el paso anterior, calificando sobre el rango mayor o crítico.

- Seguidamente se procede a ponderar por componente, obteniendo de esta manera un único valor de la componente (social, económico, físico, ambiental e institucional) entre el número total de medidas de discriminación seleccionadas, para obtener un índice promedio.
- El índice promedio se divide entre el valor máximo posible del índice (o sea 2) y se multiplica por cien para obtener el nivel de fragilidad en porcentaje para cada tipo de componente correspondiente.
- Luego este porcentaje se compara con la escala de fragilidad definida según la correspondencia con la Tabla4.1.

A continuación se presentan las diferentes medidas de discriminación para cada tipo de fragilidad (Tablas 4.2 – 4.6).

TABLA 4.2 COMPONENTE SOCIAL DE LA FRAGILIDAD

Medidas de Discriminación		Categorías	Fragilidad	Calificación
11	¿Cuál es el nivel de escolaridad del jefe de hogar?	a. Primaria o menos	Alta	2
		b. Secundaria	Media	1
		c. Técnico y Universitaria	Baja	0
12	Número de personas por vivienda	a. Más de 4	Alta	2
		b. 3 a 4	Media	1
		c.1 a 2	Baja	0
15	¿Hace cuánto tiempo viven en esta vivienda?	a. 0 a 12 meses	Alta	2
		b. 13 a 48 meses	Media	1
		d. Más de 48 meses	Baja	0

TABLA 4.3 COMPONENTE ECONÓMICO DE LA FRAGILIDAD

Medidas de Discriminación		Categorías	Fragilidad	Calificación
10	Valor comercial de la vivienda	a. 0 a 15 millones de pesos	Alta	2
		b. 16 a 40 millones de pesos	Media	1
		c. Más de 41 millones de pesos	Baja	0
17	Ingresos familiares	a. Entre 0 a 1 SMMLV	Alta	2
		b. Entre 2 a 3 SMMLV	Media	1
		c. Entre 3 o mas SMMLV	Baja	0

TABLA 4.4 COMPONENTE FÍSICO DE LA FRAGILIDAD

Medidas de Discriminación		Categorías	Fragilidad	Calificación
6	¿Estado físico de la vivienda?	a. Deteriorado	Alta	2
		b. Regular	Media	1
		c. Bueno	Baja	0
8	¿Altura de la vivienda en relación con la vía? – acceso al predio	a. <10 cm	Alta	2
		b. 10-70 cm	Media	1
		c. >70 cm	Baja	0
9	A partir del límite observable del cauce del río,	a. Antes de los 10 metros	Alta	2

Medidas de Discriminación		Categorías	Fragilidad	Calificación
	la construcción y/o del establecimiento se inicia	b. Entre 10 y 30 metros	Media	1
		c. Más de 30 metros	Baja	0
22	¿Su vivienda ha sufrido alguna vez de inundaciones?	a. Si	Alta	2
		b. No	Baja	0

TABLA 4.5 COMPONENTE AMBIENTAL DE LA FRAGILIDAD

Medidas de Discriminación		Categorías	Fragilidad	Calificación
38	¿Cree usted que es importante para la comunidad mantener los ríos libres de contaminación?	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2
		b. Indiferente	Media	1
		c. Totalmente de acuerdo	Baja	0

TABLA 4.6 COMPONENTE INSTITUCIONAL DE LA FRAGILIDAD

Medidas de Discriminación		Categorías	Fragilidad	Calificación
42	¿Considera usted que el estado ha realizado adecuadamente la planificación del territorio?	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2
		b. Indiferente	Media	1
		c. Totalmente de acuerdo	Baja	0
45	¿Considera que el estado es responsable por acción u omisión del crecimiento y consolidación de los asentamientos en zona de protección de los ríos?	a. Si	Alta	2
		b. No	Baja	0

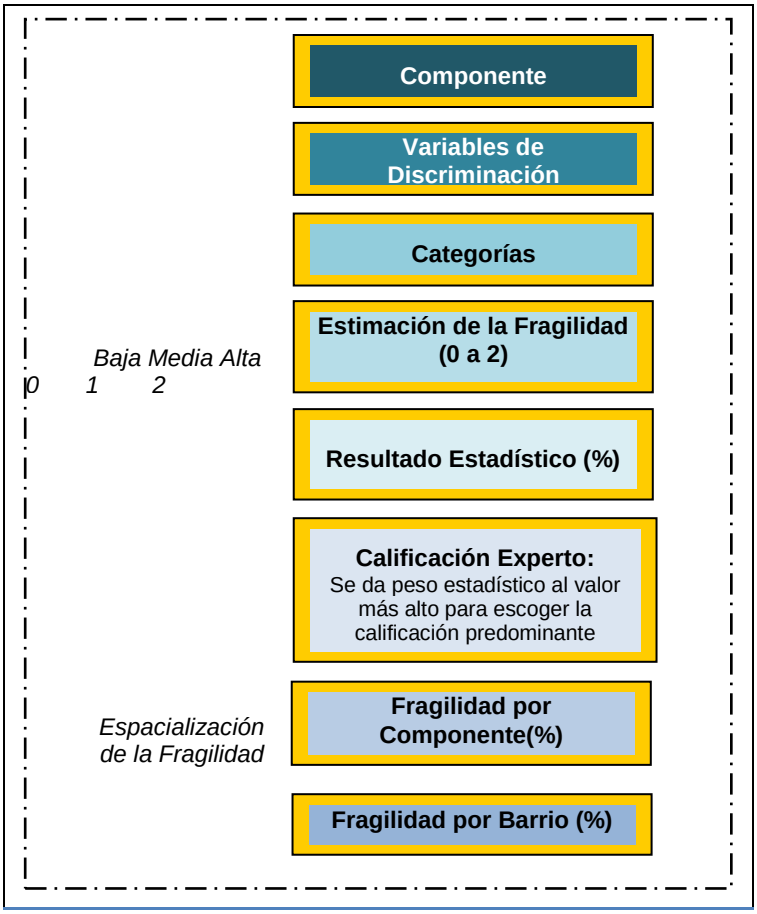
c) Espacialización de la fragilidad

La espacialización de la fragilidad se realizó utilizando ArcView. Para ello se usaron los valores ponderados obtenidos para cada tipo de fragilidad promedio por barrio y/o sector, información que se utilizó para generar el mapa 4.1 base de la fragilidad. En la Figura 4.2, se esquematizan los pasos seguidos para la estimación de la fragilidad.

4.1.2. Estimación de la Exposición

La exposición se entiende como el número de personas o elementos que pueden ser afectados por un evento particular. En un área deshabitada la exposición es nula. Mientras la vulnerabilidad determina la severidad que tendrá el impacto de un evento sobre los elementos en riesgo, es la exposición la que da cuenta del daño. En su dimensión económica, la vulnerabilidad es representada por la proyección de que una familia probablemente pierda el 50% de sus bienes. La cantidad de familias que se verán afectadas representa la exposición (ADRC, 2005).

La Ley 1523 de 2012 se refiere a la exposición (elementos expuestos) de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza.



$$\%Fragilidad_{Componente} = \left[\frac{\overline{C}}{2}\right] * 100\%$$

Donde:		
$\%Fragilidad_{Componente}$	=	Porcentaje de fragilidad por componente
$\overline{C}$	=	Promedio por componente
2	=	Total Máximo Posible

$$Fragilidad_{Barrio} = \frac{1}{5}\left(\sum^{n} \%Fragilidad_{Componente}\right)$$

Donde:		
$Fragilidad_{Barrio}$	=	Calificación fragilidad por barrio
$\%Fragilidad_{Componente}$	=	Porcentaje de fragilidad por componente
5	=	Total componentes

Figura 4.2 Esquema de Estimación de la Fragilidad

a) Procedimiento utilizado

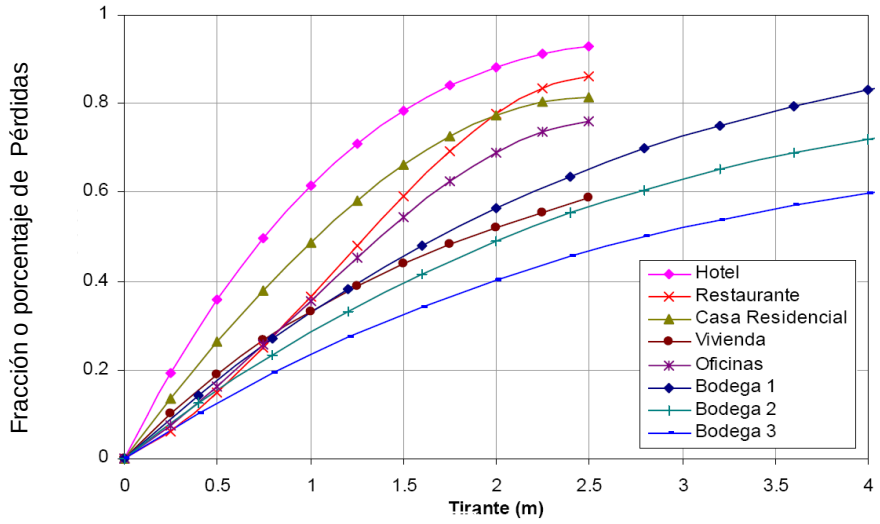
Siguiendo la metodología propuesta en CAPRA (2005), se utilizan las funciones de vulnerabilidad para realizar el cálculo de la exposición, expresada en pérdidas. Cada uno de

los activos que conformen la base de datos general deberá tener una clasificación de susceptibilidad al daño o función de vulnerabilidad, en función de los diferentes niveles de los parámetros relevantes de susceptibilidad.

Las funciones de vulnerabilidad se asignan dependiendo de la información disponible a diferentes niveles, incluyendo:

- Experiencia previa del analista en el comportamiento de tipos estructurales similares.
- Funciones publicadas en la bibliografía internacional.
- Resultados de modelaciones del comportamiento de diferentes tipos estructurales antes los diferentes fenómenos.

Para efectos de definir la vulnerabilidad de las estructuras ante inundaciones, los resultados promedio de las observaciones de daño en diversos casos de análisis es ajustado a las curvas de manera conceptual y preliminar. En la Gráfica 4.1 se muestran ejemplos de los resultados para algunos de los tipos de estructuras más comunes, el cual incluye el daño a la estructura y a los contenidos CAPRA (2005).



Fuente: Tomado de CAPRA (2005)

Gráfica 4.1 Funciones de vulnerabilidad ante inundaciones

Para estructuras de varios niveles, se extrapoló la función conceptual de daño de un nivel, suponiendo que los valores y la densidad de contenidos se mantendrán constantes con el número de niveles. Con esto se pueden obtener las curvas de daño para cualquier número de niveles en función de las curvas obtenidas para un nivel. La Gráfica 4.2 presenta un ejemplo de la aplicación para varios niveles, CAPRA (2005).

Las curvas obtenidas con esta metodología contemplan tanto el daño directo a la estructura como el daño asociado a los contenidos, para el presente estudio se utilizaran las curvas de la Gráfica 4.2.

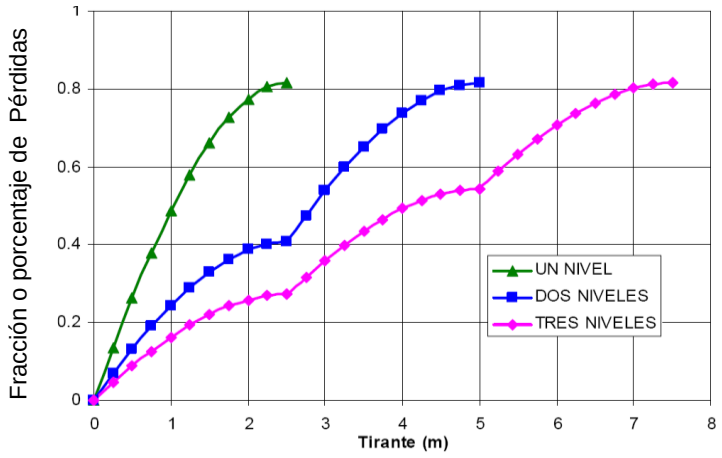


Grafico 4.2 Ejemplo de funciones de vulnerabilidad para estructuras de varios niveles o pisos

Fuente: Tomado de CAPRA (2005)

b) Valoración

En la Tabla 4.7, se muestra la caracterización otorgada de acuerdo con el porcentaje de daño estimado utilizando la función de vulnerabilidad; es decir, la exposición de acuerdo a su valoración porcentual es Baja (sin exposición) o Alta (con exposición).

TABLA 4.7 CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

	Ponderación	Caracterización	
Exposición	0	Sin exposición	Baja
	1	Con exposición	Alta

c) Datos de entrada

Para la exposición se analizan los dos escenarios de susceptibilidad por inundación resultantes. En la Tabla4.8se presentan los datos de entrada para realizar la estimación de exposición, los cuales se toman de los resultados de la estimación de la susceptibilidad por inundación y se estandariza el número de pisos por vivienda de acuerdo al barrio para facilitar su análisis:

TABLA 4.8 DATOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

NOMBRE DEL SECTOR	NIVEL DE AGUA (m)		No. DE PISOS POR VIVIENDA
	Escenario 1	Escenario 2	
Comfenalco	-	2.5	2
Floralia	1.5	3	2
Guaduales	1.5	2.5	2
Jarillón del Río Cali	-	3.5	1
Jarillón del Río Cauca	-	4	1
Lares de Comfenalco	1	1.5	2
Oasis de Comfandi	1.5	3	2
Paso del Comercio	1	2.5	2

d) Espacialización de la exposición

La espacialización se realizó utilizando sistemas de información geográfica – SIG, utilizando los valores ponderados obtenidos para cada tipo de fragilidad promedio por

barrio y/o sector, información que se utilizó para generar los mapas base de la exposición que se presentan más adelante en este capítulo, mapas 4.2 y 4.3. La Figura 4.3 esquematiza el procedimiento seguido para la estimación de la exposición en la zona de estudio:



$$Exp-barrio=\left[f_V\left(TvsNN\right)\right]*100\%$$

Donde:		
Exp-barrio	=	Exposición por Barrio
Fv	=	Función de Vulnerabilidad
T	=	Tirante en metros
NN	=	Número de Niveles

Figura 4.3 Esquema Procedimiento Estimación de la Exposición

4.1.3. Estimación de la Resiliencia

La resiliencia está definida como la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a amenazas a adaptarse, resistiendo o cambiando con el fin de alcanzar y mantener un nivel aceptable en su funcionamiento y estructura. Se determina por el grado en el cual el sistema social es capaz de auto-organizarse para incrementar su capacidad de aprendizaje sobre desastres pasados, con el fin de lograr una mejor protección futura y mejorar las medidas de reducción de riesgo de desastres, (EIRD, 2009).

Donde la resiliencia es alta se requiere mayor alteración para vencer los límites a cambios cualitativos y permitir que éste sea transformado rápidamente en otra condición. En las ciencias sociales la resiliencia es vista como la capacidad para aprovechar oportunidades, resistir las amenazas y recuperase de sus impactos negativos (Alwang, 2001).Un sistema resiliente no es sensible a las variabilidades climáticas y tiene capacidad de adaptación, (IPCC, 2001).

Las definiciones de resiliencia y capacidad de adaptación son similares; la capacidad de adaptación reúne aquellas estrategias que reaccionan después del evento, soportando su impacto, así como también las estrategias que modifican las actividades y comportamientos humanos con el fin de evitar efectos dañinos mientras dure el efecto.

Entendido de esta manera, se puede decir que la resiliencia agrupa todas las capacidades que les permiten a las comunidades restituir las funciones sociales, aún cuando perduren los efectos dañinos de un fenómeno natural. Así, la resiliencia incluye a la capacidad de adaptación, pero a la vez va más allá de ella.

a) Valoración y estandarización de los indicadores seleccionados

El mismo procedimiento que se utilizó para estimar la fragilidad, se aplicó para estimar la resiliencia. En consideración a lo anterior, para lograr uniformidad en el análisis de las diferentes medidas de discriminación, se estandarizan las variables que contienen a cada

uno de ellos. Esta estandarización partió de analizar el grado de influencia que los distintos valores (variable observada) tienen para obtener un determinado nivel de Resiliencia, es decir, entre mayor es el aporte de la medida de discriminación, mayor es el valor estandarizado.

La Tabla4.9muestra la calificación de la resiliencia según el porcentaje de resiliencia obtenido por cada medida de discriminación seleccionada logrando la estandarización y así poder definir la ponderación para la medición de la Resiliencia en toda el área de estudio, es decir, la caracterización de la resiliencia de acuerdo a su valoración porcentual es:

TABLA 4.9CALIFICACIÓN DE LA RESILIENCIA EN PORCENTAJE

% Resiliencia	Caracterización	Calificación
0-29,9	Baja	0
30-59,9	Media	1
60-100	Alta	2

b) Ponderación y estimación de la resiliencia

De acuerdo al procedimiento establecido, la resiliencia se calculó con base a las medidas de discriminación seleccionada para cada componente como se detalla a continuación, sometiendo la variable a un procedimiento de análisis:

- Se determina el peso estadístico correspondiente a cada medida de discriminación seleccionada por componente.
- Conforme a lo anterior se califica o define un rango que va de 0 a 2 para cada medida, teniendo como referencia el peso estadístico definido en el paso anterior, calificando sobre el rango mayor o crítico.
- Seguidamente se procede a ponderar por componente, obteniendo de esta manera un único valor de la componente (social, económico, físico, ambiental e institucional) entre el número total de medidas de discriminación seleccionadas, para obtener un índice promedio.
- El índice promedio se divide entre el valor máximo posible del índice (o sea 2) y se multiplica por cien para obtener el nivel de vulnerabilidad en porcentaje para cada tipo de componente correspondiente.
- Luego, este porcentaje se compara con la escala de resiliencia definida según la correspondencia con la Tabla4.9.

En las Tablas 4.10 a 4.12 se presentan las diferentes medidas de discriminación para cada componente de la resiliencia.

c) Espacialización de la resiliencia

Para la espacialización de la resiliencia se usaron los valores ponderados obtenidos para la resiliencia promedio por barrio y/o sector, información que se utilizó para generar el Mapa 4.4.

TABLA 4.10COMPONENTE SOCIAL DE LA RESILIENCIA

Variables de Discriminación		Categorías	Resiliencia	Calificación
20	¿Existe ruta de evacuación, alerta temprana o algún protocolo?	a. Si	Alta	2
		c. No	Baja	0
21	¿Sabe qué hacer en caso de inundación?	a. Si	Alta	2
		c. No	Baja	0

TABLA 4.11COMPONENTE INSTITUCIONAL DE LA RESILIENCIA

Variables de Discriminación		Categorías	Resiliencia	Calificación
26	¿Recibe información de alerta ante fenómenos meteorológicos o posibles inundaciones?	a. Si	Alta	2
		c. No	Baja	0
0	Disponibilidad de Espacio Público Fuente: DAPM - Cali en Cifras 2012.	a.<a 9 m²/persona	Alta	2
		b. De 11 a 9 m²/persona	Media	1
		c. ≥12 m²/persona	Baja	0

TABLA 4.12COMPONENTE TÉCNICO DE LA RESILIENCIA

Variables de Discriminación		Categorías	Resiliencia	Calificación
0	Cuerpo de Bomberos por cada 100.000habitantes. Fuente: DAPM - Cali en Cifras 2012.	a. ≤ a 10	Alta	2
		b. 19 a 11	Media	1
		c. ≥ 20	Baja	0
0	Tiempo de respuesta del cuerpo de bomberos, desde la llamada inicial (minutos). Fuente: DAPM - Cali en Cifras 2012	a. > a 20	Alta	2
		b. 11 a 19	Media	1
		c. ≤ 10	Baja	0
0	Camas hospitalización por cada 100.000 habitantes. Fuente: DAPM - Cali en Cifras 2012	a. ≤ a 200	Alta	2
		b. 299 a 201	Media	1
		c. ≥ 300	Baja	0

4.1.4. Muestreo Estadístico del Estudio

En el Anexo 4.2 se presenta la Ficha Técnica del Muestreo Estadístico, el cual contiene:

- Marco Muestral
- Tipo de Muestreo
- Tamaño de la Muestra
- Análisis Estadístico

4.2.DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Con el fin de estimar los indicadores de vulnerabilidad en la zona de estudio y a partir del análisis de los resultados de la encuesta aplicada se consideró conveniente apoyarse en el análisis estadístico para determinar el peso de cada una de las variables que ayudan a determinar los indicadores estimando la Fragilidad, Exposición y Resiliencia, variables dependientes para calcular la Vulnerabilidad.

4.2.1. Estimación de la Fragilidad

A partir de la aplicación de la metodología descrita anteriormente se procede a realizar la estimación de la Fragilidad de acuerdo con los componentes evaluados; inicialmente se presentan las tablas que permiten realizar el análisis comparativo para posteriormente estimar la fragilidad por barrio (Tablas 4.13 a 4.20).

TABLA 4.13 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD BARRIO COMFENALCO

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Vulnerabilidad	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	FRAGILIDAD	
Social	11	Nivel de escolaridad del jefe de hogar	a. Primaria o menos	Alta	2	23	1	**1,3**	**2**	**67%**	**Media**
			b. Secundaria	Media	1	62					
			c. Técnicoy Universitaria	Baja	0	15					
	12	Número de personas por vivienda	a. Más de 4	Alta	2	38	1				
			b. 3 a 4	Media	1	54					
			c.1 a 2	Baja	0	8					
	15	Tiempo o periodo de residencia en la vivienda	a. 0 a 12 meses	Alta	2	46	2				
			b. 13 a 48 meses	Media	1	46					
			d. Más de 48 meses	Baja	0	8					
Económico	10	Valor comercial de la vivienda	a. 0 a 15 millones de pesos	Alta	2	0	1	**1,5**	**2**	**75%**	**Alta**
			b. 16 a 40 millones de pesos	Media	1	54					
			c. Más de 41 millones de pesos	Baja	0	46					
	17	Ingresos familiares	a. Entre 0 a 1 SMMLV	Alta	2	62	2				
			b. Entre 2 a 3 SMMLV	Media	1	31					
			c. Entre 3 o más SMMLV	Baja	0	8					
Físico	6	Estado físico de la vivienda	a. Deteriorado	Alta	2	0	0	**0,25**	**2**	**13%**	**Baja**
			b. Regular	Media	1	0					
			c. Bueno	Baja	0	100					
	8	Altura de la vivienda en relación con la vía	a. <10 cm	Alta	2	23	1				
			b. 10-70 cm	Media	1	73					
			c. >70 cm	Baja	0	0					
	9	Distancia de la vivienda al cauce del río	a. Antes de los 10 metros	Alta	2	0	0				
			b. Entre 10 y 30 metros	Media	1	0					
			c. Más de 30 metros	Baja	0	100					
	22	La vivienda se ha inundado alguna vez	a. Si	Alta	2	38	0				
			b. No	Baja	0	62					
Ambiental	38	Calidad de los ríos	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	0	0	**0**	**2**	**0%**	**Baja**
			b. Indiferente	Media	1	0					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	100					
Institucional	42	Planificación del territorio	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	84	2	**2**	**2**	**100%**	**Alta**
			b. Indiferente	Media	1	8					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	8					
	45	Responsabilidad institucional	a. Si	Alta	2	92	2				
			b. No	Baja	0	8					
									PROMEDIO	**51%**	**Media**

TABLA 4.14 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD BARRIO FLORALIA

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Vulnerabilidad	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	FRAGILIDAD	
Social	11	Nivel de escolaridad del jefe de hogar	a. Primaria o menos	Alta	2	39	2	**1,0**	**2**	**50%**	**Media**
			b. Secundaria	Media	1	24					
			c. Técnico y Universitaria	Baja	0	37					
	12	Número de personas por vivienda	a. Más de 4	Alta	2	24	1				
			b. 3 a 4	Media	1	46					
			c.1 a 2	Baja	0	30					
	15	Tiempo o periodo de residencia en la vivienda	a. 0 a 12 meses	Alta	2	7	0				
			b. 13 a 48 meses	Media	1	17					
			d. Más de 48 meses	Baja	0	76					
Económico	10	Valor comercial de la vivienda	a. 0 a 15 millones de pesos	Alta	2	11	1	**1,5**	**2**	**75%**	**Alta**
			b. 16 a 40 millones de pesos	Media	1	67					
			c. Más de 41 millones de pesos	Baja	0	22					
	17	Ingresos familiares	a. Entre 0 a 1 SMMLV	Alta	2	70	2				
			b. Entre 2 a 3 SMMLV	Media	1	22					
			c. Entre 3 o más SMMLV	Baja	0	7					
Físico	6	Estado físico de la vivienda	a. Deteriorado	Alta	2	0	0	**0,25**	**2**	**13%**	**Baja**
			b. Regular	Media	1	6					
			c. Bueno	Baja	0	94					
	8	Altura de la vivienda en relación con la vía	a. <10 cm	Alta	2	33	1				
			b. 10-70 cm	Media	1	67					
			c. >70 cm	Baja	0	0					
	9	Distancia de la vivienda al cauce del río	a. Antes de los 10 metros	Alta	2	9	0				
			b. Entre 10 y 30 metros	Media	1	0					
			c. Más de 30 metros	Baja	0	91					
	22	La vivienda se ha inundado alguna vez	a. Si	Alta	2	30	0				
			b. No	Baja	0	70					
Ambiental	38	Calidad de los ríos	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	2	0	**0**	**2**	**0%**	**Baja**
			b. Indiferente	Media	1	4					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	94					
Institucional	42	Planificación del territorio	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	69	2	**2**	**2**	**100%**	**Alta**
			b. Indiferente	Media	1	11					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	21					
	45	Responsabilidad institucional	a. Si	Alta	2	72	2				
			b. No	Baja	0	28					
									PROMEDIO	**48%**	**Media**

TABLA 4.15 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD BARRIO GUADUALES

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Vulnerabilidad	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	FRAGILIDAD	
Social	11	Nivel de escolaridad del jefe de hogar	a. Primaria o menos	Alta	2	8	1	**1,0**	**2**	**50%**	**Media**
			b. Secundaria	Media	1	78					
			c. Técnico y Universitaria	Baja	0	14					
	12	Número de personas por vivienda	a. Más de 4	Alta	2	40	2				
			b. 3 a 4	Media	1	30					
			c.1 a 2	Baja	0	30					
	15	Tiempo o periodo de residencia en la vivienda	a. 0 a 12 meses	Alta	2	22	0				
			b. 13 a 48 meses	Media	1	21					
			d. Más de 48 meses	Baja	0	57					
Económico	10	Valor comercial de la vivienda	a. 0 a 15 millones de pesos	Alta	2	9	0	**1**	**2**	**50%**	**Media**
			b. 16 a 40 millones de pesos	Media	1	43					
			c. Más de 41 millones de pesos	Baja	0	48					
	17	Ingresos familiares	a. Entre 0 a 1 SMMLV	Alta	2	70	2				
			b. Entre 2 a 3 SMMLV	Media	1	21					
			c. Entre 3 o más SMMLV	Baja	0	8					
Físico	6	Estado físico de la vivienda	a. Deteriorado	Alta	2	0	0	**0,75**	**2**	**38%**	**Media**
			b. Regular	Media	1	13					
			c. Bueno	Baja	0	87					
	8	Altura de la vivienda en relación con la vía	a. <10 cm	Alta	2	9	1				
			b. 10-70 cm	Media	1	74					
			c. >70 cm	Baja	0	17					
	9	Distancia de la vivienda al cauce del río	a. Antes de los 10 metros	Alta	2	0	0				
			b. Entre 10 y 30 metros	Media	1	0					
			c. Más de 30 metros	Baja	0	100					
	22	La vivienda se ha inundado alguna vez	a. Si	Alta	2	65	2				
			b. No	Baja	0	35					
Ambiental	38	Calidad de los ríos	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	0	0	**0**	**2**	**0%**	**Baja**
			b. Indiferente	Media	1	30					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	70					
Institucional	42	Planificación del territorio	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	78	2	**2**	**2**	**100%**	**Alta**
			b. Indiferente	Media	1	9					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	13					
	45	Responsabilidad institucional	a. Si	Alta	2	78	2				
			b. No	Baja	0	22					
									PROMEDIO	**48%**	**Media**

TABLA 4.16 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD SECTOR JARILLÓN DEL RÍO CALI

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Vulnerabilidad	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	FRAGILIDAD	
Social	11	Nivel de escolaridad del jefe de hogar	a. Primaria o menos	Alta	2	50	2	**1,7**	**2**	**83%**	**Alta**
			b. Secundaria	Media	1	50					
			c. Técnico y Universitaria	Baja	0	0					
	12	Número de personas por vivienda	a. Más de 4	Alta	2	100	2				
			b. 3 a 4	Media	1	0					
			c.1 a 2	Baja	0	0					
	15	Tiempo o periodo de residencia en la vivienda	a. 0 a 12 meses	Alta	2	0	1				
			b. 13 a 48 meses	Media	1	50					
			d. Más de 48 meses	Baja	0	50					
Económico	10	Valor comercial de la vivienda	a. 0 a 15 millones de pesos	Alta	2	0	1	**1**	**2**	**50%**	**Media**
			b. 16 a 40 millones de pesos	Media	1	50					
			c. Más de 41 millones de pesos	Baja	0	50					
	17	Ingresos familiares	a. Entre 0 a 1 SMMLV	Alta	2	0	1				
			b. Entre 2 a 3 SMMLV	Media	1	100					
			c. Entre 3 o más SMMLV	Baja	0	0					
Físico	6	Estado físico de la vivienda	a. Deteriorado	Alta	2	0	0	**0,25**	**2**	**13%**	**Baja**
			b. Regular	Media	1	0					
			c. Bueno	Baja	0	100					
	8	Altura de la vivienda en relación con la vía	a. <10 cm	Alta	2	0	1				
			b. 10-70 cm	Media	1	0					
			c. >70 cm	Baja	0	100					
	9	Distancia de la vivienda al cauce del río	a. Antes de los 10 metros	Alta	2	0	0				
			b. Entre 10 y 30 metros	Media	1	0					
			c. Más de 30 metros	Baja	0	100					
	22	La vivienda se ha inundado alguna vez	a. Si	Alta	2	0	0				
			b. No	Baja	0	100					
Ambiental	38	Calidad de los ríos	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	0	0	**0**	**2**	**0%**	**Baja**
			b. Indiferente	Media	1	0					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	100					
Institucional	42	Planificación del territorio	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	50	2	**2**	**2**	**100%**	**Alta**
			b. Indiferente	Media	1	50					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	0					
	45	Responsabilidad institucional	a. Si	Alta	2	100	2				
			b. No	Baja	0	0					
									PROMEDIO	**49%**	**Media**

TABLA 4.17 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD SECTOR JARILLÓN DEL RÍO CAUCA

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Vulnerabilidad	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	FRAGILIDAD	
Social	11	Nivel de escolaridad del jefe de hogar	a. Primaria o menos	Alta	2	73	2	1,3	2	67%	Alta
			b. Secundaria	Media	1	18					
			c. Técnico y Universitaria	Baja	0	9					
	12	Número de personas por vivienda	a. Más de 4	Alta	2	64	2				
			b. 3 a 4	Media	1	27					
			c.1 a 2	Baja	0	9					
	15	Tiempo o periodo de residencia en la vivienda	a. 0 a 12 meses	Alta	2	18	0				
			b. 13 a 48 meses	Media	1	18					
			d. Más de 48 meses	Baja	0	64					
Económico	10	Valor comercial de la vivienda	a. 0 a 15 millones de pesos	Alta	2	36	1	1,5	2	75%	Alta
			b. 16 a 40 millones de pesos	Media	1	55					
			c. Más de 41 millones de pesos	Baja	0	9					
	17	Ingresos familiares	a. Entre 0 a 1 SMMLV	Alta	2	100	2				
			b. Entre 2 a 3 SMMLV	Media	1	0					
			c. Entre 3 o más SMMLV	Baja	0	0					
Físico	6	Estado físico de la vivienda	a. Deteriorado	Alta	2	18	1	0,5	2	25%	Baja
			b. Regular	Media	1	73					
			c. Bueno	Baja	0	9					
	8	Altura de la vivienda en relación con la vía	a. <10 cm	Alta	2	18	0				
			b. 10-70 cm	Media	1	18					
			c. >70 cm	Baja	0	64					
	9	Distancia de la vivienda al cauce del río	a. Antes de los 10 metros	Alta	2	27	1				
			b. Entre 10 y 30 metros	Media	1	36					
			c. Más de 30 metros	Baja	0	36					
	22	La vivienda se ha inundado alguna vez	a. Si	Alta	2	36	0				
			b. No	Baja	0	64					
Ambiental	38	Calidad de los ríos	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	0	0	0	2	0%	Baja
			b. Indiferente	Media	1	0					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	100					
Institucional	42	Planificación del territorio	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	73	2	2	2	100%	Alta
			b. Indiferente	Media	1	0					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	27					
	45	Responsabilidad institucional	a. Si	Alta	2	82	2				
			b. No	Baja	0	18					
									PROMEDIO	53%	Media

TABLA 4.18 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD BARRIO LARES DE COMFENALCO

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Vulnerabilidad	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	FRAGILIDAD	
Social	11	Nivel de escolaridad del jefe de hogar	a. Primaria o menos	Alta	2	0	1	1,0	2	50%	Media
			b. Secundaria	Media	1	100					
			c. Técnico y Universitaria	Baja	0	0					
	12	Número de personas por vivienda	a. Más de 4	Alta	2	67	2				
			b. 3 a 4	Media	1	33					
			c.1 a 2	Baja	0	0					
	15	Tiempo o periodo de residencia en la vivienda	a. 0 a 12 meses	Alta	2	0	0				
			b. 13 a 48 meses	Media	1	0					
			d. Más de 48 meses	Baja	0	100					
Económico	10	Valor comercial de la vivienda	a. 0 a 15 millones de pesos	Alta	2	0	0	0,5	2	25%	Baja
			b. 16 a 40 millones de pesos	Media	1	0					
			c. Más de 41 millones de pesos	Baja	0	100					
	17	Ingresos familiares	a. Entre 0 a 1 SMMLV	Alta	2	0	1				
			b. Entre 2 a 3 SMMLV	Media	1	100					
			c. Entre 3 o más SMMLV	Baja	0	0					
Físico	6	Estado físico de la vivienda	a. Deteriorado	Alta	2	0	0	0,25	2	13%	Baja
			b. Regular	Media	1	0					
			c. Bueno	Baja	0	100					
	8	Altura de la vivienda en relación con la vía	a. <10 cm	Alta	2	0	1				
			b. 10-70 cm	Media	1	100					
			c. >70 cm	Baja	0	0					
	9	Distancia de la vivienda al cauce del río	a. Antes de los 10 metros	Alta	2	0	0				
			b. Entre 10 y 30 metros	Media	1	0					
			c. Más de 30 metros	Baja	0	100					
	22	La vivienda se ha inundado alguna vez	a. Si	Alta	2	0	0				
			b. No	Baja	0	100					
Ambiental	38	Calidad de los ríos	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	0	0	0	2	0%	Baja
			b. Indiferente	Media	1	33					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	67					
Institucional	42	Planificación del territorio	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	67	2	2	2	100%	Alta
			b. Indiferente	Media	1	33					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	0					
	45	Responsabilidad institucional	a. Si	Alta	2	67	2				
			b. No	Baja	0	33					
									PROMEDIO	38%	Media

TABLA 4.19 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD BARRIO OASIS DE COMFANDI

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Vulnerabilidad	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	FRAGILIDAD	
Social	11	Nivel de escolaridad del jefe de hogar	a. Primaria o menos	Alta	2	14	1	0,7	2	33%	Media
			b. Secundaria	Media	1	57					
			c. Técnico y Universitaria	Baja	0	29					
	12	Número de personas por vivienda	a. Más de 4	Alta	2	0	1				
			b. 3 a 4	Media	1	86					
			c.1 a 2	Baja	0	14					
	15	Tiempo o periodo de residencia en la vivienda	a. 0 a 12 meses	Alta	2	29	0				
			b. 13 a 48 meses	Media	1	14					
			d. Más de 48 meses	Baja	0	57					
Económico	10	Valor comercial de la vivienda	a. 0 a 15 millones de pesos	Alta	2	0	0	0,5	2	25%	Baja
			b. 16 a 40 millones de pesos	Media	1	43					
			c. Más de 41 millones de pesos	Baja	0	53					
	17	Ingresos familiares	a. Entre 0 a 1 SMMLV	Alta	2	43	1				
			b. Entre 2 a 3 SMMLV	Media	1	57					
			c. Entre 3 o más SMMLV	Baja	0	0					
Físico	6	Estado físico de la vivienda	a. Deteriorado	Alta	2	0	0	0,25	2	13%	Baja
			b. Regular	Media	1	14					
			c. Bueno	Baja	0	86					
	8	Altura de la vivienda en relación con la vía	a. <10 cm	Alta	2	0	1				
			b. 10-70 cm	Media	1	71					
			c. >70 cm	Baja	0	29					
	9	Distancia de la vivienda al cauce del río	a. Antes de los 10 metros	Alta	2	0	0				
			b. Entre 10 y 30 metros	Media	1	0					
			c. Más de 30 metros	Baja	0	100					
	22	La vivienda se ha inundado alguna vez	a. Si	Alta	2	0	0				
			b. No	Baja	0	100					
Ambiental	38	Calidad de los ríos	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	0	0	0	2	0%	Baja
			b. Indiferente	Media	1	29					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	71					
Institucional	42	Planificación del territorio	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	86	2	2	2	100%	Alta
			b. Indiferente	Media	1	0					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	14					
	45	Responsabilidad institucional	a. Si	Alta	2	67	2				
			b. No	Baja	0	33					
									PROMEDIO	34%	Media

TABLA 4.20 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD SECTOR PASO DEL COMERCIO

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Vulnerabilidad	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	FRAGILIDAD	
Social	11	Nivel de escolaridad del jefe de hogar	a. Primaria o menos	Alta	2	50	2	**1,3**	**2**	**67%**	**Alta**
			b. Secundaria	Media	1	50					
			c. Técnico y Universitaria	Baja	0	0					
	12	Número de personas por vivienda	a. Más de 4	Alta	2	80	2				
			b. 3 a 4	Media	1	10					
			c.1 a 2	Baja	0	10					
	15	Tiempo o periodo de residencia en la vivienda	a. 0 a 12 meses	Alta	2	20	0				
			b. 13 a 48 meses	Media	1	30					
			d. Más de 48 meses	Baja	0	50					
Económico	10	Valor comercial de la vivienda	a. 0 a 15 millones de pesos	Alta	2	0	1	**1,5**	**2**	**75%**	**Alta**
			b. 16 a 40 millones de pesos	Media	1	100					
			c. Más de 41 millones de pesos	Baja	0	0					
	17	Ingresos familiares	a. Entre 0 a 1 SMMLV	Alta	2	50	2				
			b. Entre 2 a 3 SMMLV	Media	1	50					
			c. Entre 3 o más SMMLV	Baja	0	0					
Físico	6	Estado físico de la vivienda	a. Deteriorado	Alta	2	0	0	**0,25**	**2**	**13%**	**Baja**
			b. Regular	Media	1	10					
			c. Bueno	Baja	0	90					
	8	Altura de la vivienda en relación con la vía	a. <10 cm	Alta	2	10	1				
			b. 10-70 cm	Media	1	60					
			c. >70 cm	Baja	0	30					
	9	Distancia de la vivienda al cauce del río	a. Antes de los 10 metros	Alta	2	0	0				
			b. Entre 10 y 30 metros	Media	1	0					
			c. Más de 30 metros	Baja	0	100					
	22	La vivienda se ha inundado alguna vez	a. Si	Alta	2	0	0				
			b. No	Baja	0	100					
Ambiental	38	Calidad de los ríos	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	0	0	**0**	**2**	**0%**	**Baja**
			b. Indiferente	Media	1	10					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	90					
Institucional	42	Planificación del territorio	a. Totalmente en desacuerdo	Alta	2	60	2	**2**	**2**	**100%**	**Alta**
			b. Indiferente	Media	1	30					
			c. Totalmente de acuerdo	Baja	0	10					
	45	Responsabilidad institucional	a. Si	Alta	2	90	2				
			b. No	Baja	0	10					
									PROMEDIO	**51%**	**Media**

Este tipo de factores de vulnerabilidad está referido directamente a los asentamientos humanos en zonas de riesgo, y las deficiencias de sus infraestructuras para absorber sus efectos. Las variables consideradas en este factor de vulnerabilidad fueron los componentes: Social, Económico, Físico, Ambiental e Institucional.

Aplicado a cada uno de los barrios y sectores de la zona de estudio, a continuación se analizan los resultados obtenidos (Tabla 4.21).

TABLA 4.21 ESTIMACIÓN DE LA FRAGILIDAD

NOMBRE DEL SECTOR	SOCIAL	ECONOMICO	FISICO	AMBIENTAL	INSTITUCIONAL	FRAGILIDAD		
	Componente A	Componente B	Componente C	Componente D	Componente E	Promedio	%	Clasificación
COMFENALCO	1,3	1,5	0,25	0	2	1,01	51%	MEDIA
FLORALIA	1	1,5	0,25	0	2	0,95	48%	MEDIA
GUADUALES	1	1	0,75	0	2	0,95	48%	MEDIA
JARILLÓN RIO CALI	1,7	1	0,25	0	2	0,99	50%	MEDIA
JARILLÓN RIO CAUCA	1,3	1,5	0,5	0	2	1,06	53%	MEDIA
LARES DE COMFENALCO	1	0,5	0,25	0	2	0,75	38%	MEDIA
OASIS DE COMFANDI	0,7	0,5	0,25	0	2	0,69	35%	MEDIA
PASO DEL COMERCIO	1,3	1,5	0,25	0	2	1,01	51%	MEDIA
FRAGILIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO						0,93	46%	MEDIA

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabulación anterior, estadísticamente se puede analizar la situación particular de la zona de estudio, revisando componente por componente.

A. CONDICIONES DE LA VIVIENDA

De la Tabla 4.22 y las Gráficas 4.3 y 4.4 se concluye que la mayoría de viviendas pertenecen al Estrato 2. En términos generales se puede ver que todas las viviendas de la muestra pertenecen a los estratos I, II y III, encontrándose que la zona de estudio es de clase media y baja.

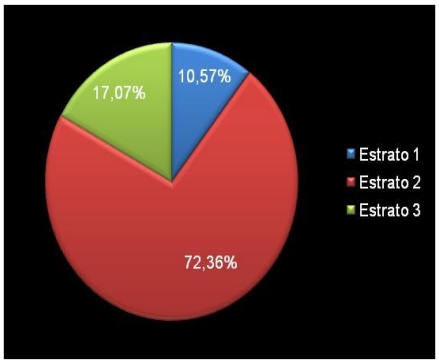


Grafico 4.3 Estrato socioeconómico

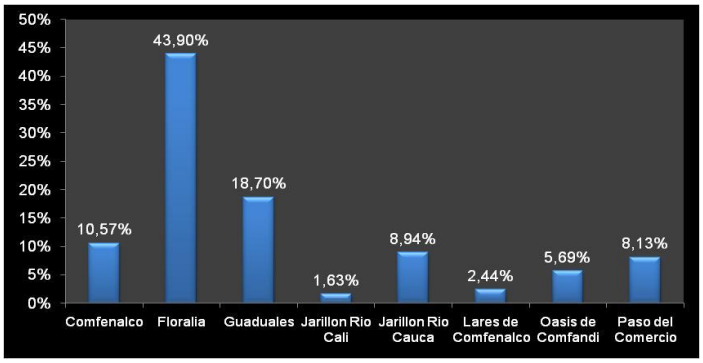


Grafico 4.4 Porcentaje por estrato socioeconómico

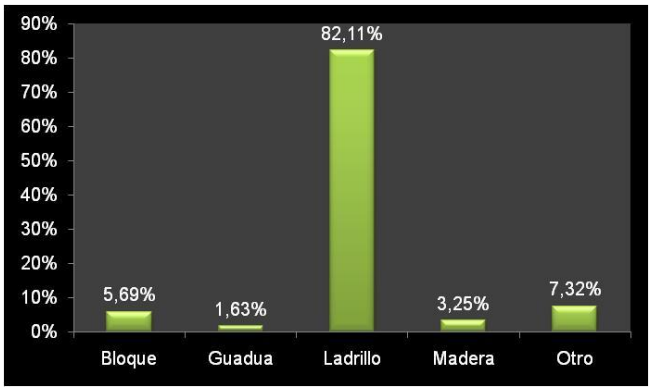
TABLA 4.22ESTRATO SOCIOECONÓMICO

Estrato	Frecuencia	Porcentaje
Estrato 1	13	10,57%
Estrato 2	89	72,36%
Estrato 3	21	17,07%
Total General	**123**	**100,00%**

La Tabla 4.23 presenta los resultados de las características de los materiales de la vivienda, en los cuales predomina el ladrillo como material de construcción con un 82.11%, tal como se observa en la Gráfica 4.5, seguido de la utilización de bloque en un 5.69%, madera en un 3.25%, guadua en un 1.63% y otros materiales diversos en un 7.32%.

TABLA 4.23 MATERIALES PREDOMINANTES DE CONSTRUCCIÓN

¿De qué material están elaboradas las paredes de la vivienda? (Seleccione el material predominante)	Frecuencia	Porcentaje
Bloque	7	5,69%
Guadua	2	1,63%
Ladrillo	101	82,11%
Madera	4	3,25%
Otro	9	7,32%
Total General	**123**	**100,00%**

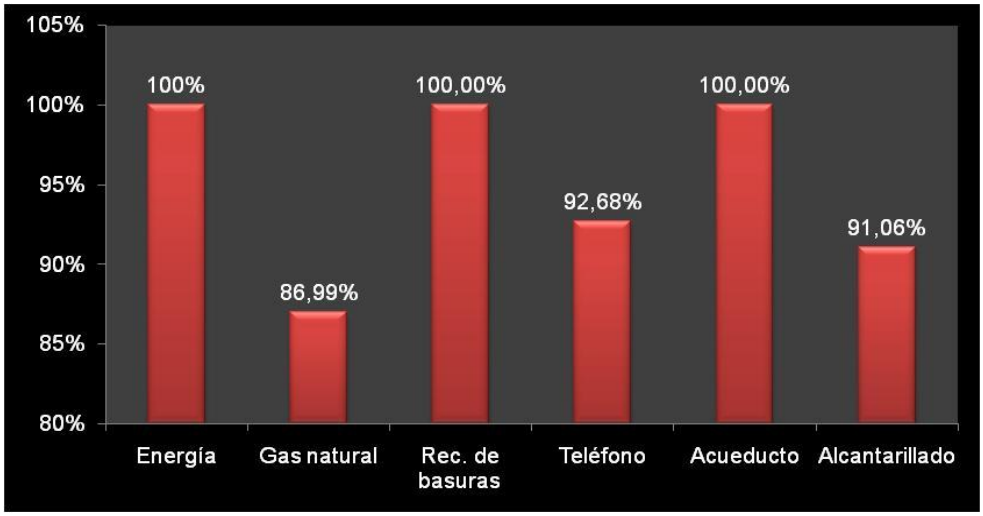


Gráfica 4.5 Material paredes de la vivienda

El total de las viviendas cuenta con servicios de energía, acueducto y recolección de basura, y una minoría de viviendas que no cuentan con el servicio de teléfono, alcantarillado y gas natural (Tabla 4.24 y Gráfica 4.6).

TABLA 4.24 ACCESO A LOS SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS

Servicios de la Vivienda	Frecuencia	%
Energía	123	100%
Gas natural	107	86,99%
Recolección de basuras	123	100,00%
Teléfono	114	92,68%
Acueducto	123	100,00%
Alcantarillado	112	91,06%

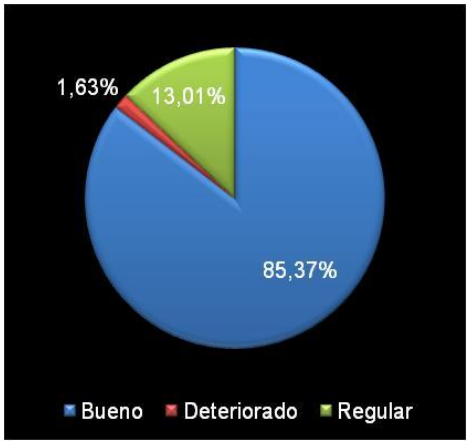


Gráfica 4.6 Servicios Públicos a los que tiene acceso el predio

Se encontró que el estado físico de las viviendas en su gran mayoría es bueno, según lo manifestado por las personas encuestadas, tal como se observa en la Tabla 4.25 y la Gráfica 4.7 con un 85.37%. Además, se obtuvo que aproximadamente la mitad (50,41%) de los encuestados tienen vivienda de dos pisos y que el 35% son viviendas de un solo piso, tal como se aprecia en la Tabla 4.26 y la Gráfica 4.8.

TABLA 4.25 ESTADO FÍSICO DE LA VIVIENDA

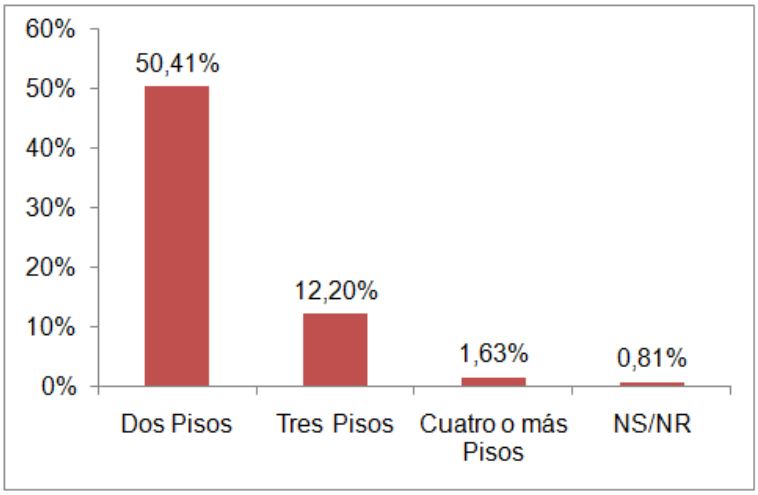
¿Estado físico de la vivienda?	Frecuencia	porcentaje
Bueno	105	85,37%
Deteriorado	2	1,63%
Regular	16	13,01%
Total general	**123**	100,00%



Gráfica 4.7 Estado físico de la vivienda

TABLA 4.26 NÚMERO DE PISOS DE LA VIVIENDA

¿Número de pisos de la vivienda?	Frecuencia	porcentaje
Un Piso	43	34,96%
Dos Pisos	62	50,41%
Tres Pisos	15	12,20%
Cuatro o más Pisos	2	1,63%
NS/NR	1	0,81%
Total General	**123**	**100,00%**



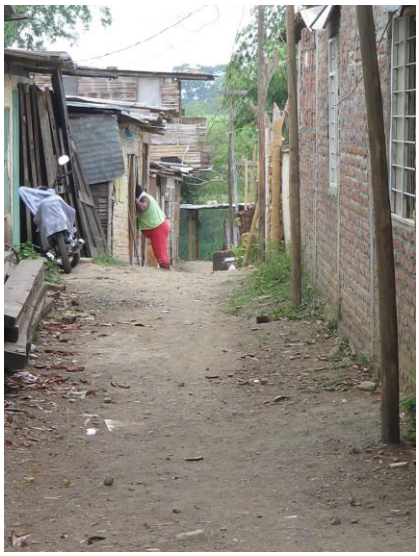
Gráfica 4.8 Número de pisos de la vivienda

En el registro fotográfico 4.1 se observa la tipología de la vivienda predominante en el sector objeto de estudio.



Tipología del Barrio Floralia: Pasos peatonales internos e intervenciones estructurales en las construcciones del mismo.

Tipología de vivienda sobre el Jarillón del río Cauca: Vivienda menesterosa de autoconstrucción.



REGISTRO FOTOGRÁFICO 4.1 TIPOLOGÍA DE LA VIVIENDA EN LOS SECTORES DE ESTUDIO

La mitad de los encuestados (50.41%) tiene sus viviendas a más de 30 metros de distancia del río y la altura de la casa con respecto a la carretera está entre 10 y 30 cm. Además la Tabla 4.27 muestra que el 3.25% de las viviendas encuestadas presenta una altura de la casa inferior a 10 cm y está a menos de 10 metros de distancia del rio, razón por la cual se deberá tener en cuenta el grupo de viviendas de esta zona, ya que en caso de una inundación, estas viviendas pueden ser las primeras en ser afectadas.

TABLA 4.27 ALTURA DE LA VIVIENDA EN RELACIÓN CON LA VÍA Y DISTANCIA DE LA VIVIENDA AL RÍO

Distancia del río a la vivienda	Altura de la casa con respecto a la carretera					Total general
	<10 cm	>70 cm	10-30 cm	30-50 cm	50-70 cm	
Antes de los 10 metros	3,25%	0,00%	3,25%	0,00%	0,00%	6,50%
Entre 10 y 20 metros	0,00%	1,63%	0,00%	0,00%	0,00%	1,63%
Entre 20 y 30 metros	0,00%	0,81%	0,00%	0,81%	0,00%	1,63%
Más de 30 metros	17,89%	12,20%	50,41%	8,94%	0,81%	90,24%
Total general	**21,14%**	**14,63%**	**53,66%**	**9,76%**	**0,81%**	**100,00%**

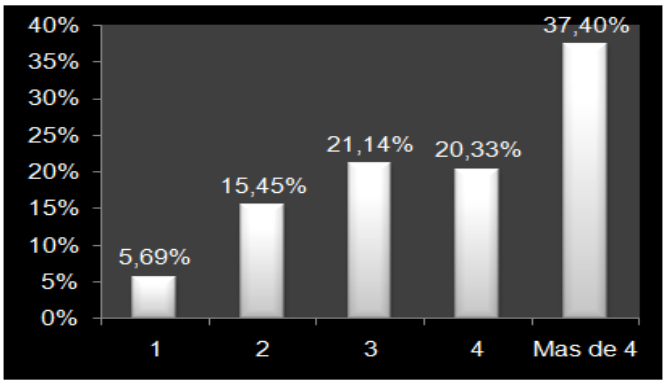
B. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y HUMANOS

Se encontró que el 37.4% de las viviendas son habitadas por más de 4 personas, lo cual indica que en esta zona se consolidan familias numerosas (Tabla 4.28 y Gráfica 4.9).

TABLA 4.28 HABITANTES POR VIVIENDA

¿Cuántas personas habitan la vivienda?	Frecuencia	porcentaje
1	7	5,69%
2	19	15,45%
3	26	21,14%
4	25	20,33%
Más de 4	46	37,40%
Total General	**123**	**100,00%**

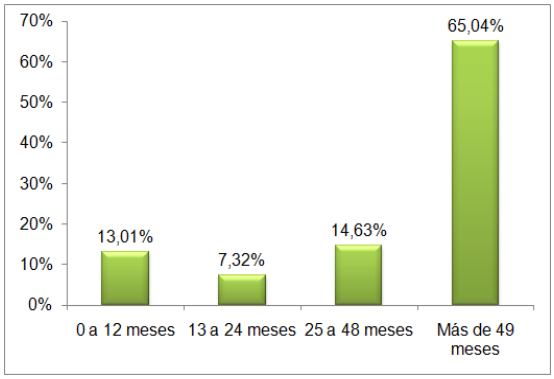
Gráfica 4.9 Número de personas que habitan la vivienda



El 65% de los habitantes ha vivido más de 4 años en las viviendas (Tabla 4.29), lo que permite inferir, que la población ya conoce muy bien la zona debido al tiempo que llevan viviendo en ese sector (Gráfica 4.10).

TABLA 4.29 TIEMPO DE VIVIR EN EL SECTOR

¿Hace cuánto tiempo viven en esta vivienda?	Frecuencia	Porcentaje
0 a 12 meses	16	13,01%
13 a 24 meses	9	7,32%
25 a 48 meses	18	14,63%
Más de 49 meses	80	65,04%
Total General	**123**	**100,00%**



Gráfica 4.10 Tiempo de vivir en la vivienda

En los registros fotográficos 4.2 y 4.3 se muestran la diversidad del sector, tanto en tipología de la vivienda como del estado de las vías y accesos, igualmente se evidencian las zonas que han sido afectadas por desbordamientos del río Cauca.





REGISTRO FOTOGRÁFICO 4.2 DÍA DE APLICACIÓN DE LA ENCUESTA. TOMADO EN ENERO DE 2012





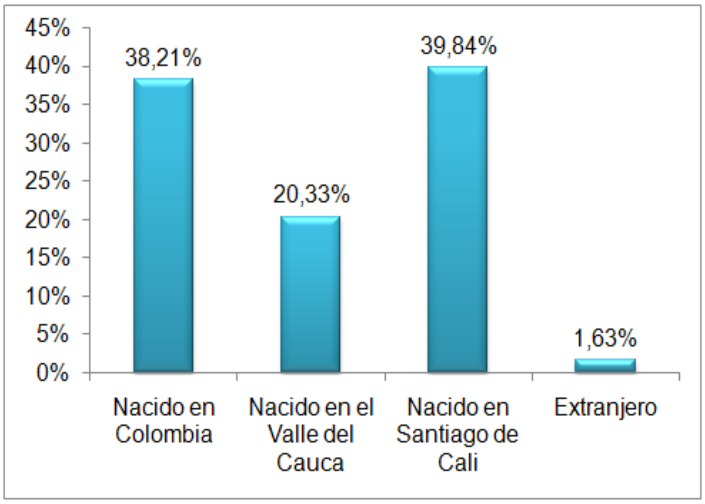
REGISTRO FOTOGRÁFICO 4.3 DÍA DE APLICACIÓN DE LA ENCUESTA. TOMADO EN ENERO DE 2012

El 39.84% de las personas han nacido en Santiago de Cali, el 20.33% nació en algún municipio del valle del Cauca y el 38.21% nació en algún lugar de Colombia (Tabla 4.30 y Gráfica 4.11).

TABLA 4.30 LUGAR DE NACIMIENTO DE LOS HABITANTES DE LA ZONA DE ESTUDIO

¿Lugar de Nacimiento?	Frecuencia	Porcentaje
Nacido en Colombia	47	38,21%
Nacido en el Valle del Cauca	25	20,33%
Nacido en Santiago de Cali	49	39,84%
Extranjero	2	1,63%
Total General	**123**	**100,00%**

Gráfica 4.11Lugar de nacimiento de los habitantes de la zona de estudio



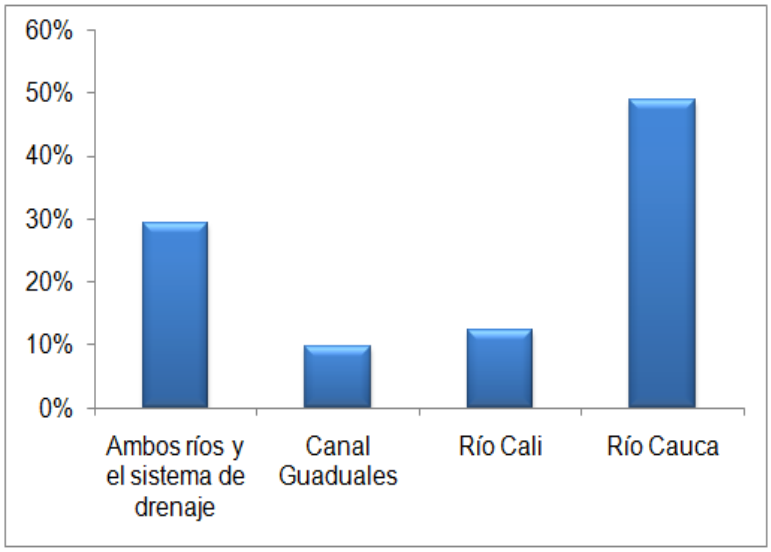
C. EVENTO

En relación con el análisis del componente denominado "Evento" se encontró que el río de mayor riesgo, según lo manifestado por los encuestados, es el río Cauca (48.78%), mientras que el 29.7% manifiesta que ambos ríos son de riesgo para ellos (Tabla 4.31 y Gráfica 4.12).

TABLA 4.31 RÍO O CANAL QUE REPRESENTA MAYOR RIESGO

¿Cuál río y/o canal representa mayor riesgo para su vivienda?	Frecuencia	porcentaje
Ambos ríos y el sistema de drenaje	36	29,27%
Canal Guaduales	12	9,76%
Río Cali	15	12,20%
Río Cauca	60	48,78%
Total General	**123**	**100,00%**

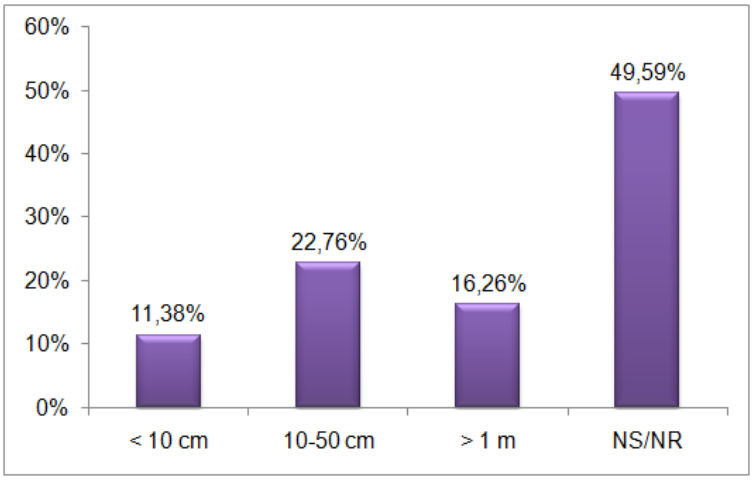
En cuanto al nivel del agua por inundación, se encontró que el 49.59% no sabe o no responde, es decir la población del sector desconoce la altura que el agua puede llegar afectarlo en caso de presentarse un evento, mientras el 22.76% indica que el tirante del agua puede estar entre los 10 y los 50 cm de alto, resultados que se muestran en la Tabla 4.32 y la Gráfica 4.13.



Gráfica 4.12 Río o Canal que representa mayor riesgo

TABLA 4.32 ESTIMATIVO DEL NIVEL DEL AGUA POR INUNDACIÓN

¿Estimativo del nivel del agua por inundación?	Frecuencia	Porcentaje
<10 cm	14	11,38%
10-50 cm	28	22,76%
>1 m	20	16,26%
NS/NR	61	49,59%
Total General	**123**	**100,00%**



Gráfica 4.13 Estimativo del nivel del agua por inundación

D. RELACIÓN CON EL RECURSO HÍDRICO

Dentro del análisis se intentó recoger información indicativa de la forma como los moradores de este sector de la ciudad se relacionan con los ríos que colindan con sus viviendas, obteniendo como resultado que el total de viviendas tienen como fuente de abastecimiento de

agua el acueducto de EMCALI, es decir nadie consume agua directamente de los ríos Cali y Cauca para actividades domésticas, tal como se observa en la Tabla 4.33.

TABLA 4.33 SERVICIO DE ACUEDUCTO

	Frecuencia	%
Acueducto	123	100,00%
Otros	0	0,00%

El 91% de los encuestados manifestó que la disposición final de aguas residuales de si vivienda va a dar al alcantarillado y el 9% restante manifestó que sus aguas residuales son vertidas sin tratamiento al río Cauca (Tabla 4.34).

TABLA 4.34 DISPOSICIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Sistema de disposición de aguas residuales	Frecuencia	Porcentaje
Alcantarillado	112	91,06%
Vertimiento al Río Cauca	11	8,94%
Vertimiento al Río Cali	0	0,00%
Sistema de Tratamiento	0	0,00%

Y la disposición final de las basuras, según los encuestados, todos la entregan al carro recolector de basuras (Tabla 4.35).

TABLA 4.35 DISPOSICIÓN FINAL DE BASURAS

Cómo dispone de las basuras	Frecuencia	Porcentaje
Entrega a carro recolector	122	99,19%
Quema	1	0,81%
Cielo abierto	1	0,81%
Enterramiento	0	0,00%

E. PERCEPCIÓN SOBRE LA IMPORTANCIA DEL RÍO

En la Tabla 4.36 se observa que casi el 90% de las personas encuestadas manifiestan que el río es de vital importancia, así como lograr la conservación de tal forma que mantenga lo menos contaminado posible.

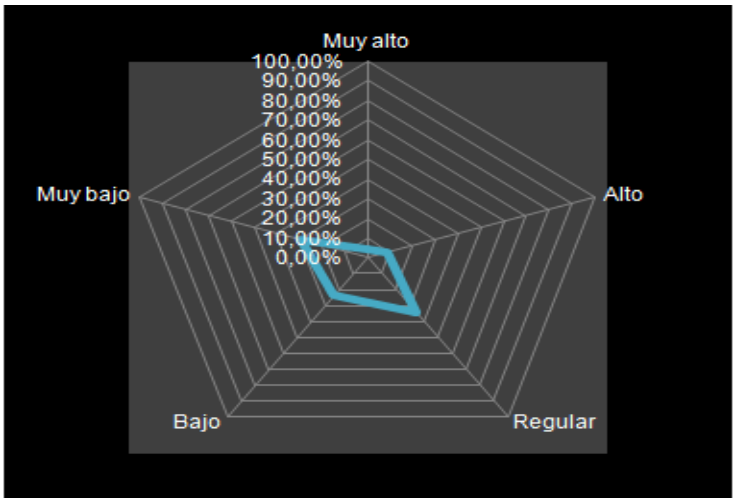
TABLA 4.36 DISPOSICIÓN FINAL DE BASURAS

Calificación	Importancia de conservar los ríos para la comunidad	Origen de la contaminación de los ríos	Conveniencia de implementar acciones para preservar los ríos
Totalmente de acuerdo	88,62%	82,93%	87,80%
De acuerdo	9,76%	13,82%	11,38%
Indiferente	0,81%	0,81%	0,81%
En desacuerdo	0,81%	1,63%	0,00%
Totalmente en Desacuerdo	0,00%	0,81%	0,00%
Total General	**100,00%**	**100,00%**	**100,00%**

Se observa además que el nivel de conocimiento de la normativa para preservar los ríos por parte de la comunidad es bajo debido quizá de una u otra forma a la poca difusión de información por parte de las entidades estatales. (Tabla 4.37 y Gráfica 4.14).

TABLA 4.37 NIVEL CONOCIMIENTO NORMATIVO

Considera usted que el nivel de conocimiento acerca de las normas y pautas establecidas para preservar los ríos es?	Frecuencia	Porcentaje
Muy alto	5	4,07%
Alto	11	8,94%
Regular	42	34,15%
Bajo	29	23,58%
Muy bajo	36	29,27%
Total General	**123**	**100,00%**



Gráfica 4.14Nivel de conocimiento de las normas y pautas para preservar los ríos

F. RESPUESTA INSTITUCIONAL

En esta Tabla 4.38 se observa que hay un desacuerdo de la población objeto de estudio, frente a las acciones que ha tomado el gobierno frente a la planificación y a la mitigación del posible riesgo por inundación.

TABLA 4.38 RESPUESTA INSTITUCIONAL PARA LA PROBLEMÁTICA EN LA ZONA DE ESTUDIO

	Respuesta institucional frente a la planificación territorial	Respuesta institucional para el control y mitigación de riesgos
Totalmente de acuerdo	4,88%	4,88%
De acuerdo	11,38%	18,70%
Indiferente	11,38%	8,13%
En desacuerdo	38,21%	40,65%
Totalmente en Desacuerdo	34,15%	27,64%
Total general	100,00%	100,00%

Con base en lo anterior se puede concluir que la dinámica socio-económica del sector objeto de estudio representa el estrato 2 en un 72,36%; con una frecuencia de 46 familias constituidas por más de 4 personas, lo cual significa el 37,4% del total de la muestra; que viven en promedio con un ingreso mensual de 0 a 1 SMMLV, correspondiente al 65% Vs el 28,4% de las familias que tienen ingresos de 2 a 3 SMMLV; dejando claro que hay desempleo, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral y constitución de familias numerosas; que se refleja en el comportamiento económica del sector que varía entre 0,5 y 1,5, es decir, fluctúa entre baja y alta y el componente fragilidad entre 1,7 y 0,7.

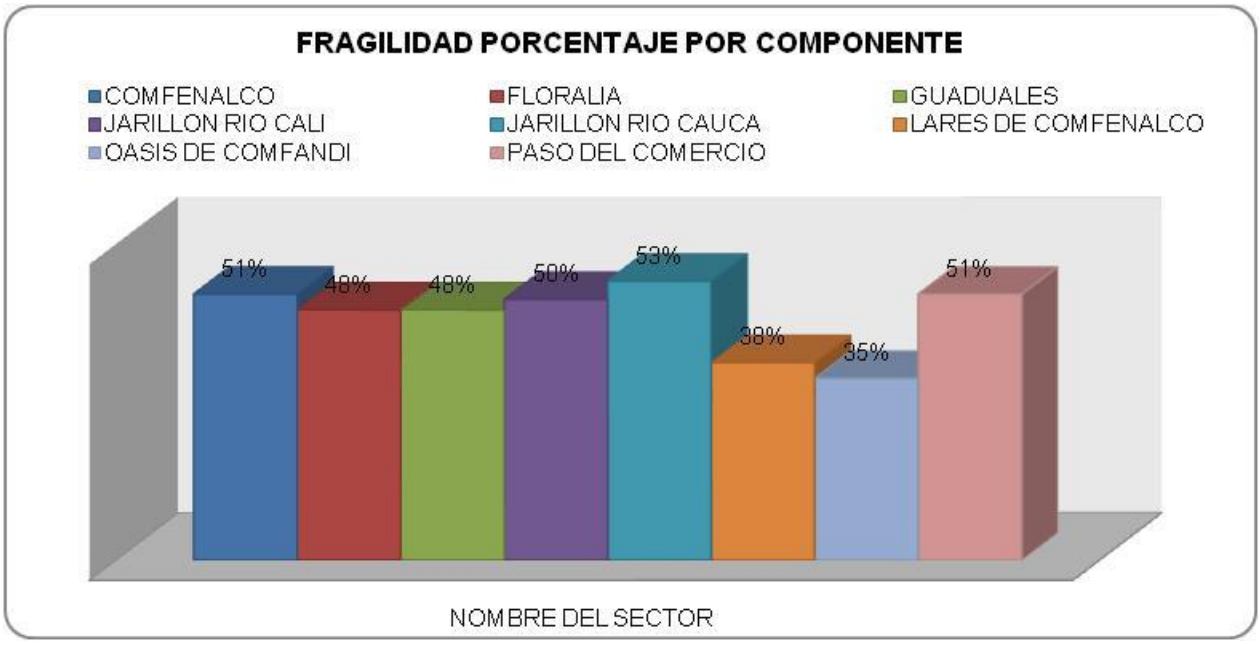
Numerosos estudios realizados, especialmente en México y Reino Unido, a tal punto que ha dado lugar a lo que se conoce como la "tesis de vulnerabilidad" Sewell (1968), teoría que sostiene que a menores recursos hay mayor vulnerabilidad; así la vulnerabilidad está asociada con la pobreza, la desprotección y la ignorancia (citado por Aneas, 2005).

Para la evaluación del componente físico se analizaron cuatro variables: (1) el estado físico de la vivienda, (2) la altura de la vivienda en relación con la vía, (3) la distancia de la vivienda en relación al cauce del río y (4) el padecimiento de algún evento de inundación por vivienda; obteniendo un resultado global que se mueve entre 0,25 a 0,75, que en términos generales se valora como una fragilidad física entre baja y media.

Teniendo en cuenta que las medidas de discriminación fueron tasadas con base en análisis de percepción, se puede decir que es generalizada la importancia de conservar y proteger los ríos como ecosistemas esenciales del entorno, minimizando o reduciendo de esta manera su fragilidad a 0; no obstante, la realidad observada es de total y completo impacto antrópico por parte de los mismos moradores del sector; es decir, aunque la comunidad misma es consciente de la importancia de mantener libre de contaminación los ríos, su comportamiento es contrario a esa premisa, que se evidencia en el deterioro de la ribera de los ríos impactados por viviendas, residuos sólidos y vertimientos directos.

El análisis de Fragilidad Institucional o Vulnerabilidad Institucional en el estudio de Salgado (2005), al igual que en este estudio representa los valores más altos con una tendencia sostenida en todos los barrio y/o sectores de estudio de calificación 2, es decir alta, lo que deja al descubierto debilidad de las instituciones frente a la percepción ciudadana para resolver y atender la problemática socio-ambiental que enfrenta.

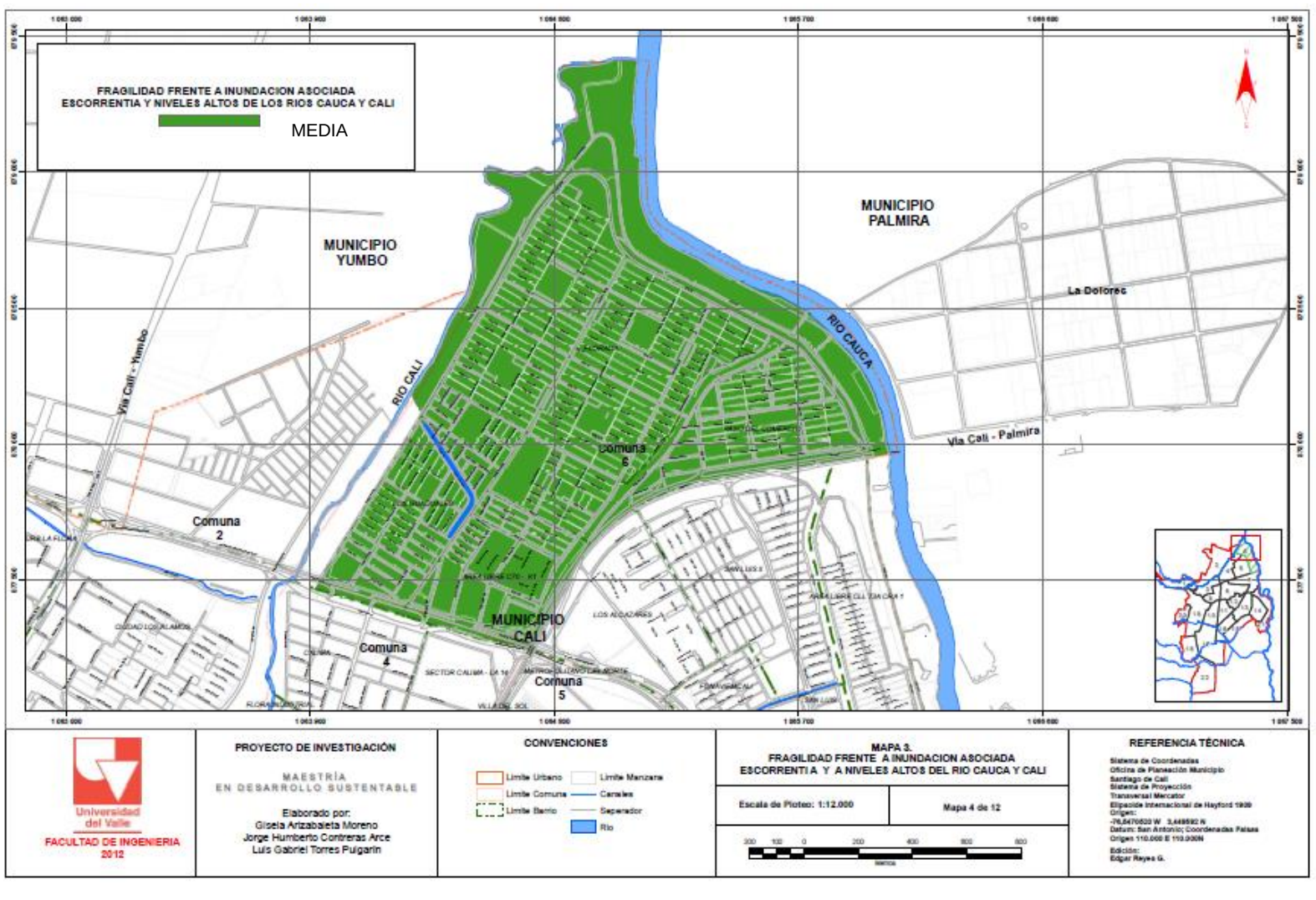
Lo anterior permite definir que la fragilidad en términos globales para el área de estudio se califica como MEDIA representada en un 46% de calificación; donde el Sector Jarillón del Río Cauca obtiene la calificación mayor de fragilidad con un 53%, seguido de los barrios Comfenalco y Oasis de Comfandi con un 51%, y con menor valor el barrio Lares de Comfenalco con un 35%, que en términos generales corresponden todos al rango de fragilidad media, lo cual es consistente dada la homogeneidad de los datos resultantes; en la Gráfica 4.15 se observa el comportamiento descrito.



Gráfica 4.15 Estimación de la Fragilidad por Sector

En el Mapa 4.1 se espacializa la fragilidad a inundaciones en el área de estudio, producto del análisis y resultados analizados anteriormente.

MAPA 4.1 MAPA DE FRAGILIDAD ANTE INUNDACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

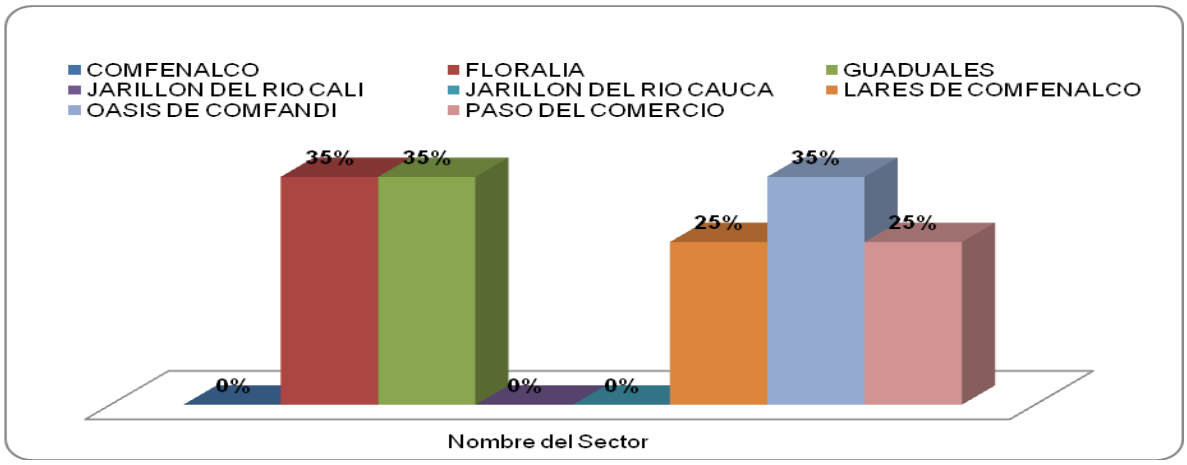


4.2.2. Estimación de la Exposición

A partir del uso del Gráfica 4.2, se estimó el porcentaje de daño por exposición del Escenario propuesto No. 1, encontrando que los barrios y/o sectores Comfenalco, Jarillón del Río Cali y Jarillón del río Cauca tienen una exposición de 0%, lo que equivale a BAJA exposición; mientras que los barrios Floralia, Guaduales y Oasis de Comfandi, se estima una exposición de daño del 35% y para los barrios Lares de Comfenalco y Paso del Comercio del 25%, que en términos generales corresponde a una exposición ALTA, tal como se observa en la Tabla 4.39 y en la Gráfica 4.16.

TABLA 4.39 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN ESCENARIO 1

Nombre del Sector	Nivel de Agua (m)	No. de Pisos por Vivienda	Escenario 1	
	Escenario 1		Exposición	
COMFENALCO	0.0	2	0%	BAJA
FLORALIA	1.5	2	35%	ALTA
GUADUALES	1.5	2	35%	ALTA
JARILLÓN DEL RIO CALI	0.0	1	0%	BAJA
JARILLÓN DEL RIO CAUCA	0.0	1	0%	BAJA
LARES DE COMFENALCO	1	2	25%	ALTA
OASIS DE COMFANDI	1.5	2	35%	ALTA
PASO DEL COMERCIO	1	2	25%	ALTA

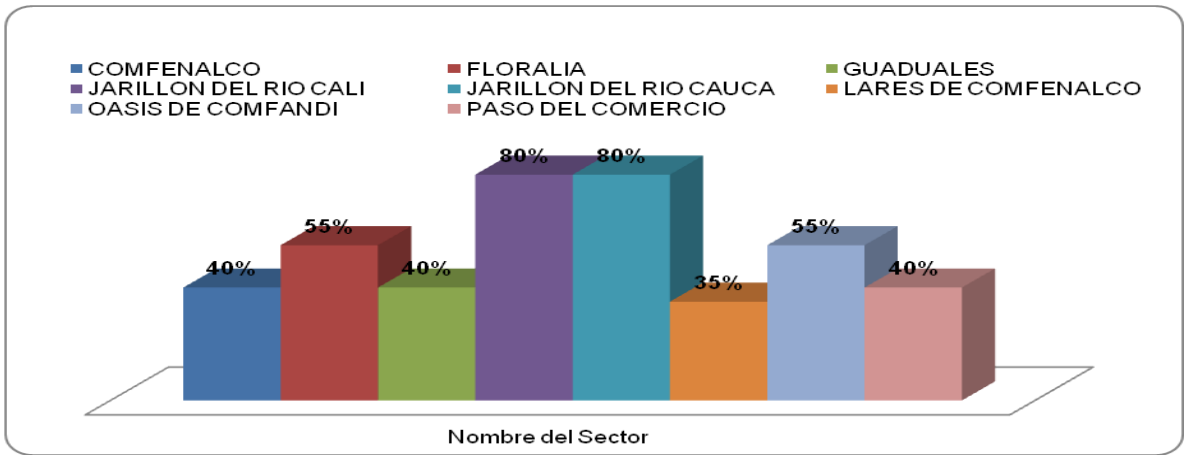


Gráfica 4.16 Porcentaje de Exposición por Barrio - Escenario 1

Los resultados obtenidos de exposición frente al Escenario No. 2, es ALTA, como lo indica el Capitulo No. 3, todo el sector es susceptible de inundación, variando el porcentaje de daño por sector, resultando afectado en un 80% los sectores del Jarillón del río Cali y del Jarillón del río Cauca y en un 35% el Barrio Lares de Comfenalco, el barrio más alejado de ambos ríos (Tabla 4.40 y Gráfica 4.17).

TABLA 4.40 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN ESCENARIO 2

Nombre del Sector	Nivel de Agua (m)	No. de Pisos por Vivienda	Escenario 2	
	Escenario 2		Exposición	
COMFENALCO	2.5	2	40%	ALTA
FLORALIA	3	2	55%	ALTA
GUADUALES	2.5	2	40%	ALTA
JARILLÓN DEL RIO CALI	3.5	1	80%	ALTA
JARILLÓN DEL RIO CAUCA	4	1	80%	ALTA
LARES DE COMFENALCO	1.5	2	35%	ALTA
OASIS DE COMFANDI	3	2	55%	ALTA
PASO DEL COMERCIO	2.5	2	40%	ALTA

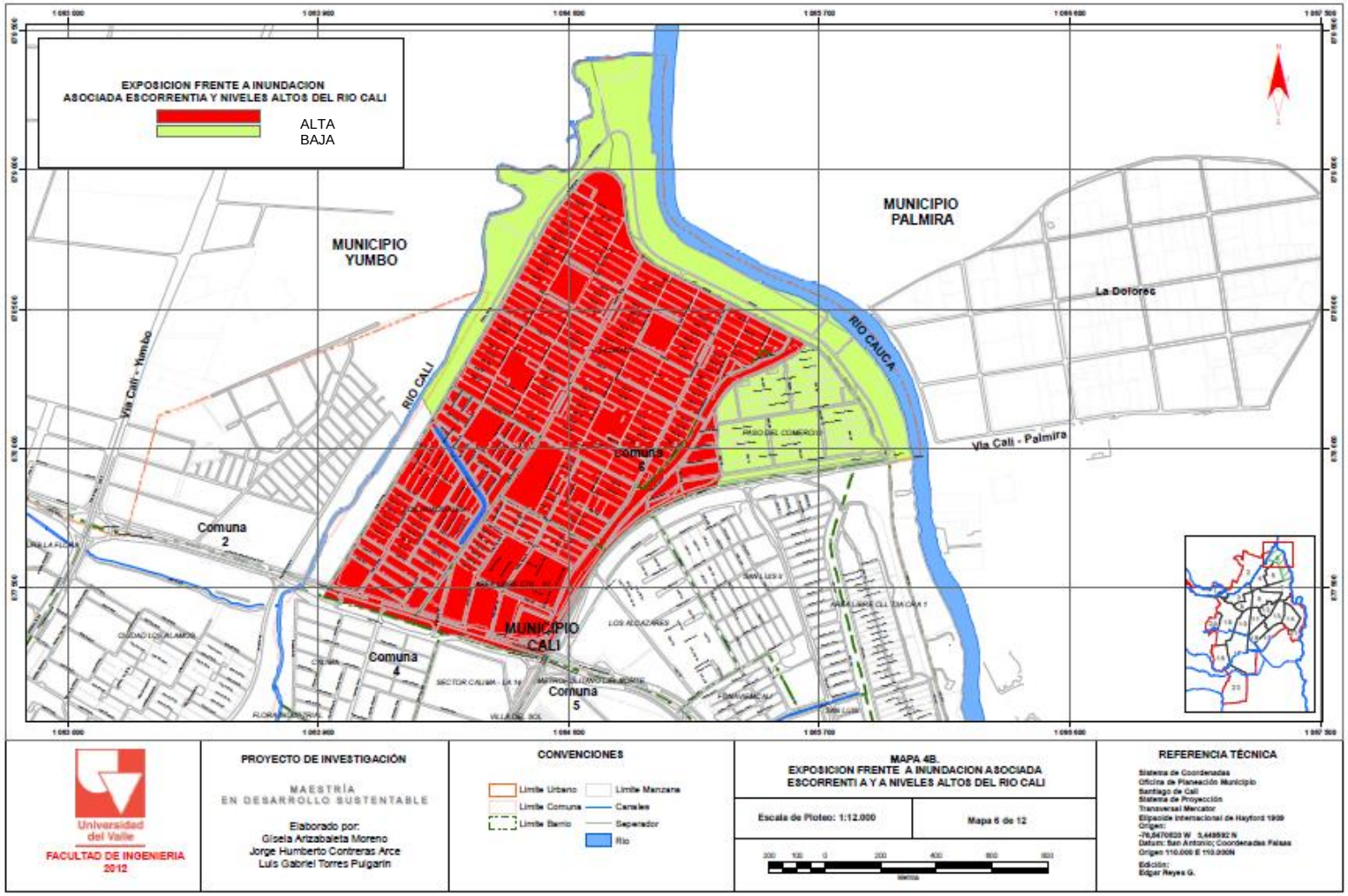


Gráfica 4.17 Porcentaje de Exposición por Barrio - Escenario 2

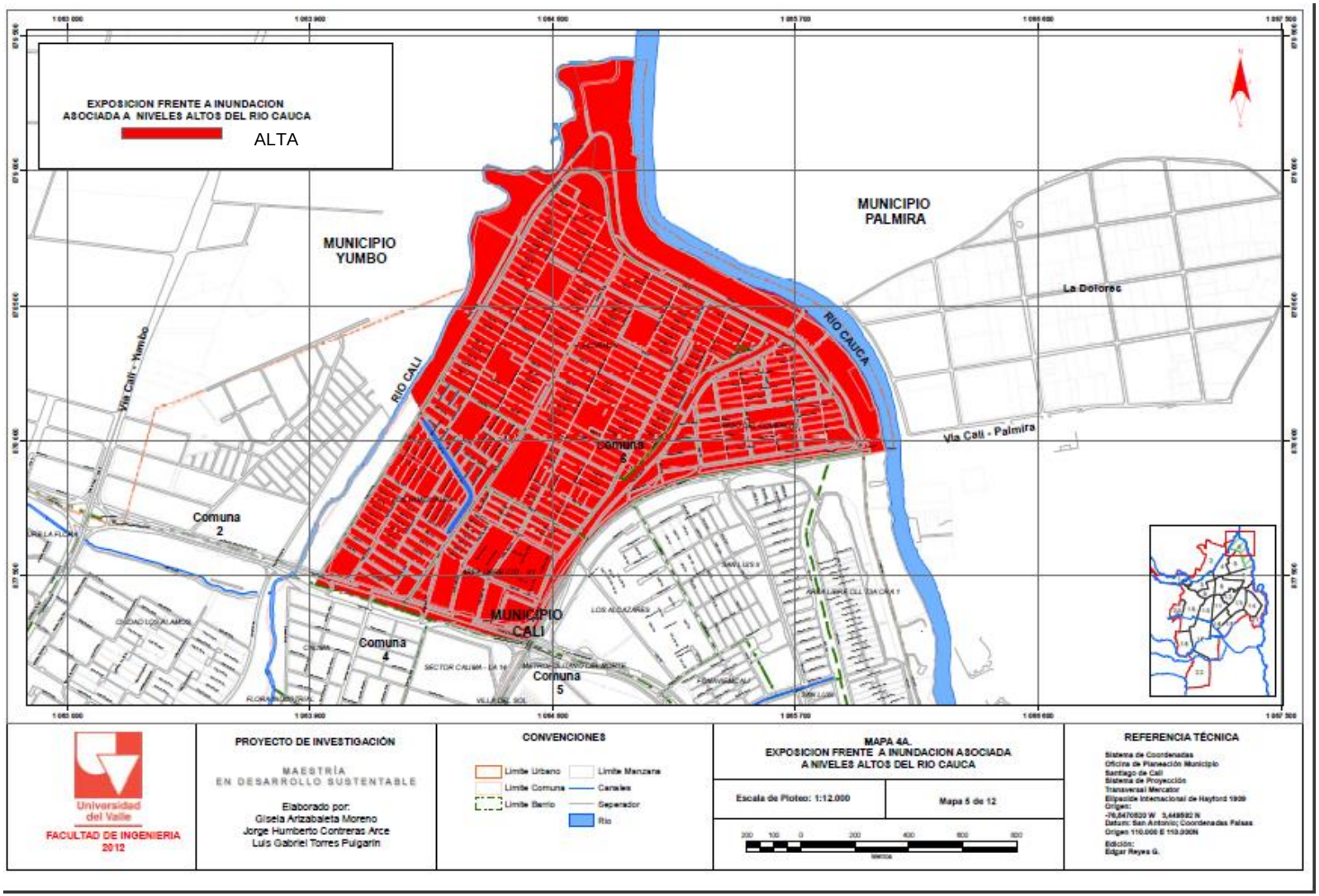
En los Mapas 4.2 y 4.3, respectivamente se representan la exposición ante inundaciones en la zona de estudio para dos escenarios de susceptibilidad analizados en el Capítulo anterior, lo cual permite decir que mientras la exposición bajo el Escenario No. 1, es nula en las zonas de Jarillón, bajo el Escenario No. 2 es alta, claramente entendida la situación, el 1er escenario se relaciona con desbordamiento especialmente del Canal, el 2do escenario plantea el rompimiento del Jarillón en el punto más "débil".

4.2.3. Estimación de la Resiliencia

Similar al análisis de la Fragilidad, se procede a realizar la estimación de la resiliencia, utilizando los resultados base soportados en el análisis estadístico de la aplicación de la encuesta en la zona de estudio (Tablas 4.41 a 4.48).



MAPA 4.2 MAPA DE EXPOSICIÓN A INUNDACIÓN – ESCENARIO NO. 1



MAPA 4.3 MAPA DE EXPOSICIÓN A INUNDACIÓN – ESCENARIO NO. 2

TABLA 4.41 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA BARRIO COMFENALCO

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Resiliencia	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	RESILIENCIA	
Social	20	Rutas de Evacuación y/o protocolo	a. Si	Alta	2	100	2	2,0	2	100%	ALTA
			c. No	Baja	0	0					
	21	Que hacer en caso de inundación	a. Si	Alta	2	92	2				
			c. No	Baja	0	8					
Institucional	26	Información de alertas ante fenómenos meteorológicos	a. Si	Alta	2	62	2	2,0	2	100%	ALTA
			c. No	Baja	0	38					
Técnica	0	Bomberos por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 10	Alta	2	16,2	1	0,7	2	33%	MEDIA
			b. 19 a 11	Media	1						
			c. ≥ 20	Baja	0						
	0	Tiempo de respuesta del cuerpo de bomberos, desde la llamada inicial	a. > a 20	Alta	2	6	0				
			b. 11 a 19	Media	1						
			c. ≤ 10	Baja	0						
	0	Camas hospitalización por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 200	Alta	2	203	1				
			b. 299 a 201	Media	1						
			c. ≥ 300	Baja	0						
										78%	ALTA

TABLA 4.42 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA BARRIO FLORALIA

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Resiliencia	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	RESILIENCIA	
Social	20	Rutas de Evacuación y/o protocolo	a. Si	Alta	2	81	2	1,0	2	50%	MEDIA
			c. No	Baja	0	19					
	21	Que hacer en caso de inundación	a. Si	Alta	2	43	0				
			c. No	Baja	0	57					
Institucional	26	Información de alertas ante fenómenos meteorológicos	a. Si	Alta	2	52	1	1,0	2	50%	MEDIA
			c. No	Baja	0	48					
Técnica	0	Bomberos por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 10	Alta	2	16,2	1	0,7	2	33%	MEDIA
			b. 19 a 11	Media	1						
			c. ≥ 20	Baja	0						
	0	Tiempo de respuesta del cuerpo de bomberos, desde la llamada inicial	a. > a 20	Alta	2	6	0				
			b. 11 a 19	Media	1						
			c. ≤ 10	Baja	0						
	0	Camas hospitalización por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 200	Alta	2	203	1				
			b. 299 a 201	Media	1						
			c. ≥ 300	Baja	0						
										44%	MEDIA

TABLA 4.43 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA BARRIO GUADUALES

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Resiliencia	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	RESILIENCIA	
Social	20	Rutas de Evacuación y/o protocolo	a. Si	Alta	2	70	2	2,0	2	100%	ALTA
			c. No	Baja	0	30					
	21	Que hacer en caso de inundación	a. Si	Alta	2	65	2				
			c. No	Baja	0	35					
Institucional	26	Información de alertas ante fenómenos meteorológicos	a. Si	Alta	2	87	2	2,0	2	100%	ALTA
			c. No	Baja	0	13					
Técnica	0	Bomberos por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 10	Alta	2	16,2	1	0,7	2	33%	MEDIA
			b. 19 a 11	Media	1						
			c. ≥ 20	Baja	0						
	0	Tiempo de respuesta del cuerpo de bomberos, desde la llamada inicial	a. > a 20	Alta	2	6	0				
			b. 11 a 19	Media	1						
			c. ≤ 10	Baja	0						
	0	Camas hospitalización por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 200	Alta	2	203	1				
			b. 299 a 201	Media	1						
			c. ≥ 300	Baja	0						
										78%	ALTA

TABLA 4.44 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA SECTOR JARILLÓN DEL RÍO CALI

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Resiliencia	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	RESILIENCIA	
Social	20	Rutas de Evacuación y/o protocolo	a. Si	Alta	2	100	2	2,0	2	100%	ALTA
			c. No	Baja	0	0					
	21	Que hacer en caso de inundación	a. Si	Alta	2	100	2				
			c. No	Baja	0	0					
Institucional	26	Información de alertas ante fenómenos meteorológicos	a. Si	Alta	2	100	2	2,0	2	100%	ALTA
			c. No	Baja	0	0					
Técnica	0	Bomberos por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 10	Alta	2	16,2	1	0,7	2	33%	MEDIA
			b. 19 a 11	Media	1						
			c. ≥ 20	Baja	0						
	0	Tiempo de respuesta del cuerpo de bomberos, desde la llamada inicial	a. > a 20	Alta	2	6	0				
			b. 11 a 19	Media	1						
			c. ≤ 10	Baja	0						
	0	Camas hospitalización por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 200	Alta	2	203	1				
			b. 299 a 201	Media	1						
			c. ≥ 300	Baja	0						
										78%	ALTA

TABLA 4.45 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA SECTOR JARILLÓN DEL RÍO CAUCA

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Resiliencia	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	RESILIENCIA	
Social	20	Rutas de Evacuación y/o protocolo	a. Si	Alta	2	73	2	2,0	2	100%	ALTA
			c. No	Baja	0	27					
	21	Que hacer en caso de inundación	a. Si	Alta	2	91	2				
			c. No	Baja	0	9					
Institucional	26	Información de alertas ante fenómenos meteorológicos	a. Si	Alta	2	64	2	2,0	2	100%	ALTA
			c. No	Baja	0	36					
Técnica	0	Bomberos por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 10	Alta	2	16,2	1	0,7	2	33%	MEDIA
			b. 19 a 11	Media	1						
			c. ≥ 20	Baja	0						
	0	Tiempo de respuesta del cuerpo de bomberos, desde la llamada inicial	a. > a 20	Alta	2	6	0				
			b. 11 a 19	Media	1						
			c. ≤ 10	Baja	0						
	0	Camas hospitalización por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 200	Alta	2	203	1				
			b. 299 a 201	Media	1						
			c. ≥ 300	Baja	0						
										78%	ALTA

TABLA 4.46 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA BARRIO LARES DE COMFENALCO

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Resiliencia	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	RESILIENCIA	
Social	20	Rutas de Evacuación y/o protocolo	a. Si	Alta	2	100	2	1,0	2	50%	MEDIA
			c. No	Baja	0	0					
	21	Que hacer en caso de inundación	a. Si	Alta	2	33	0				
			c. No	Baja	0	67					
Institucional	26	Información de alertas ante fenómenos meteorológicos	a. Si	Alta	2	67	2	2,0	2	100%	ALTA
			c. No	Baja	0	33					
Técnica	0	Bomberos por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 10	Alta	2	16,2	1	0,7	2	33%	MEDIA
			b. 19 a 11	Media	1						
			c. ≥ 20	Baja	0						
	0	Tiempo de respuesta del cuerpo de bomberos, desde la llamada inicial	a. > a 20	Alta	2	6	0				
			b. 11 a 19	Media	1						
			c. ≤ 10	Baja	0						
	0	Camas hospitalización por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 200	Alta	2	203	1				
			b. 299 a 201	Media	1						
			c. ≥ 300	Baja	0						
										61%	ALTA

TABLA 4.47 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA BARRIO OASIS DE COMFANDI

Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Resiliencia	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	RESILIENCIA	
Social	20	Rutas de Evacuación y/o protocolo	a. Si	Alta	2	71	2	1,0	2	50%	MEDIA
			c. No	Baja	0	29					
	21	Que hacer en caso de inundación	a. Si	Alta	2	29	0				
			c. No	Baja	0	71					
Institucional	26	Información de alertas ante fenómenos meteorológicos	a. Si	Alta	2	67	2	2,0	2	100%	ALTA
			c. No	Baja	0	33					
Técnica	0	Bomberos por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 10	Alta	2	16,2	1	0,7	2	33%	MEDIA
			b. 19 a 11	Media	1						
			c. ≥ 20	Baja	0						
	0	Tiempo de respuesta del cuerpo de bomberos, desde la llamada inicial	a. > a 20	Alta	2	6	0				
			b. 11 a 19	Media	1						
			c. ≤ 10	Baja	0						
	0	Camas hospitalización por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 200	Alta	2	203	1				
			b. 299 a 201	Media	1						
			c. ≥ 300	Baja	0						
										61%	ALTA

TABLA 4.48 ESTIMACIÓN DE LA RESILIENCIA SECTOR PASO DEL COMERCIO

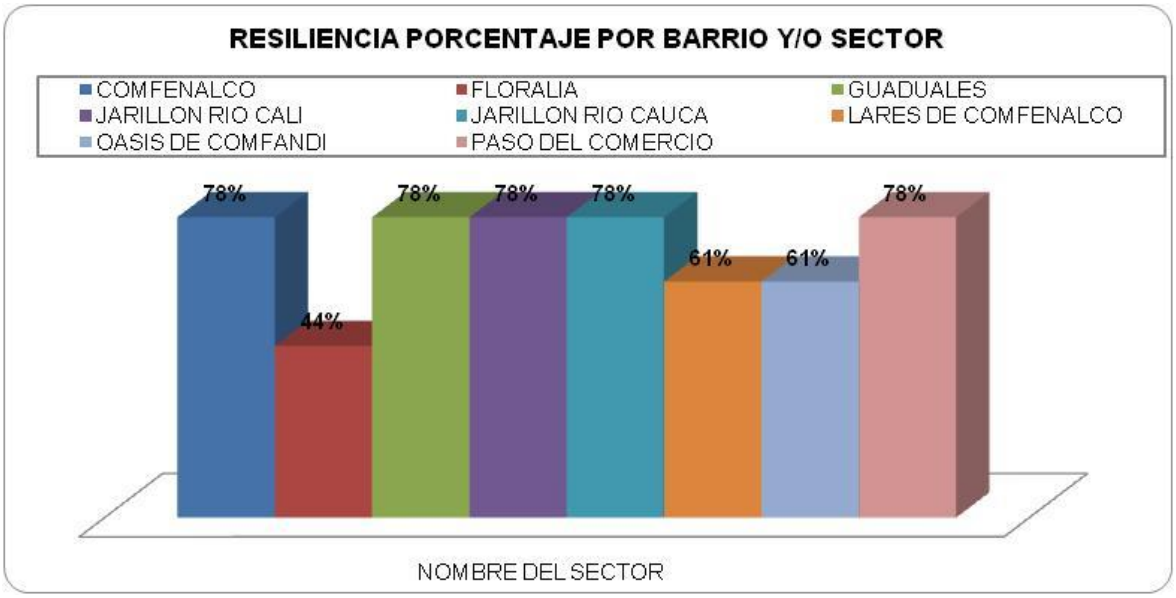
Componente	Variables de Discriminación		Categorías	Resiliencia	Calificación	Resultado Estadístico (%)	Calificación Experto	Promedio por Componente	Total Máximo Posible	RESILIENCIA	
Social	20	Rutas de Evacuación y/o protocolo	a. Si	Alta	2	100	2	2,0	2	100%	ALTA
			c. No	Baja	0	0					
	21	Que hacer en caso de inundación	a. Si	Alta	2	100	2				
			c. No	Baja	0	0					
Institucional	26	Información de alertas ante fenómenos meteorológicos	a. Si	Alta	2	70	2	2,0	2	100%	ALTA
			c. No	Baja	0	30					
Técnica	0	Bomberos por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 10	Alta	2	16,2	1	0,7	2	33%	MEDIA
			b. 19 a 11	Media	1						
			c. ≥ 20	Baja	0						
	0	Tiempo de respuesta del cuerpo de bomberos, desde la llamada inicial	a. > a 20	Alta	2	6	0				
			b. 11 a 19	Media	1						
			c. ≤ 10	Baja	0						
	0	Camas hospitalización por cada 100.000 habitantes	a. ≤ a 200	Alta	2	203	1				
			b. 299 a 201	Media	1						
			c. ≥ 300	Baja	0						
										78%	ALTA

Al analizar los resultados de resiliencia obtenidos entre los componentes social (A), institucional (B) y técnico (C), una vez analizadas las medidas de discriminación consideradas se obtiene un comportamiento similar entre los componentes A y B que varía entre 2,0 y 1,0, y un comportamiento único para el componente C, fijado en 0,7, que en términos generales representa una resiliencia ALTA para toda la zona de estudio, con un porcentaje medio de 69% (Tabla 4.49 y Gráfica 4.18).

Resultado preocupante dado lo que ello significa, traducido a una necesidad de intervención para fortalecer la comunidad en términos de respuesta frente a una situación de desastre y/o calamidad por un evento de inundación considerable.

TABLA 4.49 ANÁLISIS DE LA RESILIENCIA POR BARRIO Y/O SECTOR

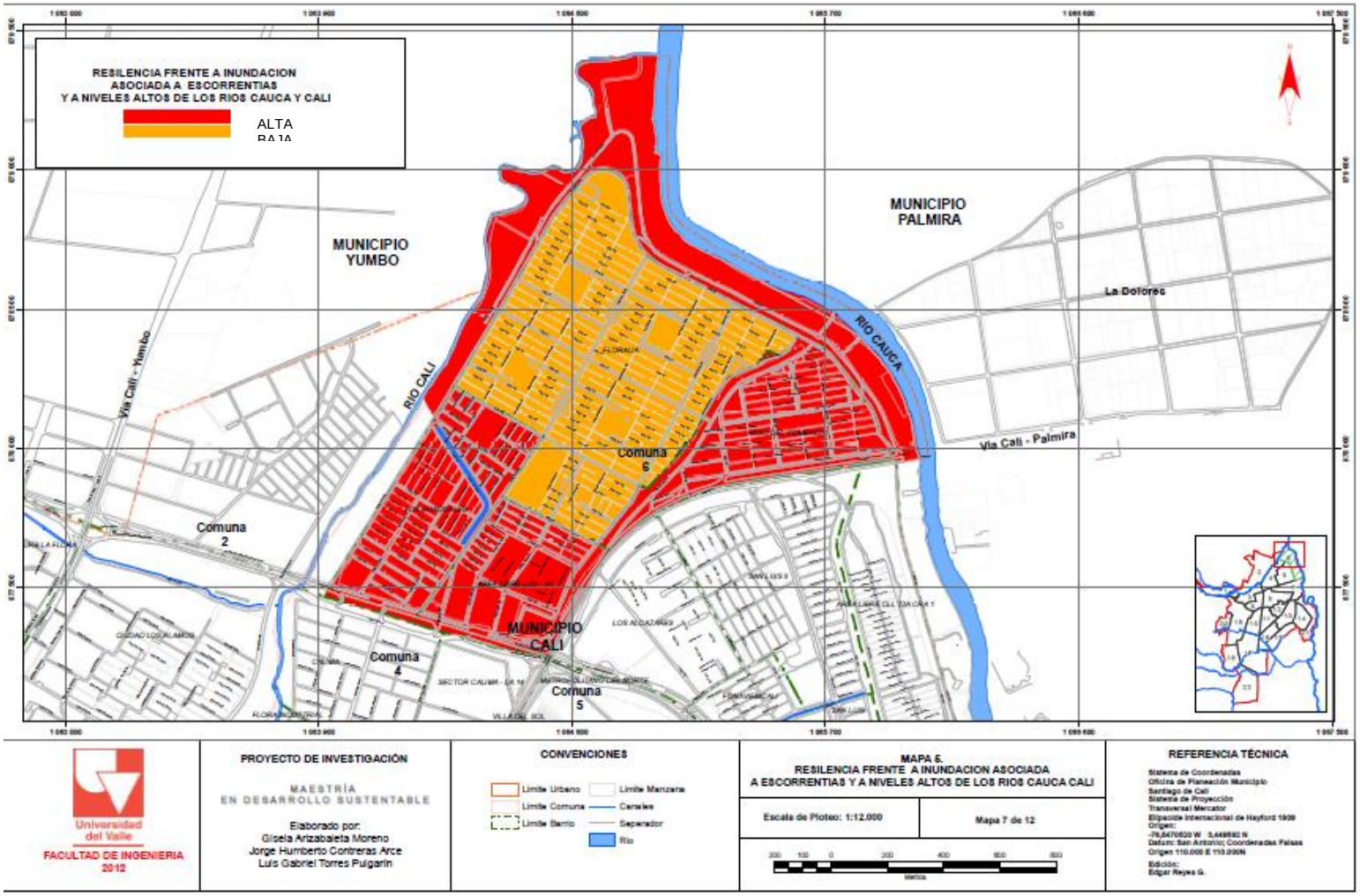
NOMBRE DEL SECTOR	SOCIAL	INSTITUCIONAL	TÉCNICO	RESILIENCIA		
	Componente A	Componente B	Componente C			
COMFENALCO	2,0	2,0	0,7	1,56	78%	ALTA
FLORALIA	1,0	1,0	0,7	0,89	44%	MEDIA
GUADUALES	2,0	2,0	0,7	1,56	78%	ALTA
JARILLÓN RIO CALI	2,0	2,0	0,7	1,56	78%	ALTA
JARILLÓN RIO CAUCA	2,0	2,0	0,7	1,56	78%	ALTA
LARES DE COMFENALCO	1,0	2,0	0,7	1,22	61%	ALTA
OASIS DE COMFANDI	1,0	2,0	0,7	1,22	61%	ALTA
PASO DEL COMERCIO	2,0	2,0	0,7	1,56	78%	ALTA
RESILIENCIA DEL ÁREA DE ESTUDIO				1,39	69%	ALTA



Gráfica 4.18 Porcentaje de Resiliencia por Barrio

En el Mapa 4.4, se presenta representado el análisis de la resiliencia en la zona de estudio, producto de la superposición de cada una de las variables de discriminación estudiadas.

MAPA 4.4 MAPA DE RESILIENCIA



4.2.4. Análisis de Resultados de la Vulnerabilidad

Como resultado de la aplicación metodológica descrita utilizando variables dependientes de la vulnerabilidad sin llegar a valorarla se logra determinar correlaciones en los resultados obtenidos que reflejan la situación latente en la zona objeto de estudio.

La resiliencia del lugar en términos generales es alta con valores extremos entre 44% y 78%, factor que atenúa la vulnerabilidad en la zona de estudio.

La fragilidad vs la resiliencia muestran relación en su comportamiento, siendo el barrio Floralia el que presenta los menores valores relativos con un 48% en fragilidad (MEDIA) y de 44% en resiliencia (MEDIA); la exposición se estima entre el 35% y el 55%, como ALTA en ambos escenarios, en contexto este barrio podría determinarse como el más vulnerable de la zona de estudio (Tablas 4.50 y 4.51).

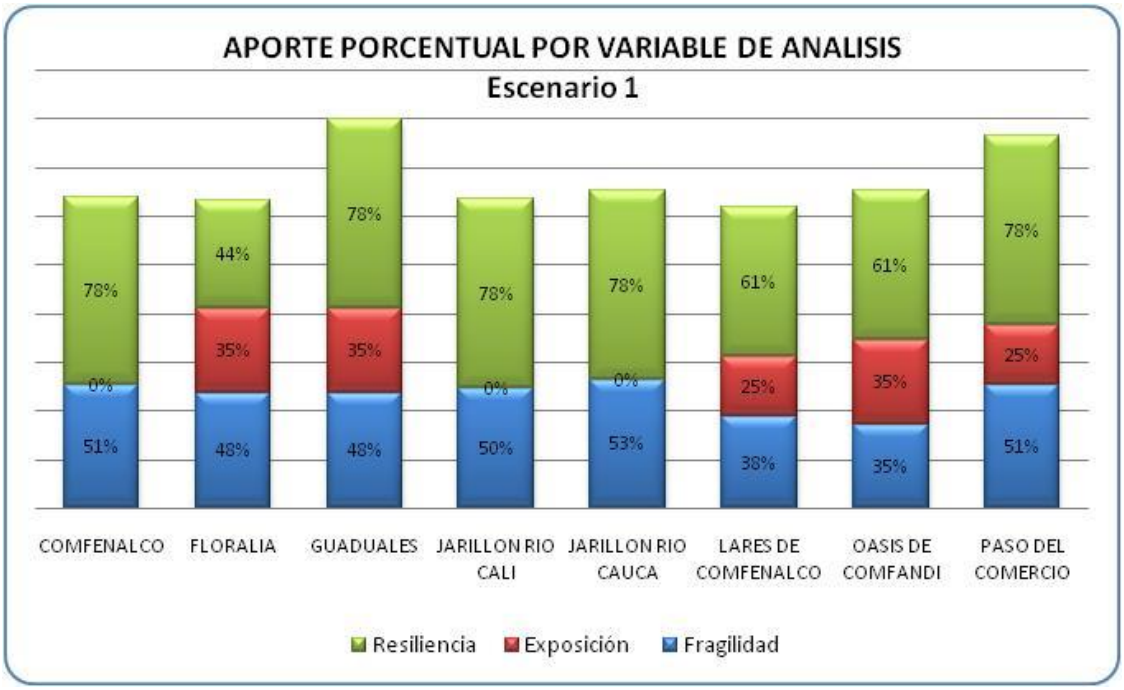
TABLA 4.50 ANÁLISIS VULNERABILIDAD – ESCENARIO NO. 1

CALIFICACIÓN ESCENARIO No. 1:			
Nombre del Sector	**Fragilidad**	**Exposición**	**Resiliencia**
COMFENALCO	51%	0%	78%
FLORALIA	48%	35%	44%
GUADUALES	48%	35%	78%
JARILLÓN RIO CALI	50%	0%	78%
JARILLÓN RIO CAUCA	53%	0%	78%
LARES DE COMFENALCO	38%	25%	61%
OASIS DE COMFANDI	35%	35%	61%
PASO DEL COMERCIO	51%	25%	78%

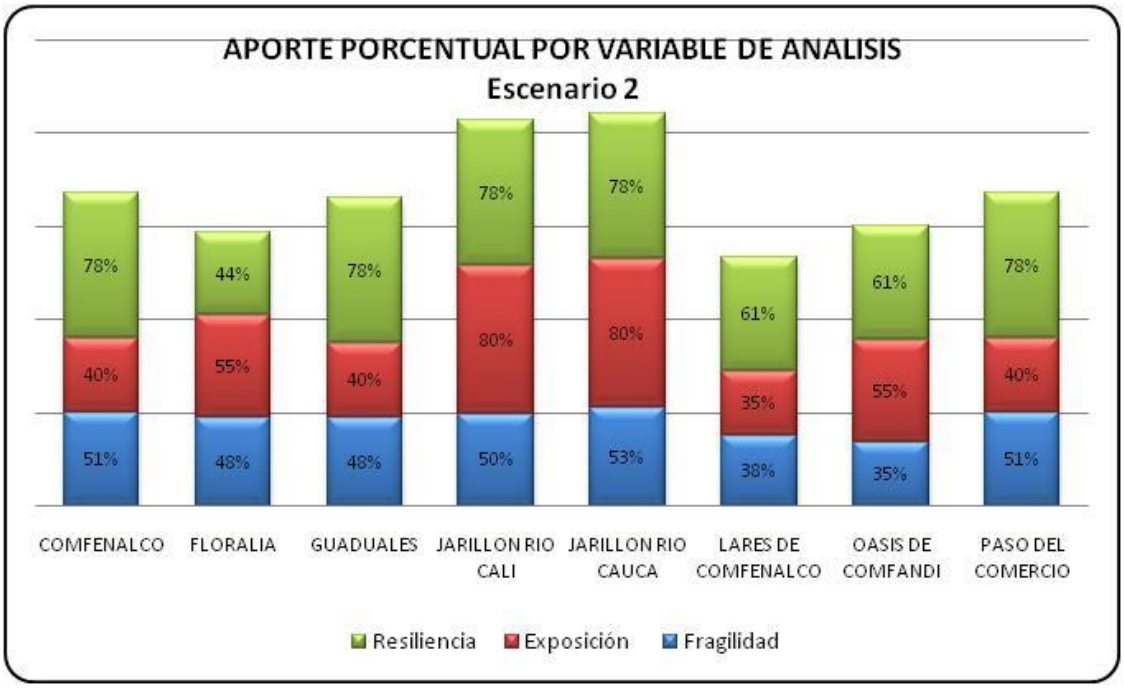
TABLA 4.51 ANÁLISIS VULNERABILIDAD – ESCENARIO NO. 2

CALIFICACIÓN ESCENARIO No. 2:			
Nombre del Sector	**Fragilidad**	**Exposición**	**Resiliencia**
COMFENALCO	51%	40%	78%
FLORALIA	48%	55%	44%
GUADUALES	48%	40%	78%
JARILLÓN RIO CALI	50%	80%	78%
JARILLÓN RIO CAUCA	53%	80%	78%
LARES DE COMFENALCO	38%	35%	61%
OASIS DE COMFANDI	35%	55%	61%
PASO DEL COMERCIO	51%	40%	78%

Las Gráficas 4.19 y 4.20, muestra en barras la incidencia de la variable dependiente que prevalece de acuerdo al barrio y/o sector y al escenario de análisis.



Gráfica 4.19 Porcentaje de Exposición por Barrio - Escenario 1



Gráfica 4.20 Porcentaje de Exposición por Barrio – Escenario 2

En este estudio se observó que los hallazgos son coherentes con lo reportado en la literatura, lo que muestra evidencia suficiente de su validez y pertinencia, en relación con factores que agudizan los problemas socio-ambientales, esto es consistente con estudios realizados en Centro América, reportados por Reyes (2003) y Salgado (2005).

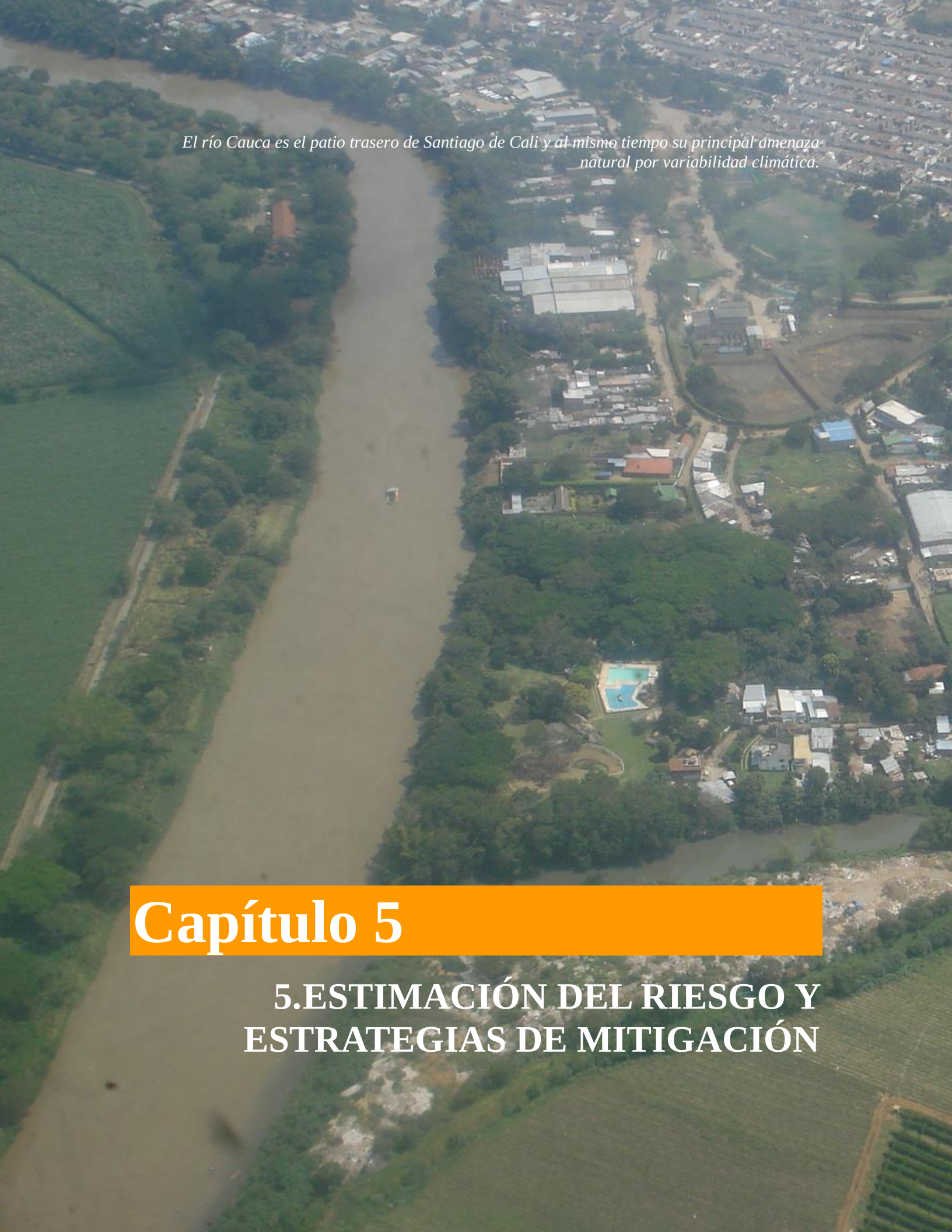
Una condición socioeconómica deprimida facilita la ocurrencia de los efectos negativos de un evento de inundación, por inadecuada condición física de la vivienda, restricciones económicas, limitado acceso a la educación media y superior que incrementan la susceptibilidad de la población y debilitan su capacidad de resiliencia.

Esta asociación se observa en la relación existe entre niveles de educación de la población que registra una fragilidad ALTA (75%) en toda la zona de estudio

En este estudio se encontró una relación directa entre la importancia del río para la comunidad y la planificación del territorio, estimado mediante el análisis de dimensiones aplicando la correspondencia múltiple.

La debilidad institucional queda evidenciada de manera contundente en la percepción de la comunidad en general para prevenir, controlar y mitigar cualquier tipo de evento por inundación que se pudiese presentar en la zona de estudio con un 100% de percepción negativa, es decir, una fragilidad ALTA; como lo indica Aneas, 2005, disminuir la vulnerabilidad de la población representa quizás la medida más efectiva de mitigar los riesgos.

Situación que se contextualiza en el nuevo paradigma de la "sociedad del riesgo" (Beck, 1998) en la cual la prevención, la minimización y la precaución son temas cruciales del desarrollo y planificación urbana, rasgos que se acogen en la normatividad que aborda esta temática actual en el país.



El río Cauca es el patio trasero de Santiago de Cali y al mismo tiempo su principal amenaza natural por variabilidad climática.

Capítulo 5

5.ESTIMACIÓN DEL RIESGO Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

La susceptibilidad a inundación y avenidas torrenciales ha crecido, debido a la intervención humana sobre el territorio (área de estudio) y deterioro ambiental (ocupación de berma o franja forestal). El desarrollo económico, a pesar de los grandes esfuerzos realizados para fortalecer los procesos de planificación y protección del medio ambiente, se ve afectado por factores de inequidad y violencia que han afectado a Santiago de Cali desde los años 50 y ha permitido la consolidación de asentamientos en las zonas de protección de los ríos, incubando el riesgo de desastre por inundación en centros poblados.

A continuación se desarrolló el Capítulo de estimación del riesgo y estrategias de mitigación con base en el análisis y comprensión de la zona de estudio para esta tesis.

5.1. CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO

El Capítulo de Riesgo en la zona de estudio se desarrolla teniendo en cuenta el análisis de la susceptibilidad de inundación y la vulnerabilidad, como variables que determinan el riesgo, propuesta que se presenta a continuación.

Según los datos por escorrentía en el escenario No 1, la zona de estudio cuenta con un registro de 18 desbordamientos con un área de afectación de 20,63Ha, ocurridos en el período 1966 – 2011. Esta afectación fue generada por la alteración del régimen de escurrimiento natural de las áreas aferentes aportantes, donde se ha modificado el equilibrio del entorno por la consolidación urbana, lo cual en términos geológicos corresponde a paleocauces o meandros abandonados y/o depósitos de pantanos aluviales.

En la actualidad se observa la impermeabilización de la superficie de los suelos con el incremento de las zonas duras (pavimentos, cubiertas y antejardines); esta situación reduce la infiltración del agua lluvia, haciendo que el flujo escurra por las calles y cunetas hacia los sumideros y colectores pluviales, reduciendo los tiempos de concentración, para llegar finalmente a los canales, que para este caso específico corresponde al canal Guaduales. Este canal ha sido modificado realzando sus paredes laterales por encima de la rasante de las vías circundantes para aumentar su capacidad hidráulica, situación infructífera dada la cantidad de acontecimientos registrados por inundación del sector, identificados en el mapa con niveles mayores a un metro (ver Tabla 4.39) sobre la rasante de la vía.

Teniendo en cuenta que el área de estudio cuenta con diques en la margen derecha del río Cali y la margen izquierda del río Cauca, como obras de protección y según lo referenciado en los estudios descritos en el capítulo de susceptibilidad por inundación, donde se especificó que la estructura de los diques son estables a cargas estáticas; se estima que una inundación en el sector por el río Cauca, sería generada por el colapso de la base de la estructura, tal comolo establece el DAGMA (2012), donde se modeló a través de métodos de elementos finitos que han demostrado que para el evento sísmico de diseño propuesto por la NSR10 de magnitud 7.8, los suelos que componen la cimentación de la mayor parte de la longitud de los diques sobre los ríos Cauca y Cali sufrirán una disminución de su resistencia al corte y, por lo tanto, generarán asentamientos y corrimientos laterales en

exceso que inducen disminución de la altura de los diques de protección y generan fracturas dentro de las estructuras.

Ambos efectos exponen la estructura a daños mayores, incluyendo rompimientos, cuando estos sean sometidos a niveles elevados de las aguas retenidas. Dichos niveles no necesariamente deberán ser tan críticos como los niveles de diseño, considerados para períodos de retorno alto, sino que eventos que se repiten cada 20 o 30 años podrían ser capaces de generar inundaciones importantes dentro del caso urbano protegido, los niveles superan los 1,5 metros y se describen como escenario No 2, (Tabla No. 4.40).

El presente análisis del riesgo por inundación fue realizado específicamente para viviendas del sector evaluado, esto, debido a la poca información secundaria obtenida durante la elaboración del presente documento y al alcance del mismo. Como se definió en el capítulo 4 de Vulnerabilidad, en términos generales se puede establecer que la población de la zona de estudio, pertenece a los estratos I, II y III, encontrándose que la zona de estudio se considera como clase media baja y baja.

5.2. ESTIMACIÓN DEL RIESGO

Se pretende abordar la estimación del riesgo, realizando un ejercicio que permita entender y caracterizar esta situación en la zona de estudio, desde dos perspectivas de análisis, una cuantitativa (pérdidas), y la otra cualitativa (perceptiva).

5.2.1 Valoración del riesgo cuantitativo

Una vez revisada la información existente, se optó por la Metodología propuesta en CAPRA (2005) expuesta en el capítulo 4, donde se utilizan las funciones de vulnerabilidad para realizar el cálculo de la exposición, expresada en pérdidas, la cual corresponde a nuestra definición de riesgo. Cada uno de los activos que conformen la base de datos general, deberá tener una clasificación de susceptibilidad al daño o función de vulnerabilidad, en función de los diferentes niveles de los parámetros relevantes de amenaza.

a) Procedimiento

Viviendas expuestas

Un modelo de elementos expuestos puede estar conformado de dos maneras. Cantidades, es decir, cuántas viviendas se encuentran en el área afectada o en términos monetarios, cuento vale lo que se encuentra en el lugar.

De acuerdo con la información disponible, es posible realizar calibraciones y detección de puntos de control relevantes, tales como la intensidad por encima de la cual se presenta o no se presenta daño estructural relevante en diferentes tipos de construcciones. Las curvas obtenidas con esta metodología contemplan tanto el daño directo a la estructura como el

daño asociado a los contenidos, en nuestro caso, se utilizó las curvas de la Gráfica 4.2, del anterior capitulo de Vulnerabilidad.

Para varios niveles, y como se explicó anteriormente, se extrapoló la función conceptual de daño de uno y dos niveles, suponiendo que los valores y la densidad de contenidos se mantendrán constantes con el número de niveles. Para poder realizar una estimación de pérdidas en términos de costos, se establecerán unos datos de entrada, como se muestra a continuación:

Vivienda de Interés Social, V.I.S. Aquella vivienda urbana cuyo valor, es inferior o igual al límite de precio establecido en ciento treinta y cinco (**135**) salarios mínimos legales mensuales vigentes.V.I.S., correspondientes a viviendas de interés social, como lo establece el artículo 104 de la Ley 812 de 2003.

Salario Mínimo Mensual Legal Vigente a 2013 S.M.M.LV: Corresponde a **$589.500**

Valor presente de V.I.S: 135 *(S.M.M.LV) =135*$589.500= **$ 79.582.500**

Con referencia en la Tabla 5.1 de depreciación de Fito y Corvini un método comúnmente usado en nuestro medio, se establece el valor comercial de una vivienda tipo en el sector de estudio, teniendo en cuenta que las viviendas más representativas se encuentran en el barrio Floralia y datan desde antes del año 1985.

TABLA 5.1 EVALUACIÓN DEL VALOR COMERCIAL DE UNA VIVIENDA DEL SECTOR PROMEDIO

EVALUACIÓN DEL VALOR COMERCIALIDAD DE UNA VIVIENDA TIPICA DEL SECTOR		
INFORMACION GENERAL		
VIDA UTIL (AÑOS)	90	
TIEMPO DE USO (AÑOS)	30	
VIDA UTIL REMANENTE (AÑOS)	60	
VALOR V.I.S. EQUIVALENTES A 135 SMLV		$ 79.582.500,00
CALCULO DE DEPRECIACIÓN SEGÚN FITTO Y CORVINI		
EDAD EN PORCENTAJE DE VIDA	33%	
CLASE DE ESTADO DE CONSERVACIÓN	2,5	
%DE DEPRECIACIÓN SEGÚN TABLA FITTO Y CORVINI	23,90%	
VALOR TOTAL DE LA DEPRECIACIÓN		
(SE APLICA SOBRE LOS PRECIOS DE LA DEPRECIACIÓN)	23,90%	$ 19.020.217,50
COSTO TOTAL RESTADO DEPRECIACIÓN		
VALOR VIVIENDA		**$ 79.582.500,00**
VALOR VIVIENDA ACTUAL		**$ 60.562.282,50**

b) Tipología de las Viviendas

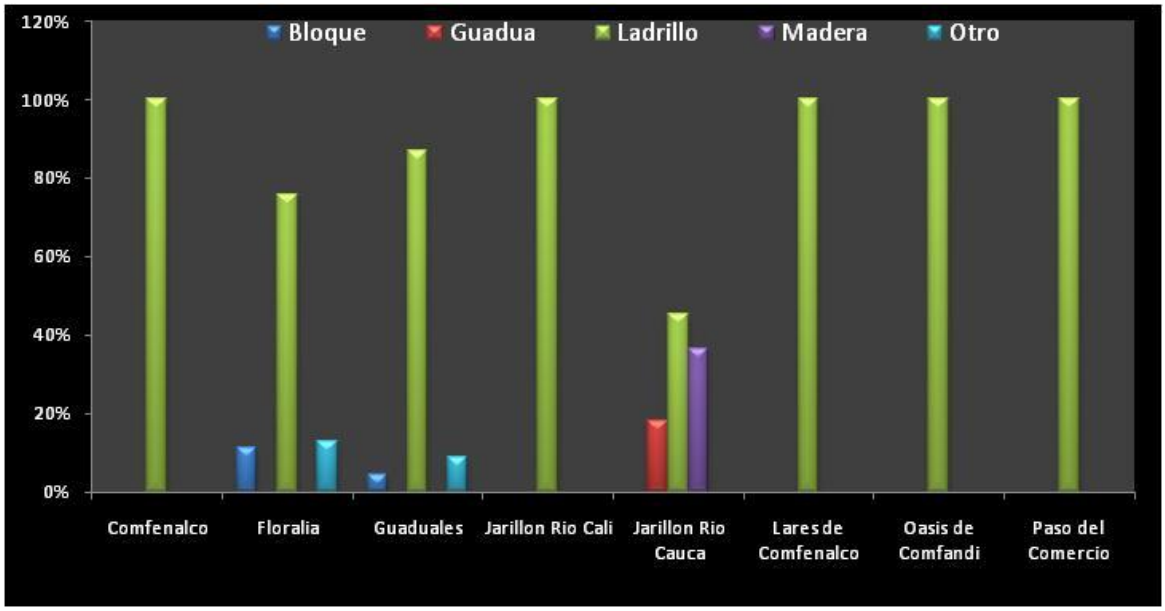
Según la tipología de las viviendas observadas en el sector se identifican edificaciones unifamiliar o bifamiliar de dos pisos en mampostería estructural o confinada, los materiales de construcción, son muros en ladrillo cocido representados en el 82,11%, del total, tal

como se establece en la encuesta referenciada en la Tabla 5.2 y Gráfica No 5.1, estos muros en su mayoría están repellados, estucados y enlucidos con pintura.

Este tipo de material hace que estas viviendas de la planicie sean menos frágiles que las viviendas en materiales como madera, guadua, esterilla, tablas y/o bahareque que se divisan sobre el jarillón río Cauca con un porcentaje del 36%, (Tabla 5.2 y Gráfica 5.1).

TABLA 5.2 MATERIALES DE LA VIVIENDA

Rótulos de fila	Bloque	Guadua	Ladrillo	Madera	Otro	Total general
Comfenalco	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100%
Floralia	11,11%	0,00%	75,93%	0,00%	12,96%	100%
Guaduales	4,35%	0,00%	86,96%	0,00%	8,70%	100%
Jarillón Rio Cali	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100%
Jarillón Rio Cauca	0,00%	18,18%	45,45%	36,36%	0,00%	100%
Lares de Comfenalco	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100%
Oasis de Comfandi	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100%
Paso del Comercio	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100%
Total general	**5,69%**	**1,63%**	**82,11%**	**3,25%**	**7,32%**	**100%**



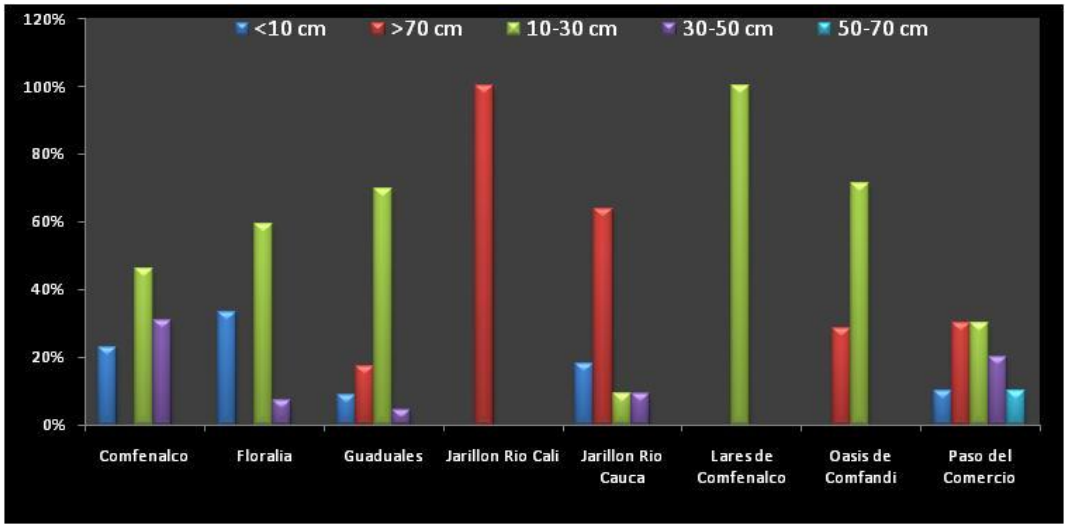
Grafica 5.1 Materiales de la vivienda

Los niveles de las viviendas en promedio tienen una altura de 2,50 m y la losa de entrepiso un espesor promedio de 0,20 m; si analizamos de la muestra estadística, que el 21,14% tienen una altura menor a 0,1 m sobre el nivel de la vía y que el 53,66 % tiene una altura entre 0,1 y 0,3 m sobre el nivel de la rasante, significa que una inundación con un tirante superior a 3,00 m del nivel del suelo, afectaría el segundo nivel en casi un 75% de las viviendas como se establece en el escenario No 2 (Tabla 5.3 y Gráfica 5.2).

TABLA 5.3 ALTURA DE LA VIVIENDA RESPECTO DE LA VÍA

Rótulos de fila	<10 cm	>70 cm	10-30 cm	30-50 cm	50-70 cm	Total general
Comfenalco	23,08%	0,00%	46,15%	30,77%	0,00%	100%
Floralia	33,33%	0,00%	59,26%	7,41%	0,00%	100%
Guaduales	8,70%	17,39%	69,57%	4,35%	0,00%	100%
Jarillón Rio Cali	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100%
Jarillón Rio Cauca	18,18%	63,64%	9,09%	9,09%	0,00%	100%
Lares de Comfenalco	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100%
Oasis de Comfandi	0,00%	28,57%	71,43%	0,00%	0,00%	100%
Paso del Comercio	10,00%	30,00%	30,00%	20,00%	10,00%	100%
Total general	**21,14%**	**14,63%**	**53,66%**	**9,76%**	**0,81%**	**100%**

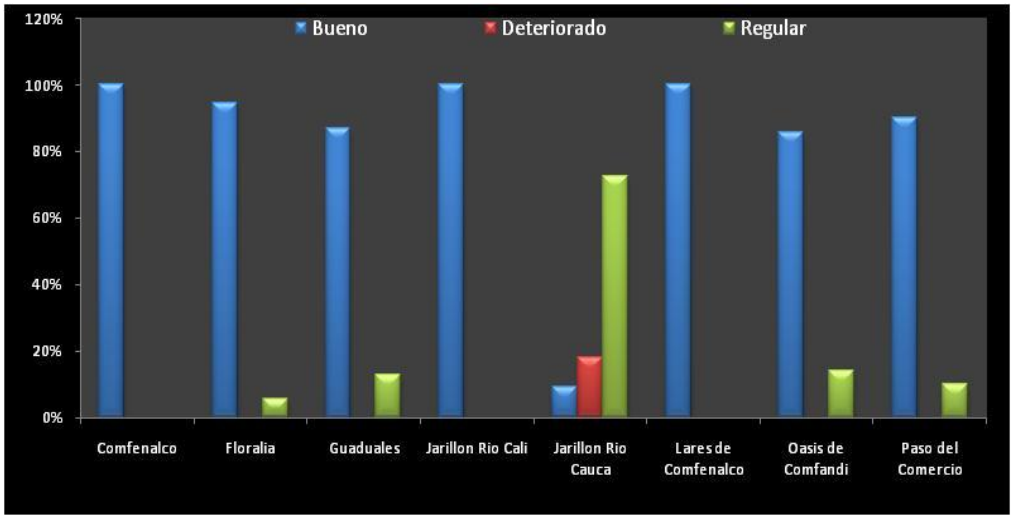
Igualmente en el 85,37% del total de la encuesta realizada en el sector ver Tabla 5.4 y Gráfica 5.3, las viviendas se encuentra en un estado bueno u óptimo, por lo que se le da un valor de 2 en la Tabla 5.4 de depreciación de Fito y Corvini.



Gráfica 5.2 Altura de la vivienda respecto de la vía

TABLA 5.4 ESTADO FÍSICO DE LA VIVIENDA

Rótulos de fila	Bueno	Deteriorado	Regular	Total general
Comfenalco	100,00%	0,00%	0,00%	100%
Floralia	94,44%	0,00%	5,56%	100%
Guaduales	86,96%	0,00%	13,04%	100%
Jarillón Rio Cali	100,00%	0,00%	0,00%	100%
Jarillón Rio Cauca	9,09%	18,18%	72,73%	100%
Lares de Comfenalco	100,00%	0,00%	0,00%	100%
Oasis de Comfandi	85,71%	0,00%	14,29%	100%
Paso del Comercio	90,00%	0,00%	10,00%	100%
Total general	**85,37%**	**1,63%**	**13,01%**	**100%**



Gráfica 5.3 Estado físico de la vivienda

Los datos de los tirantes de agua establecidos en los escenarios 1 y 2 de las Tablas 4.39 y 4.40, se interceptaron en la Gráfica 4.2 de curvas de pérdidas por inundación, para estimar el porcentaje de pérdida del bien inmueble, con ese porcentaje se obtuvo el valor de pérdida de una vivienda tipo V.I.S., del sector, correspondiente según la Tabla 5.1 a $60.562.282,50, posteriormente se multiplicó por el número de viviendas de cada barrio, para realizar la sumatoria por escenarios propuesto.

Adicionalmente, en la Tabla 5.5 con datos de elementos contenidos en una vivienda según el censo DANE 2005, con un porcentaje representativo para la Comuna 6, asociado para el sector de trabajo y con precios comerciales de los enseres susceptibles a pérdidas, se realizó el estimativo para una vivienda de estrato medio bajo (estrato 2), lo cual se suma a las pérdidas del bien inmueble, mostradas en la Tabla 5.6 de pérdidas según el escenario.

En este orden de ideas se estima que las pérdidas en viviendas por inundación en el sector de estudio, para el escenario No. 1 con tirantes iguales o inferiores a 1,49 corresponden a un valor de: **$496.622.097.654.**

Las pérdidas en viviendas por inundación en el sector de estudio, para el escenario No. 2 con tirantes comprendidos entre 1.5 y superiores corresponden a un valor de: **$743.905.380.768.**

5.2.2 Valoración del riesgo cualitativo

De acuerdo con Espinosa (2011), la propuesta conceptual y metodológica para la evaluación del riesgo, divaga entre diferentes posturas teóricas y de aplicación; con esta premisa, se adopta y ajusta una propuesta metodológica para la caracterización del riesgo desde el punto de vista cualitativo o de percepción en el sector objeto de estudio, desde una perspectiva conceptual que retoma ideas propuestas por diferentes autores.

TABLA 5.5 ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS

No. Ítem	% Representativo de la Comuna 6	Enseres	Cantidad por vivienda por estrato			Valor Comercial Promedio	Valor Estimado		
		Electrodomésticos Básicos	1	2	3		1	2	3
1	94%	Televisor a color	1	2	2	700.000	700.000	1.400.000	1.400.000
2	91%	Nevera	1	1	1	1.000.000	700.000	1.000.000	1.000.000
3	85%	Licuadora	1	1	1	80.000	700.000	80.000	80.000
4	64%	Equipo de sonido	1	1	1	600.000	700.000	600.000	600.000
5	49%	Máquina lavadora de ropa	0	1	1	1.100.000	0	1.100.000	1.100.000
6	45%	Ventilador	1	1	1	50.000	700.000	50.000	50.000
7	23%	Computador	0	1	1	1.500.000	0	1.500.000	1.500.000
8	20%	Horno eléctrico o a gas	0	0	1	500.000	0	0	500.000
9	9%	Hogares con horno microondas	0	0	1	100.000	0	0	100.000
10	4%	Calentador de agua	0	0	0	700.000	0	0	0
11	3%	Ducha eléctrica	0	0	0	130.000	0	0	0
12	2%	Aire acondicionado	0	0	0	850.000	0	0	0
		Muebles Básico							
13		Camas	4	4	3	300.000	1.200.000	1.200.000	900.000
14		Sala	0	1	1	800.000	0	800.000	800.000
15		Comedor	1	1	1	800.000	800.000	800.000	800.000
						TOTALES	**$ 5.500.000**	**$ 8.530.000**	**$ 8.830.000**

TABLA 5.6 ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS DE VIVIENDAS EN EL SECTOR DE ESTUDIO PARA LOS ESCENARIOS 1 Y 2 PROPUESTOS

Proyección a 2011		NIVEL DE AGUA (m)		No. DE PISOS POR VIVIENDA	Área (ha)	% de Pérdida de la Vivienda según Curva		Riesgo de Pérdida de Una Vivienda estrato 2 más contenido		Riesgo de Perdida por Barrio	
Barrio, Urbanización o Sector	Viviendas	Escenario 1	Escenario 2			Escenario 1	Escenario 2	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 1	Escenario 2
Sector Comfenalco	300		2,5	2	20,4		0,4		32.754.913	0	9.826.473.900
Ciudadela Floralia	10.460	1.5	3	2	77,0	0,33	0,54	28.515.553	41.233.633	298.272.686.734	431.303.801.180
Los Guaduales	3.042	1.5	2,5	2	29,0	0,33	0,4	28.515.553	32.754.913	86.744.312.910	99.640.445.346
Sector Floralia Río Cali	248		3,5	1	15,1		0,82		58.191.072	0	14.431.385.856
Sector Floralia Río Cauca	519		4	1	32,5		0,82		58.191.072	0	30.201.166.368
Lares de Comfenalco y Oasis de Comfandi	2.291	1.5	3	2	22,7	0,33	0,54	28.515.553	41.233.633	65.329.132.438	94.466.253.203
Paso del Comercio	1.955	1	2,5	2	8,9	0,25	0,4	23.670.571	32.754.913	46.275.965.572	64.035.854.915
TOTALES	**18.815**				**206**					**$ 496.622.097.654**	**$ 743.905.380.768**

5.2.2.1 Propuesta conceptual y metodológica para la estimación del riesgo cualitativo

El riesgo está asociado a la existencia de una amenaza o susceptibilidad de inundación como en este caso de estudio y a la vulnerabilidad, se puede decir entonces que el riesgo es una función de ambas variables:

$R = f(A, V)$			
	Donde:		
	R	=	Riesgo
	A	=	Amenaza (Susceptibilidad de inundación)
	V	=	Vulnerabilidad

Partiendo de esta base, se aplica en esta tesis que, el riesgo es igual al producto de la susceptibilidad de inundación por la vulnerabilidad global determinada en la zona de estudio para los dos (2) escenarios caracterizados.

Y se considera como un factor que contrarresta el riesgo intrínseco, la capacidad de respuesta existente en la zona de estudio, consistente en acciones, herramientas de mitigación, de carácter técnico y operativo implementadas para reducir los factores determinantes del riesgo (susceptibilidad de inundación y la vulnerabilidad global) conforme con los resultados del muestreo realizado en el sector objeto de estudio; a partir de lo anterior se establece que el riesgo es igual a:

$R = (\text{Susceptibilidad} * \text{Vuln}_{\text{global}}) - \text{Capacidad}_{\text{resp}}$			
	Donde:		
	R	=	Riesgo
	Susceptibilidad	=	Susceptibilidad de inundación
	$\text{Vuln}_{\text{global}}$	=	Vulnerabilidad Global
	$Capacidad_{resp}$		Capacidad de Respuesta

Susceptibilidad de Inundación: De las Tablas 3.4 y 3.5 se extrae la información relacionada con los resultados de la determinación de la susceptibilidad por inundación en la zona de estudio.

Vulnerabilidad Global: La información de vulnerabilidad global corresponde a los datos de las Tablas 4.50 y 4.51.

Capacidad de Respuesta: Con fundamento en los resultados estadísticos de la información levantada en la zona de estudio a partir de la aplicación del muestreo aleatorio estratificado, se procede a la estimación de la capacidad de respuesta (CR); se escogieron seis (6) variables de discriminación que permiten su evaluación, a las cuales se les realiza un tratamiento de estandarización con peso estadístico para clasificarlas como ALTA o BAJA capacidad de respuesta por barrio y/o sector.

Dado que no se cuenta con suficientes variables de discriminación que permitan caracterizar la capacidad de respuesta, se estima como un valor absoluto por barrio y/o sector como factor de denominador común.

En la Tabla 5.7 se presenta la caracterización del riesgo inundación y se establecen rangos de porcentaje de riesgo:

TABLA 5.7 CATEGORIZACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN EN PORCENTAJE

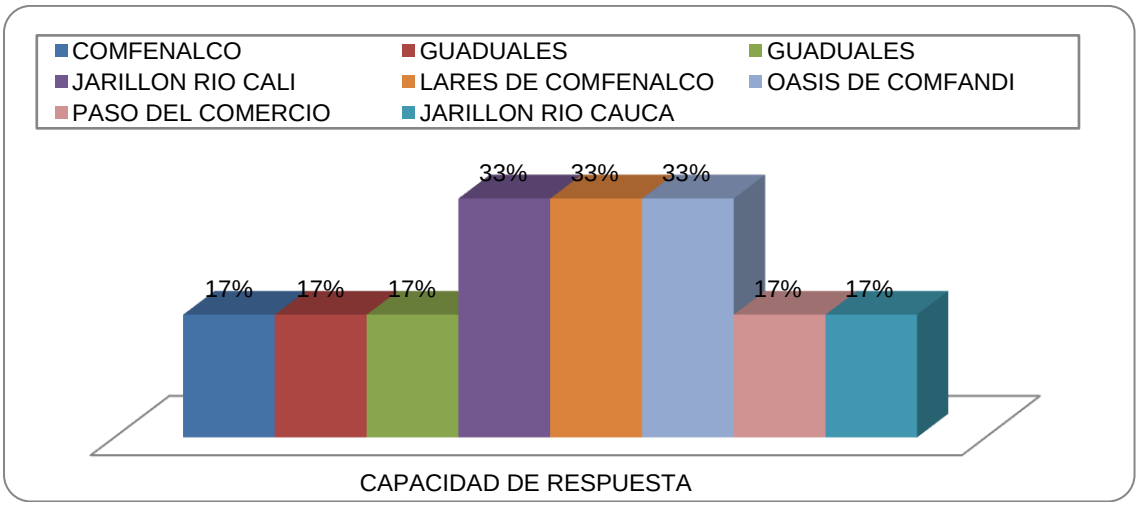
Caracterización	% Riesgo
Baja	0% a 30%
Media	31% a 50%
Alta	51% a 100%

5.2.2.2 Resultado obtenido

A partir de lo anterior se procede a estimar la capacidad de respuesta en la zona de estudio, resultados que se consignan en la Tabla 5.8 y representan en la Gráfica 5.4.

TABLA 5. 8 ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RESPUESTA EN LA ZONA DE ESTUDIO

NOMBRE DEL SECTOR	CAPACIDAD DE RESPUESTA		
COMFENALCO	0,17	17%	BAJA
FLORALIA	0,17	17%	BAJA
GUADUALES	0,17	17%	BAJA
JARILLON RIO CALI	0,33	33%	BAJA
JARILLON RIO CAUCA	0,17	17%	BAJA
LARES DE COMFENALCO	0,33	33%	BAJA
OASIS DE COMFANDI	0,33	33%	BAJA
PASO DEL COMERCIO	0,17	17%	BAJA
CAPACIDAD DE RESPUESTA DEL ÁREA DE ESTUDIO	0,23	23%	BAJA



Gráfica 5.4 Capacidad de respuesta de la zona de estudio

Y aplicando la fórmula planteada se obtiene que, para el escenario 1, el riesgo es de 1%, y para el escenario 2 es de 33%, tal como se observa en las Tablas 5.9 y 5.10; lo cual corresponde a riesgo BAJO y MEDIO respectivamente..

TABLA 5.9 ESTIMACIÓN DEL RIESGO CUALITATIVO PARA EL ESCENARIO 1

Susceptibilidad	Vulnerabilidad Global	Capacidad de Respuesta	Riesgo	Riesgo (%)
0,53	0,45	0,23	0,01	1%

TABLA 5.10 ESTIMACIÓN DEL RIESGO CUALITATIVO PARA EL ESCENARIO 2

Susceptibilidad	Vulnerabilidad Global	Capacidad de Respuesta	Riesgo	Riesgo (%)
1,00	0,56	0,23	0,33	33%

Una vez analizadas las dos formas de estimar el riesgo para esta tesis, resulta explícito y diciente para un tomar de decisión y para una comunidad en general, estimar el riesgo en términos de pérdidas económicas, la estimación cualitativa del riesgo resulta subjetiva y no aporta elementos claros para gestión integral de desastres asociados a inundación.

5.3. GESTIÓN FINANCIERA DEL RIESGO

Cualquier tipo de riesgo catastrófico implica una afectación financiera, tanto para el municipio de Santiago de Cali como para el gobierno nacional; en especial cuando se invierten recursos con destinación específica de otras necesidades locales, estos entes son responsables de asumir o retener los niveles de riesgo no asegurados. En esta medida, los niveles de estimación del riesgo establecidos por el municipio constituyen una importante herramienta en el desarrollo de las actividades propias de las instituciones de planeación económica y financiera. La retención y transferencia del riesgo debe ser un proceso estudiado y planificado, dado que es posible que la magnitud de un desastre, la cual en el caso de estudio obedece a una inundación, exceda la capacidad financiera y de respuesta por parte del gobierno local, y en especial de un país como el nuestro en vía de desarrollo.

El modelo de retención y transferencia del riesgo debe estar basado en una cooperación entre los entes gubernamentales y los pobladores mismos, quienes serían los directos propietarios de las pólizas de aseguramiento de sus respectivos bienes. Este modelo puede considerar aportes por subsidios cruzados para solventar las primas asociadas a los bienes de estratos socioeconómicos con poca capacidad de pago, los cuales deben ser recaudados por la administración municipal a través de los recibos de los servicios, y posteriormente transferidos a las compañías aseguradoras.

El análisis debe establecer las condiciones de aseguramiento requeridas, valiéndose de los resultados obtenidos del módulo de daños y pérdidas, como pérdida máxima probable y prima pura de riesgo, y de los parámetros característicos de la estrategia adoptada tales como deducibles, límites máximos, coaseguros y otros.

De acuerdo con Cardona (2007), la visión moderna de la gestión del riesgo involucra cuatro (4) políticas públicas distintas:

I. La identificación del riesgo (que involucra la percepción individual, la representación social y la evaluación objetiva del riesgo)
II. La reducción del riesgo (que involucra propiamente a la prevención-mitigación de la vulnerabilidad física y social)
III. La protección financiera (que tiene que ver con la transferencia y retención del riesgo desde el punto de vista financiero y de inversión pública) y
IV. El manejo de desastres (que corresponde a la preparación, alerta, respuesta, rehabilitación y reconstrucción una vez que el desastre se presenta).

Como lo indica el autor citado, de lo anterior se deduce que las tres primeras son acciones ex ante y la última corresponde a las acciones ex post; también, que ineludiblemente la gestión de riesgos es transversal al desarrollo y que diversos interesados y actores sociales están necesariamente involucrados en el proceso.

Según CAPRA (2005), desde el punto de vista financiero, la gestión de riesgos ha sido un proceso que involucra cinco pasos: i) identificar y analizar el riesgo; ii) examinar la factibilidad de alternativas o técnicas para su reducción; iii) seleccionar las mejores técnicas disponibles y factibles; iv) implementar las técnicas escogidas; y v) darle seguimiento al programa. Aunque aparentemente es un proceso similar al que se propone desde la perspectiva de las ciencias aplicadas y sociales, en realidad el riesgo, desde el punto de vista financiero, se refiere al potencial de pérdidas económicas y la reducción del mismo se basa en la implementación de medidas que permitan contar con recursos económicos en el momento en que se presente un desastre y se puedan cubrir total o parcialmente dichas pérdidas.

En otras palabras, desde el punto de vista financiero, la gestión del riesgo tiene como objetivo identificar y analizar las exposiciones de pérdida, examinando las posibilidades de transferencia y retención de esas pérdidas, llevando a cabo las transacciones del caso y estando atentos a los cambios o ajustes que deban realizarse. Esto involucra la industria de seguros y reaseguros, la titularización y otros esquemas financieros utilizados o que se podrían explorar para integrarlos a una gestión integral del riesgo colectivo desde una visión multisectorial, interinstitucional y multidisciplinaria.

5.3.1. Financiamiento Ex ante

De acuerdo con Cardona (2007), una comunidad que reconoce la gestión del riesgo como una expresión o forma de ejercitar el derecho a la vida, a la vivienda, al trabajo, entre otros, posiblemente propondría que se le "ayude a evitar el desastre y no sólo a reparar sus consecuencias".

De acuerdo con estudios promovidos por el DNP, se ha concluido que la responsabilidad del Estado en relación con los desastres se extiende a la atención de los hogares pobres

(estratos 1 y 2) y la protección directa de la infraestructura pública. Para ello, los entes territoriales deben asignar recursos ya sea para un fondo público o comprar seguros en el mercado que permitan cubrir los riesgos del capital estatal (lo que está estipulado en el artículo 107 Ley 42 de 1993) y de la población vulnerable y de bajos ingresos.

5.3.2. Financiamiento Ex post

En el caso de la reconstrucción (reposición) se concluye que el gobierno es responsable de su infraestructura de inmuebles y servicios, por lo cual debe estimar sus pérdidas esperadas o pasivos contingentes y acordar mecanismos o instrumentos de retención consciente y/o transferencia de dichas pérdidas en todos los niveles. Estos instrumentos pueden obedecer a acuerdos entre los diferentes niveles de gobierno, cuando su resiliencia económica así lo indique.

Esto implica entonces, que el Estado es responsable de la reconstrucción de los inmuebles públicos o bienes de la colectividad y por lo tanto es tomador de riesgo en nombre de la sociedad.

Por lo tanto, es deseable que en los casos que se considere conveniente realice un contrato de transferencia de pérdidas y contar con fondos de reservas que le permitan acceder a recursos para reconstruir los bienes de la colectividad.

De acuerdo con Cardona (2007), con base en indicadores de gestión del riesgo se pueden establecer porcentajes de participación del gobierno nacional en el pago de primas de seguros y en la reconstrucción de los inmuebles públicos de propiedad del Estado a nivel local y regional. En cuanto a la responsabilidad con los privados parece ser que la situación es muy circunstancial.

Así mismo, se hace necesario y supremamente útil, priorizar los elementos expuestos; para el presente estudio, se toma como referencia lo expuesto por Cardona (2007), el cual plantea el siguiente ordenamiento prioritario:

1. La vida y la integridad humana
2. Los medios de supervivencia
3. El medio ambiente. El soporte ecosistémico de la vida y la subsistencia
4. Los bienes públicos
5. Los bienes privados de uso colectivo
6. Los medios de producción soportantes del trabajo y la manutención.
7. Los bienes privados de uso individual

Se debe hacer énfasis en que el interés colectivo debe primar sobre el interés particular, como un axioma constitucional, identificable como una de las normas fundamentales de la convivencia democrática.

5.3.3. Transferencia del riesgo

Un mecanismo de transferencia de riesgo como el seguro puede pagar parte del costo de reparación y reducir la pérdida económica causada por el daño de los edificios, pero este mecanismo poco puede hacer por la protección de la vida, la pérdida de funcionalidad, la protección del patrimonio y por mitigar otros costos sociales derivados. Esta es la razón por la cual la gestión del riesgo debe ser integral.

De acuerdo con el Artículo 1060 del Código de Comercio Colombiano, el seguro es un mecanismo de transferencia para riesgos no previsibles que sobrevengan con posterioridad a la celebración del contrato de seguro.

Se debe tener muy en claro que el seguro en sí mismo no es considerado como una medida de mitigación porque, más bien redistribuye la pérdida en vez de reducirla. Un programa de seguros cuidadosamente diseñado puede, sin embargo, estimular la adopción de medidas de mitigación, asignando un precio al riesgo y creando incentivos financieros a través de descuentos aplicables a las tasas de las primas, deducibles más bajos y/o límites de cobertura más altos, condicionados a la implementación de dichas medidas de reducción del riesgo.

Los aseguradores usan la industria del reaseguro para transferir a su vez y manejar sus propios riesgos. Por lo tanto, para cubrir el exceso de pérdida usualmente los aseguradores recurren a los reaseguradores bajo contratos de cobertura a partir de una cantidad acordada que puede, además, tener igualmente un límite o se comparte la pérdida a partir de cierta cantidad en forma proporcional según se determine previamente. Las compañías de reaseguros suscriben pólizas de diferentes partes del mundo y así se distribuye el riesgo geográficamente.

El asegurador utiliza el reaseguro para limitar las fluctuaciones temporales en los siniestros frente a los que es responsable y para protegerse contra la insolvencia en caso de un desastre.

El reaseguro por exceso de pérdida es el tipo de reaseguro más utilizado para desastres. En este tipo de reaseguro los importes de las pérdidas son los que determinan la proporción de cesión del riesgo. En esta modalidad de reaseguro el asegurador directo se responsabiliza completamente por la pérdida hasta la cuantía que determina la prioridad en la totalidad de las pólizas de un ramo predeterminado en el contrato, independientemente de la cuantía asegurada en estas. Las pérdidas que superan el monto establecido por la prioridad deben ser pagadas por el reasegurador. Este último solo participa en el pago de las pérdidas que superan la prioridad.

5.3.4. Retención del riesgo

Según CAPRA (2005), la retención del riesgo puede ser inconsciente o pasiva, cuando el posible afectado no es conocedor que está en riesgo a causa de la ignorancia o de un

examen deformado o superficial de la realidad; esta situación puede ser muy grave. La retención también puede ser forzada debido a que no existe ninguna otra alternativa de eliminación, reducción o transferencia y se debe asumir obligatoriamente con el riesgo.

El no seguro es una figura de retención cuando no se justifica la cobertura debido, por ejemplo, a la obsolescencia del bien, o porque la posibilidad de pérdida es extremadamente baja y puede ignorarse, o porque la pérdida es tan alta que su transferencia costaría tanto como las pérdidas que se ocasionarían. También, dadas las condiciones de salud económica puede ocurrir que sólo se cubran los riesgos más graves y se renuncie a cubrir los demás. Sin embargo, esta situación indica que un evento importante podría causar el descalabro económico de los afectados.

También, existe el autoseguro que se considera una figura de retención del riesgo. Esta estrategia consiste en tomar medidas para el control del riesgo y asumir las pérdidas potenciales. El autoseguro tiene como finalidad mejorar la relación entre primas y garantías ofrecidas por las compañías de seguros y por lo tanto bajar los costos de los riesgos.

5.3.5. Parámetros de Análisis para la Transferencia de Riesgos

Teniendo como referencia el estudio de CAPRA (2005), existen diversos parámetros que pueden intervenir en un esquema de transferencia del riesgo. En la Figura 5.1 se presenta un esquema ilustrativo de los diferentes elementos que podrían considerarse.

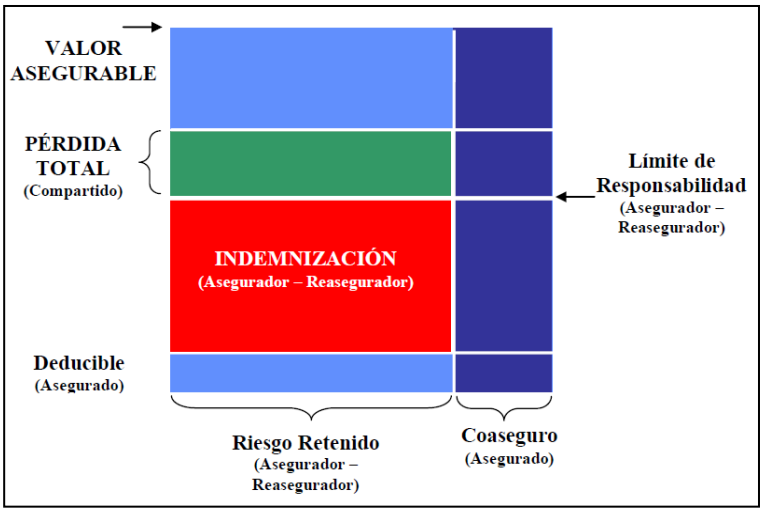


Figura 5.1. Elementos para la transferencia del riesgo

Fuente: CAPRA, 2005

Los principales elementos de un esquema de este tipo son los siguientes:

- *Valor asegurable:* corresponde en general al valor de reposición. Para el caso de planes que no sean a primer riesgo, se debe considerar como la suma asegurada establecida en la póliza. En el caso de seguros a primer riesgo, este valor corresponde al valor de los inmuebles.

- *Porcentaje de retención:* corresponde al porcentaje del riesgo retenido en la cobertura de daños del valor asegurable. Es la capa o capas que asume el interesado de la pérdida potencial antes de transferir.
- *Límite de responsabilidad:* corresponde al valor límite que asume la aseguradora o el reasegurador para la cobertura de pérdidas. Puesto que se trata de la pérdida máxima para la institución o sociedad mutualista de seguros, esta cantidad debe ser menor o igual a la suma asegurable.
- *Deducible:* se refiere al valor que se aplica a los inmuebles asegurados expresado en términos porcentuales de la suma asegurada. Existen contratos en que los deducibles se expresan en otras modalidades, pero en estos casos y para efectos comparativos, se deberá re-expresar mediante criterios técnicos en términos porcentuales de la suma asegurable.
- *Coaseguro:* corresponde a la participación porcentual del asegurado en el riesgo o, expresado en otros términos, se refiere al porcentaje de retención del riesgo por parte del asegurado.

5.4. ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL RIESGO POR INUNDACIÓN EN LA ZONA DE ESTUDIO

En nuestro contexto, el ordenamiento del territorio y el control estatal, son un referente del abandono institucional, por falta de conocimiento, de decisión y voluntad de acción, pero también porque la necesidad del país y específicamente de las ciudades capitales desbordó la capacidad de respuesta frente a la realidad que se agudiza por los problemas de violencia e inequidad interna, y Santiago de Cali, es un referente y receptora del problema social que afronta nuestro país.

El crecimiento poblacional en zonas de protección de los ríos Cali y Cauca, es una muestra de la realidad de la consolidación de asentamientos y la falta de gobernabilidad sobre este territorio, esto se refleja en vulnerabilidad para la ciudad como muestra de un caso específico por incrementos de niveles del agua en los ríos y en el momento de analizar el riesgo representa la responsabilidad de la municipalidad que debe ser abordada y atendida a corto tiempo y con recursos que muchas veces corresponden a otras destinaciones.

De ahí la importancia de considerar la planificación territorial como un aliado del desarrollo y crecimiento del estado, no es viable otro tipo de proyección, y es precisamente en ese punto donde el gobierno local, ha venido fallando, por no hacer un trabajo de manera integral.

El municipio en la actualidad cuenta con un Plan de Ordenamiento Territorial – POT, aprobado mediante Acuerdo Municipal No 069 del año 2000, este documento con sus fortalezas y debilidades, no fue materializado en el territorio, lo que se traduce un la poca reducción de la vulnerabilidad del municipio frente a la afectación generada por las diferentes amenazas de origen natural y socio-natural intrínsecas en nuestro medio.

El POT en construcción necesita contextualizarse con la realidad municipal actual, acordes con la Política Nacional de Gestión del Riesgo, Ley 1523 del 24 de Abril de 2012, que demanda adaptaciones a la necesidad social (desarrollo sustentable), más que los factores externos de la naturaleza; lo que debe reflejarse en una sociedad más resistente y/o resiliente (menos frágil y expuesta), frente a efectos generados por procesos internos y externos.

La Ley 1523 de 2012, elevada a política de desarrollo la gestión del riesgo como un proceso social orientado desde la planificación con el propósito de proteger a la población en el territorio colombiano y como una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos y hace responsable de su gestión a todas las autoridades y habitantes, identificando roles, responsabilidades y competencias de las entidades públicas, privadas y comunitarias.

En este orden de ideas, la Ley se enmarca en tres pilares específicos, dentro de los cuales se platean las siguientes estrategias: prospectivas, correctivas y evolutivas.

5.4.1. Conocimiento del riesgo

- Establecer las cuencas hidrográficas de los ríos Cauca y Cali como unidades de planificación, en el marco del ordenamiento territorial, para el manejo integral hacia la reducción de las inundaciones.

- Consolidar la información de los estudios del río Cali, relacionados en el presente trabajo de grado, para la elaboración de un diagnóstico por inundaciones del río Cali.

- Generar los mapas de riesgos de inundación y/o avenidas torrenciales del río Cali para armonizarla con la evaluación de riesgos del anillo de protección del oriente del municipio de Santiago de Cali.

- Generar conocimiento a partir de nuevos estudios para identificar las cantidades de aportes de sedimentos por la deforestación de la cuenca en la parte media-alta, por los residuos de minería, disposición de residuos sólidos, vertimientos de aguas residuales y por los efectos de la rectificación del río.

- Modelar los posibles daños ocasionados en la parte baja del río Cali por rotura o ausencia de los diques de ambas márgenes.

- Realizar el rediseño de la estructura de los diques, en sus componentes geométrico, teniendo en cuenta parámetros de estabilidad y geotécnicos teniendo en cuenta las propiedades mecánicas del suelo que lo soporta y de la estructura trapezoidal.

- Realizar un estudio específico de estabilidad ante la licuación y corrimiento lateral de las estructuras de la Estaciones de bombeo de Floralia y Los Guaduales

5.4.2. Reducción del riesgo

- Implementar un Plan de reasentamiento, que garantice las condiciones integrales de supervivencia de la población a trasladar, mejorando su calidad de vida, para no replicar casos como el de Potrero Grande.

- Reasentar la población localizada en la franja de protección de los ríos Cauca y Cali, teniendo en cuenta la caracterización de las etnias, para no romper el tejido social que lo vincula a una cultura específica, generando nichos de población compatible y sostenible.

- Realizar un plan de restitución de la infraestructura de EMCALI EIC ESP que atraviesa los diques, mediante sifones sin tocar la sección trasversal de esta infraestructura.

- Recuperar las condiciones ambientales de las franjas protectoras de los ríos, para que cumplan su función de reguladoras como lo establece el POT y el Código Nacional de los Recursos Naturales, con sus respectivas delimitaciones desde la estructura del dique.

- Recuperar la sección hidráulica de la franja protectora, retirando los volúmenes acumulados de escombros en sitios crónicos y en los rellenos donde se han edificado las viviendas, para que el río pueda inundar la berma.

- Restablecer los niveles de corona y la sección de los diques, por lo menos para que funcionen óptimamente en crecidas de los ríos con periodos de retorno de 1:100 años o condiciones iníciales; esto implica sección transversal uniforme en todo el anillo de la zona de estudio, sellamiento de cavernas de hormiga, eliminación de rampas de acceso y erradicación de árboles en la estructura.

- Realizar un Plan de recuperación de los diques con enfoque integral y sistémico de todos los componentes, incorporando los actores institucionales, sociales, políticos, etc.

- Educar a la población sobre la importancia para sus vidas y patrimonio de la conservación del dique de protección, teniendo en cuenta la percepción de seguridad que les representa esta estructura; promoviendo la cultura de la gestión del riesgo de desastres por inundación.

- Implementar un sistema de alertas tempranas por avenidas torrenciales del río Cali, integrado al sistema de monitoreo del río Cauca de la CVC.

- Recuperar periódicamente la capacidad hidráulica del río Cali, por sedimentación, desde su tramo final (área de estudio) hasta alcanzar su equilibrio aguas arriba, según perfil hidráulico del río.

- Recuperar la descarga por gravedad del canal Los Guaduales, al igual que la funcionalidad de la estación de bombeo.

- Establecer como política local, la transferencia del riesgo tanto de la infraestructura de la ciudad, como el patrimonio de la población, mediante el aseguramiento por inundaciones.

- Implementar políticas de Macro-Drenaje en la cuenca del río Cali, que incorporen pondajes o micropresa para almacenar los volúmenes de excesos de las avenidas torrenciales en periodos de retorno superiores a 1:25 años; como se propuso en el seminario de Gestión Integral de Inundaciones en Zonas Urbanas (ACODAL 2012).

- Implementar un Plan Piloto de Micro-Drenaje urbano en la zona aferente que drena al canal Los Guaduales y estación de Bombeo Floralia; con propuestas adicionales de vías sin sardineles, polideportivos deprimidos, Galerías de retención de grandes volúmenes, cubiertas verdes, antejardines con zonas blandas y pavimentos filtrantes; como se propuso en el seminario de Gestión Integral de Inundaciones en Zonas Urbanas (ACODAL 2012).

- Generar estrategias de identificación y conservación de los jarillones en la población escolar del sector, organizaciones comunitarias y actores sociales, quienes son las personas más receptivas, para incentivar la cultura de seguridad y resiliencia y el aprovechamiento paisajístico que ofrece la zona.

- Realizar una investigación entomológica encaminada al control efectivo de la hormiga arriera en los diques del sector, para optimizar los controles periódicos necesarios de hormiga arriera sobre la estructura y las zonas aledañas al dique.

- Demoler y retirar todas las estructuras de los asentamientos localizadas sobre la franja protectora de los ríos, tuberías, corrales etc.

- Finiquitar el contrato de comodato del municipio con la Asociación de Agricultores de Paso del Comercio, que propicio la invasión de la berma de los ríos Cauca y Cali.

- Actualizar un estudio de titulación de las áreas de diques y bermas del área de estudio, para que sean administradas por una sola Autoridad Ambiental.

- Incrementar el control de la gestión del territorio y de la evaluación de los desarrollos territoriales siendo consistentes con el manejo de inundaciones a largo plazo.

- Adoptar un protocolo de inspección rutinario de los diques y las bermas por parte de la institución responsable, para evitar su deterioro.

- Fortalecer institucionalmente al DAGMA, como Autoridad Ambiental Urbana, responsable del control y seguimiento del manejo de los residuos sólidos y escombros que se generan en la ciudad, así de realizar el control de vertimientos y por ende

proteger la calidad del recurso hídrico e implementar un manejo integral de cuencas hidrográficas.

5.4.3. Manejo del desastre

- Implementar el PLEC 2010, en el municipio de Santiago de Cali.

- Chequear las herramientas y equipos disponibles con que cuentan las entidades Municipales, para establecer los tiempos de duración por afectación de una inundación, teniendo en cuenta la capacidad instalada y los equipos móviles que se puedan disponer para la evacuación del agua.

- Determinar las rutas de evacuación, teniendo en cuenta las limitaciones de las calles y pasajes existentes, las zonas de posibles albergues y la dotación necesaria para atender una calamidad que supere los niveles de respuesta del municipio.

- Fortalecer el fondo municipal para la gestión del riesgo de desastres con mecanismos financieros auto-sostenibles.

"El agua es la base del desarrollo humano sostenible; el desarrollo humano, sin suministro adecuado de agua de calidad aceptable, se ahoga". 1er Informe del PMEA 2005.

Capítulo 6

6.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Fotografía de la Fuerza Aérea Colombiana, Diciembre de 2010

6.1. CONCLUSIONES

1. La susceptibilidad de inundación para el escenario 1, es ALTA para los barrios Floralia, Guaduales y Oasis de Comfandi; es MEDIA para los barrios Lares de Comfenalco y Paso del Comercio; y BAJA para el barrio Comfenalco. Aunque también es baja para los sectores del Jarillón río Cauca y Cali, esta apreciación no es representativa, debido que la afectación del dique puede generar un colapso de la estructura.

2. Para el escenario 2, la susceptibilidad de inundación es ALTA para todos los barrios, excepto para el barrio Lares de Comfandi, la cual es MEDIA.

3. A partir del análisis geomorfológico multitemporal del área de estudio, se destaca que el proyecto urbanístico desarrollado en la década de los 80s, se edificó sobre una área intrínsecamente susceptibilidad a presentar inundación, con una de las densidades poblacionales más altas del municipio de Santiago de Cali y con limitantes de zonas verdes y vías, lo que es una situación compleja y desafiante para afrontar tareas de evacuación de la población del sector en un caso de desastres.

4. Se evidenció a partir de los mapas de inundación de los años 1950, 1960, 1966, 1971, 1975, 1984, 2010, que los eventos de inundación, están asociados a niveles altos de río Cauca, que controla igualmente los niveles del río Cali.

5. Se evidenció a partir de los mapas de los años 1984, 2010, que los eventos de inundación, están asociada a la deficiencia de la capacidad que tiene el sistema de drenaje para la zona de estudio y la limitada capacidad instalada de las estaciones de bombeo Floralia de $9m^3/s$ y Guaduales de $8m^3/s$).

6. El análisis de susceptibilidad de la amenaza por inundación permite concluir que el uso adecuado, sistemático y responsable de herramientas de procesamiento de información geográfica, combinadas con la aplicación de análisis morfológico multi-temporal y sensores remotos, brinda a los tomadores de decisiones información valiosa y oportuna para la implementación de medidas que tiendan a reducir el impacto de eventos torrenciales y catastróficos sobre la población.

7. En el polígono de estudio se ha cartografiado una red de drenaje dendrítica de muy alta densidad con incisión media saturada en sentido sur-oeste al nor-este, en el área de estudio y que tributaba caudal superficial a las zonas pantanosas identificadas desde el río Cali y la quebrada Menga; es clara la disminución drástica de la red tributaria por la intervención antrópica desde la década de los 80s.

8. Al analizar los resultados de resiliencia obtenidos entre los componentes social (A), institucional (B) y técnico (C), una vez analizadas las medidas de discriminación consideradas se obtiene un comportamiento similar entre los componentes A y B que varía entre 2,0 y 1,0, y un comportamiento único para el componente C, fijado en 0,7,

que en términos generales representa una resiliencia ALTA para toda la zona de estudio, con un porcentaje medio de 69%.

9. La vulnerabilidad global promedio en la zona de estudio para el escenario 1 es del 45% y del 56% para el escenario 2, lo que en términos generales se caracteriza como MEDIA en todo el área analizada.

10. La fragilidad vs la resiliencia muestran relación en su comportamiento, siendo el barrio Floralia el que presenta los menores valores relativos con un 48% en fragilidad (MEDIA) y de 44% en resiliencia (MEDIA); la exposición se estima entre el 35% y el 55%, como ALTA en ambos escenarios, en contexto este barrio podría determinarse como el más vulnerable de la zona de estudio.

11. El presente estudio estableció el riesgo en costos de la probabilidad de pérdidas por inundación para viviendas de uno y dos pisos en el territorio elegido; y también se estimó el riesgo en términos cualitativos (percepción), permitiendo comparar la validez, oportunidad y relevancia de los resultados valorados en pesos colombianos, que facilita la toma de decisiones a un ordenador del gasto.

12. Las pérdidas de las viviendas en el área de estudio para el escenario No 1 asociado a inundación de los ríos Cali y Cauca, con tirantes iguales o menores a 1,5 m corresponden a: $496.622.097.654, estos costos son una representación parcial, debido a que por falta de información no se establecen las pérdidas de otro tipo de infraestructura.

13. Las pérdidas en las viviendas en el área de estudio para el escenario No 2 asociado a escorrentía, con tirantes superiores a 2,5 m corresponden a: $743.905.380.768.

14. La principal estrategia de mitigación en una zona ya consolidada, se armoniza con la propuesta establecida en la Ley 1523 de 2012, en la cual se plantean los pilares de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo, y manejo del desastre; los cuales deben verse reflejados en el Plan de Ordenamiento Territorial que actualmente está en discusión para su aprobación y su implementación está ligado a la coordinación y trabajo conjunto de las diferentes instituciones que tienen jurisdicción dentro del territorio.

6.2. RECOMENDACIONES

1. A pesar de que el estudio contó con un muestreo aleatorio estratificado con asignación sistemática aplicado al jefe del hogar o responsable de la vivienda con un nivel de confianza de más del 92%, faltó realizar un trabajo de acercamiento participativo con la comunidad del sector para el levantamiento de información adicional, especialmente lo relacionado con la estructura participativa y comunitaria.

2. Aunque la escala del trabajo fue apropiada, se considera que otro trabajo con estas características debe precisar exactamente por manzanas el nivel (tirante) del agua, con el fin de estimar la exposición y por ende estimar el riesgo en términos de pérdidas con mayor exactitud.

3. Desarrollar y ejecutar un programa de reasentamiento de viviendas en alto riesgo o riesgo no mitigable en la zona de protección del río con asignación de recursos locales y nacionales.

4. En posteriores estudios se deberá calibrar la curva de excedencia de pérdidas, teniendo en cuenta los eventos ocurridos y la recolección de datos de las pérdidas.

5. Corregir, mantener y monitorear las estructuras de protección frente a inundaciones de manera periódica y sistemática a través de las instituciones responsables de ejecutar esta labor.

6. Evaluar la capacidad logística de las entidades operativas de atención de emergencia (Cuerpos de Bomberos, Cruz Roja, Defensa Civil, Scouts) para conocer los tiempos de respuesta, cobertura y dotación.

7. Fortalecimiento institucional, es necesario que el municipio de Santiago de Cali conciba una estructura administrativa de gestión del riesgo no solo para la planificación del territorio en la gestión del riesgo sino también para la atención del desastre.

8. El reto para los nuevos nichos de desarrollo urbano habitacional, específicamente para el caso local del municipio de Santiago de Cali, y teniendo como base el ordenamiento del territorio, debe primero hacer la siguiente pregunta ¿Dónde según el nuevo Plan de Desarrollo del Municipio de Santiago de Cali se va a construir vivienda?, en la actualidad hay que evaluar integralmente las zonas de expansión para no cometer los errores del pasado (caso Potrero Grande, Floralia)

9. Fortalecimiento técnico y transferencia de tecnológica a través de programas de postgrado en temas de gestión del riesgo, que validen el conocimiento local y reduzcan la dependencia externa para solucionar y/o afrontar esta problemática.

10. A las Autoridades Ambientales, se recomienda la coordinación institucional, de la mano con las entidades territoriales encargadas de la planificación e infraestructura.

11. A EMCALI EICE E.S.P., se recomienda la implementación de medidas técnicas y operativas que garanticen la funcionalidad del sistema de drenaje pluvial (micro-drenaje) y sanitarias en este sector de la ciudad.

12. La protección financiera contra desastres mediante seguros es una opción atractiva por cuanto ofrece la oportunidad de transferir parte del riesgo, al tiempo que evita el

endeudamiento del gobierno local o regional que puede resultar de un desastre, el principal beneficio de los mecanismos de transferencia se relaciona con la distribución de riesgo que produce una reducción del costo de gestión de riesgo, igualmente se podría pensar en el trabajo de mitigación paralelo, lo cual sería una opción de redundancia interesante de desarrollar.

13. Es necesario insistir en la premisa de que para hacer efectiva la identificación, la reducción y la transferencia del riesgo, estas deben ser parte de las políticas de desarrollo. Para ello, no sólo es necesario incorporar de facto el tema de la gestión del riesgo en los planes de desarrollo, sino hacerla efectiva en la práctica.

14. Se hace necesario como complemento del presente estudio, formular indicadores que faciliten "hacer manifiesto" el riesgo, con el fin de facilitar a los tomadores de decisiones el acceso a información relevante que les permita identificar y proponer acciones efectivas de intervención correctiva y prospectiva de la vulnerabilidad, considerando aspectos macroeconómicos, sociales, institucionales y técnicos.

15. Se debe promover instrumentos de aseguramiento colectivo voluntario de bienes privados, su objetivo, aparte de estimular la cultura del seguro entre los privados con capacidad de pago es la protección en forma subsidiada de los más pobres que no están en capacidad de pagar seguros. Esta iniciativa podría promoverse en la ciudad de Cali donde se apoye la realización de los estudios apropiados de riesgo necesarios en la zona de estudio, en los que se vincule activamente a las compañías de seguros que puedan ofrecer pólizas colectivas.

16. Dentro de las actividades de gestión de riesgos que se promuevan en la ciudad de Santiago de Cali, se debe hacer especial énfasis en la reducción del riesgo mediante el ordenamiento territorial y la intervención de la vulnerabilidad de edificaciones esenciales, en primera instancia, lo que tiene un alto rédito no sólo económico sino social. Igualmente es necesario estimular la reducción del riesgo de edificaciones privadas, lo que podría facilitarse si se promueven subsidios como la reducción del predial u otros impuestos cuando se interviene la vulnerabilidad estructural de las edificaciones.

17. Es necesario garantizar que los estudios que las instituciones y en general el estado realiza, cuenten con los recursos para implementar las medidas recomendadas, y no limitar la actuación del estado a diagnósticos que finalmente terminan desactualizados, agudizando los problemas y los impactos, sin representar soluciones prácticas y tangibles para la comunidad que a la postre representan detrimento patrimonial.

7. BIBLIOGRAFÍA

ADRC .2005. Total disaster risk managment. Good practices. Available at: http://www.adrc.or.jp/publication/TDRM2005/TDRM.Good.Practices/PDF/Chapter1.1. 2.pdf 24 Junio 2006.

Agenda 21. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro, República Federativa del Brasil - junio de 1992.

Alcaldía de Santiago de Cali. Potrero Grande, proyecto habitacional. 2011. Cali, Colombia. ISBN 9789589187579. (Signatura 363.5 C153p) - CENDOC-CIDSE (Cien. Sociales y Econ.)

Alwang, J., P.B. Siegel and S.L. Jorgensen. 2001. Vulnerability: A view from different disciplines. Social Protection Discussion Paper Series, N° 0115, World Bank, 42 p. Available at: www.worldbank.org/sp 24 Junio 2006.

ACODAL. Memorias del seminario de Gestión Integral de Inundaciones en Zonas Urbanas. Santiago de Cali, 2012.

Aneas, Susana. Vulnerabilidad global : variables y medición. Instituto de Geografía Aplicada (IGA). Argentina. saneas@sinectis.com.ar. 2005

Balica, Stefania Florina. Development and Application of Flood Vulnerability Indices for Various Spatial Scales. MSc Thesis (WSE – HERBD – 07.01). Unesco IHE. Delft, the Netherlands. 2007

Beck, Ulrich. La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad. 1998.

Blaikie, P. Cannon, T. Ian, D. Wisner, B. VULNERABILIDAD. El Entorno Social, Político y Económico de los Desastres. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. 2005.

Boletín Hidroclimatológico de la CVC del año 2010

Botero, Verónica. Propuesta Metodológica para la delimitación de eventos hidrológicos máximos a partir del modelo HAND (Renno et. al 2008) Universidad Nacional de Colombia, IDEAM. 2011.

Botero, Verónica. Zonificación de amenazas por inundación en las cuencas del Bajo Magdalena – Cauca – San Jorge – Sinu y Atrato: Propuesta Metodológica y Aplicación. Universidad Nacional de Colombia, IDEAM. 2011.

Buch, MS. Evaluación del riesgo a deslizamiento en la subcuenca Matanzas, río Polochic. Guatemala. Tesis MSc. Turrialba, CR, CATIE. 171 p. Costa Rica. 2001.

Cali en Cifras – 2011. Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Santiago de Cali. 2012.

Cardona A, OD. 1993a. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. In Los desastres no son naturales. Comp. A Maskrey. Colombia, La Red. p. 51-74.

Cardona, O. Barbat, A. Curso de Educación Superior. Gestión Integral de Riesgos y Desastres a distancia por Internet. Asignatura: Teoría del Riesgo y Desastre. Guía de Estudio. España. 2004.

Cardona, O. D. Diagnóstico de la gestión financiera del riesgo y propuesta de instrumentos financieros factibles de retención y transferencia. Bogotá, diciembre de 2007.

Cardona, O. D. Gestión integral de riesgos y desastres. Notas de curso. Barcelona. Julio 2007.

CAPRA. Evaluación de Riesgos Naturales - América Latina - Consultores en Riesgos y Desastres, Nicaragua Tomo I. Nicaragua. 2005.

Chaparro Ávila, Eduardo. Naciones Unidas. Elementos Conceptuales para la prevención y reducción de daños originados por amenazas socionaturales – Cuatro Experiencias en América Latina y el Caribe. Cuadernos No. 91, Proyecto CEPAL/GTZ. 2005.

CINARA, Univalle. Modelación hidrodinámica del sistema de drenaje urbano de la ciudad de Cali en el área de influencia del río Cali. 2005.

Comisión Económica de América Latina y el Caribe (CEPAL). La reducción de la vulnerabilidad un tema de desarrollo. 45p. 2000.

Comisión Económica de América Latina y el Caribe (CEPAL). Agua para el Siglo XXI para América del Sur - De la Visión a la Acción. http://www.eclac.cl/DRNI/proyectos/samtac/DrSam00100.pdf. INFORME NACIONAL SOBRE LA GESTION DEL AGUA EN COLOMBIA. I. Sector: Recursos Hídricos. Eduardo Orlando Ojeda B. e-mail: ocade@latino.net.co. 2000.

Cortes Ortiz, María Alejandra. Poblaciones vulnerables frente amenazas naturales, caso de estudio, La Magdalena Contreras, Distrito Federal de México. Tesis MSc FLACSO. 138 p. México. 2008

Constitución Política de Colombia, 1991.

Chaves Moncayo Omar; CVC. Reflexiones. 2011.

Castaño, Alba, Marulanda, Yuli. Identificación de áreas inundables en la Comuna 6 del Municipio de Santiago de Cali. Tesis. Geografía Universidad del Valle. 2012.

CVC. Contrato Universidad del Valle. Proyecto de Modelación del río Cauca – PMC de los años 2000, 2003 y 2005.

CVC. Contrato EMRU. Estudio hidrológico e hidráulico del río Cali y puente bomberos. 2010.

CVC. Contrato Fundación Pacifico Verde. Diagnóstico del estado actual de los diques del distrito de Aguablanca. 2010.

CVC. Contrato Fundación Ciudad Verde. Análisis hidrológico e hidráulico, para la recuperación de la Sección Hidráulica del río Cali en el tramo comprendido entre la calle 26 y su entrega al río Cauca. 2010.

DAGMA. Contrato Consorcio Jarillones y Dragados. Estudio geotécnico del Jarillón en una longitud de 10 Km entre la Planta Puerto Mallarino y la calle 70 y el Jarillón río Cali y estudio de susceptibilidad y mitigación del fenómeno de corrimiento lateral. 2012.

DAGMA. Contrato INGEOMINAS. Estudio de Microzonificación Sísmica de Cali, Potencial de Licuación y Corrimiento Lateral de Suelos. 2005.

DAGMA. Contrato Amezquita Naranjo Ingeniería & Cia S.C.A & Opción Timagua. Exploración Geotécnica para el Reforzamiento Jarillón río Cauca Santiago de Cali, franja jarillón Comuna 21 y Navarro. 2008.

DAGMA. Contrato Hidro Estudios Ltda. Diagnóstico y alternativas de manejo del entorno del río Cali, mediante el estudiogeomorfológico, hidrológico e hidráulico entre la calle 34N y su desembocadura al río Cauca y proyectos para mitigar inundaciones.1998.

DAGMA. Plan estratégico para la recuperación y conservación del Jarillón margen izquierda del río Cauca y Jarillón del río Cali margen derecha entre calle 70 y su desembocadura. Unión Temporal INESCO Ltda. – Planes S.A. – INCOL S.A. Santiago de Cali. 2000.

DAGMA. Estudio hidrológico y modelación matemática hidrodinámica bidimensional del río Cauca para la "Modelación de amenaza por inundaciones en la ciudad de Cali por el río Cauca y tributarios". 2012.

DAGMA. Información de Calidad del Agua y Cargas Contaminantes de los ríos de Santiago de Cali. 2011.

Departamento Nacional de Planeación – DNP y Ministerios del Gobierno Nacional (2008) Cartilla Guía Plan de acción para el manejo de las emergencias causadas por la presente ola invernal. Bogotá, D.C. Diciembre 15 de 2008.

Departamento Nacional de Planeación – DNP. Proyecto Profundización de la Descentralización en Colombia COL 99/022/DNP/PNUD, (2003) Determinantes Económicos del Desarrollo Territorial, Informe Final de Consultoría, José Alirio Salinas B. Bogotá D.C.

EMCALI EICE E.S.P. Consultoría para el control de las Inundaciones en los Barrios Calipso y Floralia. Contrato No. 300-GAA-CC-478-2005. 2006.

EMCALI EICE E.S.P. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV, 2007 – 2016. 2006

EMCALI EICE E.S.P. Contrato Guillermo Alberto Regalado. Diseño de la estructura de entrega del canal los Guaduales al río Cali. 1995.

El agua, una responsabilidad compartida. 2o Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. 2007.

EIRD (Estrategia internacional para la reducción de desastres). Reducción del riesgo a desastres. http://www.unisdr.org/eng/terminology/UNISDR-Terminology-Spanish.pdf. 2009.

Espinosa Rodríguez Luis Miguel; Propuesta metodológica para la evaluación del riesgo desde la perspectiva del ordenamiento del territorio, Revista del CESLA.2011.

Estudio del diagnóstico del Jarillón de Aguablanca y el sistema de drenaje oriental de la ciudad de Cali, frente a inundaciones. Contrato de consultoría No. 101 de 2012 celebrado entre el Fondo Adaptación y Corporación Observatorio Sismológico del Sur Occidente (OSSO). 2013.

Foschiatti, Ana María. Aportes Conceptuales y Empíricos de la Vulnerabilidad Global. Eudene. Editorial Al Margen. 2009

Gálvez Hooper, Catherine Annet. MG. Evaluación del riesgo a inundaciones y deslizamientos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo, Panamá. Tesis MSc. CATIE.175 p. Costa Rica, 2010.

Gheorghe, A., 2005, Risk, Vulnerability and sustainability for critical infrastructures, as seen on http://www.caenz.com/info/2005Conf/pres/Gheorghe.pdf on 1st of December. 2006.

Guía Ambiental para evitar, corregir y compensar los impactos de las acciones de reducción y prevención de riesgos en el nivel municipal. 2005.

Guía Municipal para la Gestión del Riesgo, Proyecto de Asistencia Técnica en Gestión del Riesgo a Nivel Municipal y Departamental en Colombia, Ministerio del Interior y Justicia, Dirección de Gestión del Riesgo, Sistema para la Prevención y Atención de Desastres. 2010.

Guía para orientar las acciones e inversiones en gestión local del riesgo a nivel municipal. 2005.

HEC-RAS (River Analysis System) 2010. Hydraulic reference manual Davis. C.A. US Army Corps of Engineers. p. irr. Version 2010.

Hernández Peralta, Elvis. Metodología participativa de análisis y mapeo de riesgo de inundaciones. Trocaire – Irish Aid. Honduras. 2007.

Ven Te Chow. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill. 1993.

Informes Sobre Desarrollo Sostenible No. I, II, III y IV. http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/index.es.shtml

INGEOMINAS, (1985): Mapa geológico de la plancha 300-Cali a escala 1:100.000.

IDEAM. Estadísticas sobre hidrología, meteorología, calidad del agua, cartografía, demanda de agua, oferta hídrica, proyecciones, etc. 1999.

IPCC (International Panel on Climate Change). 2001. Climate Change 2001. Synthesis Report. A Contribution of Working Group I, II and III to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Watson, R.T. et al. (Eds.), Cambridge University Press, New York, p. 398.

Jiménez Pérez Nayibe; Elementos Históricos y Urbanos en la Generación de Desastres por Inundaciones y Deslizamientos en Cali, 1950 – 2000, año 2005.

Journal homepage: www.elsevier.com/locate/jhydrol

Likert, Rensis. "A Technique for the Measurement of Attitudes." Archives of Psychology 140: 1-55. (1932)

Manual Básico para la Estimación del Riesgo, Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI, Dirección Nacional de Prevención, DINAPRE, Unidad de Estudios y Evaluación de Riesgos, UEER, Lima, Perú. 2006

NOOA (2001) Cold and Warm Episodes by Season. Climate Prediction Center. Obtenido en la red mundial en noviembre del 2001 en: http://www.cpc.noaa.gov:80/products/analysis.monitoring/ensostuff/ensoyears.html.

OLAP, G&H y KTAM: Olarte, Ospina, Arias & Payán Ltda.; Gibbs & Hill, Inc.; Knappen, Tippetts, Abbett y McCarthy, (1956) El desarrollo coordinado de energía y recursos hidrúlicos en el Valle del río Cauca. Enero de 1956. XVII-4. +

Apéndices, Figuras, Cuadros.
OLAP LTDA.Proyecto de Aguablanca, Control de Inundaciones, Drenaje y Riego. Cali. 1951.
Pérez, C. Técnicas de Muestreo Estadístico. Grupo Editor Alfaomega. México. 2000.
PLEC. Plan Local de Emergencias y Contingencias de Santiago de Cali. 2010.
PNUD, ISDR "Anexo 11 Urbanización, marginalización y pre-figuración de desastres en ciudades "medianas" de países en desarrollo. Estudio de caso, Cali, Colombia. Corporación OSSO septiembre, 2008.
Proyecto de verificación y actualización del estado habitacional de la población del Jarillón río Cauca, zona de contención de afluentes. CMGRD, 2012.
Reyes Sandoval. W. M. Vulnerabilidad a desastres naturales. Determinación de áreas críticas y propuesta de mitigación en la Microcuenca del río Talgua. Catacamas. Honduras. Tesis MSc. CATIE. Turrialba. 133 p. Costa Rica. 2003.
Rodríguez Sanclemente, Doris. Construcción de redes sociales y familiares de poblaciones migrantes económicas y desplazadas: un estudio de caso, en el Jarrillón del Río Cauca, sector Floralia, en la ciudad de Cali. Tesis Maestría en Sociología. Universidad del Valle. 2007. Cali, Colombia (Signatura 7381/0338767)
Salgado MG. Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Copán, Honduras. Tesis MSc. Turrialba, CR, CATIE. 152 p. Costa Rica. 2005.
Secretaría de Vivienda Municipal Social. Consultoría Alianza Fiduciaria Macroproyecto Santiago de Cali. Complemento Estudios de Licuación. 2011.
Soldano, Álvaro. ¿Qué es Susceptibilidad? Comisión Especial de Actividades Espaciales – CONAE y Departamento de Desarrollo Sostenible de la Secretaria General de la Organización de Estados Americanos – OEA. http://www.conae.gov.ar. Argentina. 2009.
US ARMY CORPS OF ENGINEERS. HEC-HMS User's Manual, Version 2010 US Army Corps of Engineers, 2010.
Meyer, Hans. "Un ensayo de evaluación de las amenazas de los riesgos y de los desastres en Colombia." AGID Report 13. Cap. 41. Medellín, Ed. EAFIT. 1990.
Velásquez, A. Estudios históricos de desastres y medidas de prevención en América Latina. OSSO Universidad del Valle, Cali, Informe a ONAD, PNUD. 1990.
Villon. M. 2002. Hidrológica. Serie de ingeniería agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Cartago. CR. 436p.
Wilches Chaux, Gustavo. Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, mecánico y soldador o yo voy a correr el riesgo. Guía de La Red para la Gestión Local del Riesgo. La Red, 2000.
Wilches Chaux, Gustavo. La Vulnerabilidad Global – Documento del Programa: "Herramientas para la Crisis", Desarrollado por el Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Oficina Regional del Cauca, Popayán, Colombia, 1986.
Zapata M, R; Caballeros, R; Mora, S; Jarquin, E; Perfit, J. Un tema del desarrollo: la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres. México, CEPAL – BID. 2000.

Páginas de Internet:

1. www.emcali.com.co
2. http://www.osso.univalle.edu.co
3. www.calisimica.gov.co
4. www.dnpad.gov.co
5. http://www.cvc.gov.co/vsm38cvc/ (Reporte Diario de Niveles del Río Cauca)
6. http://www.ipcc.ch/
7. http://www.cco.gov.co/fnino.htm
8. http://www.wateraid.org/
9. http://www.earthaction.org/es/archive/97-08-cich/background.html
10. http://www.choike.org/nuevo/informes/153.html#El%20verdadero%20impacto%20del%20cambio%20climático
11. http://www.wrm.org.uy/boletin/76/opinion.html
12. http://unfccc.int/portal.espanol/essential.background/feeling.the.heat/items/3299.php
13. http://www.unesco.org.uy/phi/libros/enso/carvajal.html
14. http://paginasweb.univalle.edu.co/~irehisa/proyectos.irehisa.html
15. http://www.eird.org/index-esp.html
16. http://www.ecapra.org/capra.wiki/es.wiki/index.php?title=Portada
17. www.noaa.gov.index.html
18. http://www.enunblog.com/eltasadorpampeano7/10539/DEPRECIACION%3A+Tabla+de+FITTO+y+CORVINIA.html