



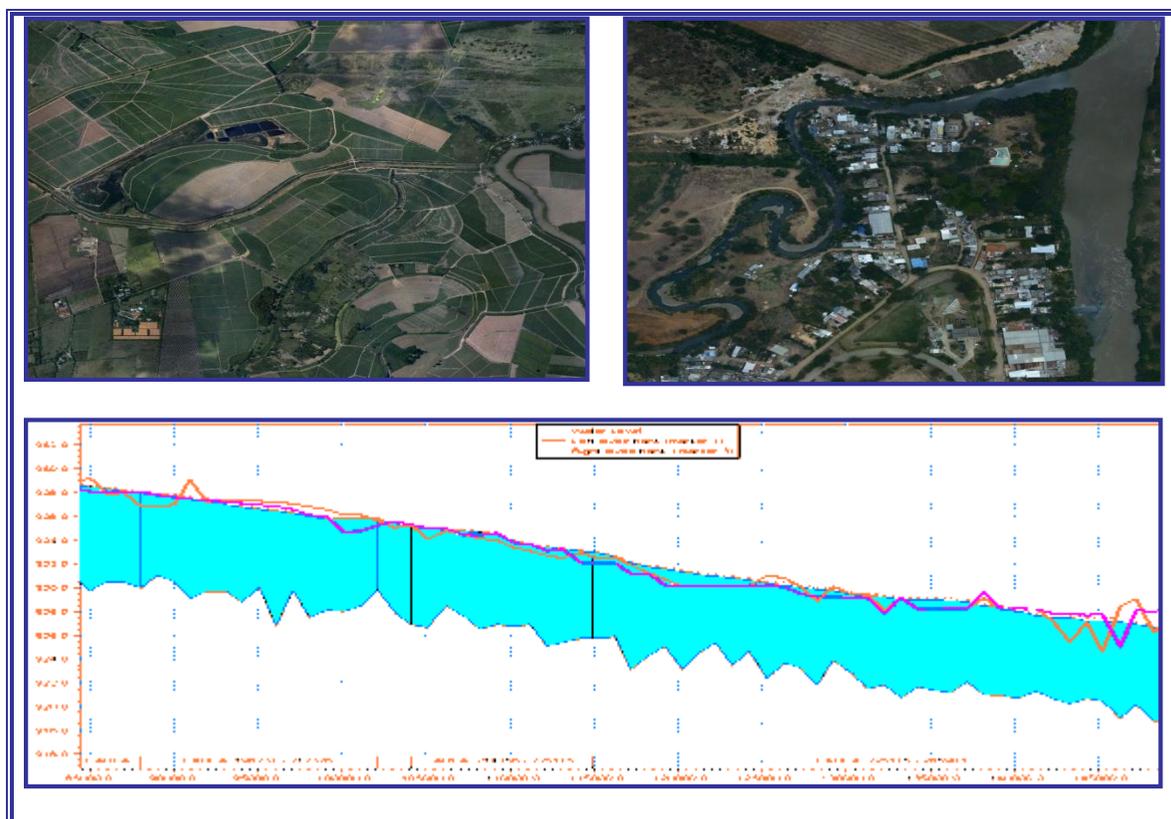
Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente
Hacia una proyección social



Convenio Interadministrativo CVC No.040 de 2014

CVC – UNIVERSIDAD DEL VALLE

“AUNAR ESFUERZOS Y RECURSOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS PARA REALIZAR LOS ESTUDIOS DE RIESGO POR INUNDACIONES, Y LA PROPUESTA DE MITIGACIÓN, PARA LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO PLAN JARILLÓN DE CALI”



Santiago de Cali, Febrero de 2015



Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente
Hacia una proyección social



Convenio Interadministrativo CVC N°.040 de 2014

CVC – UNIVERSIDAD DEL VALLE

**“AUNAR ESFUERZOS Y RECURSOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS PARA
REALIZAR LOS ESTUDIOS DE RIESGO POR INUNDACIONES, Y LA
PROPUESTA DE MITIGACIÓN, PARA LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO
PLAN JARILLÓN DE CALI”**

INFORME FINAL

**MUNICIPIOS DE SANTIAGO DE CALI, PALMIRA, CANDELARIA Y YUMBO
DEL VALLE DEL CAUCA**

Santiago de Cali, Febrero de 2015

PRESENTACIÓN

Es de gran satisfacción para la Universidad del Valle, representada por el Observatorio Sismológico y Geofísico del Sur Occidente Colombiano, presentar este documento que resume de manera global el conjunto de actividades y resultados obtenidos en la realización de los estudios de consultoría del proyecto de “Aunar Esfuerzos y Recursos Técnicos y Económicos para Realizar los Estudios de Riesgo por Inundaciones, y la Propuesta de Mitigación, para las Áreas Vecinas al Proyecto *Plan Jarillón de Cali*” correspondiente al contrato interadministrativo CVC – UNIVALLE N°. 040 de 2014.

El estudio se constituye en un valioso e importante instrumento para el desarrollo de procesos orientados a la planeación del territorio y en lo concreto a los planes que deben seguir las municipalidades para la gestión del riesgo. En los diferentes estudios que lo componen se destacan aspectos históricos, cartográficos, geofísicos e hidráulicos, necesarios para determinar el diagnóstico del estado en que se encuentra el territorio y efectuar los análisis de amenazas, vulnerabilidad y posibles escenarios de afectación, cuyos resultados permiten establecer lineamientos preliminares para la elaboración de los Planes de Emergencias y Contingencias de los Municipios, y por supuesto actualizar los Planes de Ordenamiento Territorial, según lo ordenan las leyes colombianas.

Este proyecto fue ejecutado por el Observatorio Sismológico y Geofísico del Sur Occidente Colombiano de la Universidad del Valle con la gestión y supervisión de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC y financiación del Fondo de Adaptación del Ministerio de Hacienda Nacional la y la auditoría de la firma GIP.

PERSONAL PARTICIPANTE

Para la ejecución del proyecto, la Universidad del Valle seleccionó un grupo de profesionales interdisciplinarios conformado por docentes, contratistas y estudiantes de los últimos años de diferentes programas académicos, quienes integran los distintos grupos de trabajo que han desarrollado las actividades que conforman el proyecto, así:

N°	NOMBRE	PROFESIÓN	CARGO
DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN			
1	ELKIN DE JESÚS SALCEDO HURTADO	Doctor (Ph. D) en Física-Matemáticas	Director
2	KARINA LORENA CASTILLO VIANCHA	Ing. Agrícola	Asistente Administrativa
3	JORGE ANDRES VELEZ CORREA	Magister en Desarrollo Sustentable	Coordinador Técnico
4	JAVIER ENRIQUE THOMAS BOHORQUEZ	Doctor en Geografía	Asesor
GRUPO DE HISTORICIDAD			
5	JORGE ANDRES VELEZ CORREA	Magister en Desarrollo Sustentable	Coordinador
6	NATHALY DE LOS ANGELES MAZO	Geógrafa	Asesora
7	ALBA NIDIA CASTAÑO CASTAÑO	Geógrafa	Profesional
GRUPO DE SIG Y CARTOGRAFÍA			
8	JULIAN ANDRES ESCOBAR ROJAS	Ing. Topográfico	Coordinador
9	JIBER ANTONIO QUINTERO SALAZAR	Especialista en SIG	Asesor
10	DIEGO FERNANDO GONZALEZ GUEVARA	Est.de Geografía	Monitor
11	KAREN LILIANA RANCRUEL GONZALEZ	Est. de Ing. Topográfica	Monitora
GRUPO DE AMENAZA			
12	CARLOS ALBERTO RAMÍREZ CALLEJAS	Ingeniero Hidráulico	Coordinador
13	EFRAÍN ALBERTO JIMÉNEZ RÍOS	Ingeniero Sanitario	Profesional
14	DANIELA MUÑOZ OSORIO	Est.de Ingeniera Agrícola	Monitora
GRUPO DE VULNERABILIDAD Y RIESGO			
15	ELKIN DE JESUS SALCEDO HURTADO	Doctor (Ph. D) en Física-Matemáticas	Coordinador
16	JORGE ANDRES VELEZ CORREA	Magister en Desarrollo Sustentable	Vulnerabilidad
17	ALBA NIDIA CASTAÑO CASTAÑO	Geógrafa	Vulnerabilidad
18	KARINA LORENA CASTILLO VIANCHA	Ingeniera Agrícola	Vulnerabilidad
19	DANIELA LUGO GALLEGO	Est. de Geografía	Monitora
20	JESSICA CAROLINA GUERRERO MONTOYA	Est de Sociología	Monitora
21	JOSE ANDRES MARINEZ CASTILLO	Est. de Geografía	Monitor
22	KAREN ANDREA SÁNCHEZ ESTUPIÑAN	Est. de Geografía	Monitora
23	LUIS ANDEIMER RAMIREZ CALDON	Est. de Geografía	Monitor
24	LUIS FELIPE GAITAN IDARRAGA	Est. de Geografía	Monitor
25	VIVIANA CELEM GUEVARA RIVERA	Est. de Geografía	Monitora
26	YELY CEIDY CASTILLO GONZALEZ	Est. de Geografía	Monitora
27	LIZETH FERNANDA ORTEGA ESCOBAR	Est.de Ing. Civil	Monitora
28	LUIS ALBERTO MACHADO CAPAZ	Est.de Ing. Civil	Monitor
29	DIEGO ALEJANDRO TORRES RAMIREZ	Est.de Ing. Civil	Monitor
30	CAROLINA ASTAIZA ARTEAGA	Est. de Ciencias Sociales	Monitora
GRUPO DE ESTUDIOS SOCIO-ECONÓMICOS			
31	IDADI ALEXANDRA PEDRAZA CIFUENTES	Economista	Analista Económica
32	ILIANA HERNANDEZ MENESES	Estadística	Analista Estadística
33	JORGE LUIS MEDINA HERRADA	Estadístico	Asesor
GRUPO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN.			
34	RUBEN DARIO ARANGO LONDOÑO	Ingeniero Civil, Msc	Profesional
35	JORGE ANDRES VELEZ CORREA	Magister en Desarrollo Sustentable	Profesional
36	ALBA NIDIA CASTAÑO CASTAÑO	Geógrafa	Profesional

Debe destacarse la colaboración de los profesionales y técnicos de la CVC quienes suministraron información para el desarrollo de este estudio.

El Comité de Seguimiento de CVC estuvo integrado principalmente por:

Ing. María Clemencia Sandoval García

Coordinadora General

Ing. Rodrigo Mercado

Interventor CVC

Ing. Andrés Acevedo

Asesor

TABLA DE CONTENIDO

	PÁG
INTRODUCCIÓN GENERAL	20
OBJETIVOS DEL PROYECTO	22
GENERA	22
ESPECÍFICOS	22
1. MARCO TEORICO	27
1.1. CONCEPTUALIZACIÓN SOBRE AMENAZA	27
1.1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS AMENAZAS NATURALES	28
1.1.1.1. AMENAZAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS.	29
1.1.1.2. AMENAZAS HIDROLÓGICAS	29
1.2. EL CONCEPTO DE VULNERABILIDAD	31
1.3. EL CONCEPTO DE RIESGO.....	33
2. DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO.	36
2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	36
2.2. MARCO CLIMÁTICO	37
2.3. SISTEMA HIDROGRÁFICO.....	37
3. DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO	40
3.1. PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL-POT-	40
3.1.1. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL –POT- DE SANTIAGO DE CALI ACUERDO 0373 DE 2014	40
3.1.1.1. SUBCAPÍTULO I ZONAS SUJETAS A AMENAZA Y RIESGOS. SECCIÓN I. SUELO DE PROTECCIÓN POR AMENAZA Y RIESGOS NO MITIGABLES	41
3.1.2. PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL: PBOT MUNICIPIO DE CANDELARIA. ACUERDO 015 DICIEMBRE 29 DE 2005.....	43
3.1.2.1. FORMULACIÓN	43
3.1.2.2. DIAGNÓSTICO DE LAS AMENAZAS NATURALES Y SUS CONSECUENTES RIESGOS EN EL MUNICIPIO.	45
3.1.3. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE PALMIRA. ACUERDO 028 DE FEBRERO DE 2014.	46
3.1.3.1. OCUPACIÓN HISTÓRICA DEL TERRITORIO.	46
3.1.3.2. ACUERDO N°. 66 DE JUNIO DE 1994:PLAN DE ORDENAMIENTO FÍSICO ESPACIAL DE LA DOLORES, CAUCASECO Y JUANCHITO.....	46
3.1.3.3. ACUERDO 162 DE NOVIEMBRE 5 DE 1997:.....	47
3.1.3.4. ACUERDO 013 DE ABRIL 17 DE 1998:.....	47
3.1.4. DECRETO 272 DEL 2012: PLAN MUNICIPAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES DEL MUNICIPIO DE PALMIRA	48

3.1.5.	PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE YUMBO. ACUERDO 0028 DE SEPTIEMBRE DE 2001.	49
3.2.	ESTUDIOS E INFORMES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	50
3.2.1.	ESTUDIO Y DISEÑO DE LAS OBRAS PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES CAUSADAS POR LOS DESBORDAMIENTOS DEL RÍO CAUCA Y SUS TRIBUTARIOS EN LA ZONA RÍO DESBARATADO - PASO DEL COMERCIO. CONTRATO CVC N°. 0048 DE 2000. HIDROCCIDENTE.	50
3.2.2.	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL Y LOS DAÑOS OCASIONADOS POR LA OLA INVERNAL 2010 A LA INFRAESTRUCTURA DE LAS OBRAS DE CONTROL DE INUNDACIONES MARGINALES AL RIO CAUCA Y SUS TRIBUTARIOS EN LA ZONA PLANA DEL VALLE DEL CAUCA. CONTRATO CVC N°. 241 DE 2010. FUNDACIÓN PACIFICO VERDE	53
3.2.2.1.	ZONA CANAL INTERCEPTOR CVC SUR Y RÍO CAUCA.	53
3.2.2.2.	ZONA DOMINGO LARGO	54
3.2.2.3.	ZONA DE PASO DEL COMERCIO Y PUERTO ISAACS	55
3.2.2.4.	MARGEN IZQUIERDA DE LOS RÍOS CALI, ARROYOHONDO Y CAUCA Y DERECHA DEL RÍO ARROYOHONDO ENTRE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO CALI Y PUERTO ISAACS	55
3.3.	INFORMES TÉCNICOS DE INUNDACIONES Y OBRAS	55
3.3.1.	SUBDIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL, CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, CVC.	55
3.3.1.1.	CONCEPTO TÉCNICO No. SGA.GI-001-98. TRATAMIENTO DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CAUCA-JUANCHITO EMPRESA GRANITOS Y MARMOLINA, ENERO 26 DE 1998. GRUPO DE INFRAESTRUCTURA.	55
3.3.1.2.	CONCEPTO TÉCNICO No. SGA.GI-002-98. OBRA DE ENTREGA AL RÍO CAUCA- DRENAJE AGRÍCOLA HACIENDA LA AMALIA, FEBRERO 8 A 20 DE 1998. GRUPO DE INFRAESTRUCTURA	56
3.3.1.3.	CONCEPTO TÉCNICO SOBRE EVALUACIÓN DE LA INUNDACIÓN EN LA URBANIZACIÓN “CIUDAD DEL CAMPO”, MARZO 26 DE 1999. GRUPO DE INFRAESTRUCTURA.	56
3.3.1.4.	INFORME N° SGA.I.017.99. EVALUACIÓN DE LA INUNDACIÓN EN LA URBANIZACIÓN “CIUDAD DEL CAMPO”, FECHA DE VISITA 12 A 25 DE MARZO DE 1999. GRUPO DE INFRAESTRUCTURA.	57
3.3.1.5.	MEMORANDO DRC.CT.160.99 COMENTARIOS OFICIO AM -0943 DE JUNIO 10/99 ENVIADO POR EL DR. JOSÉ ANTONIO CALLE, ALCALDE MUNICIPAL PALMIRA.....	58
3.3.1.6.	MEMORANDO SGA-I-3086 EN RESPUESTA AL MEMORANDO SPA J 1029. CONSTRUCCIÓN DE DIQUE, PROYECTO “COMPARTIR ARBOLEDA CAMPESTRE”. NOVIEMBRE 14 DE 2000. GRUPO DE INFRAESTRUCTURA.	59
3.3.1.7.	CONCEPTO TÉCNICO DE POSIBILIDADES DE INUNDACIÓN EN NUEVE PREDIOS. SGA-I-2791-00, NOVIEMBRE 16 DE 2000. GRUPO DE INFRAESTRUCTURA.	59
3.3.1.8.	INFORME TÉCNICO 1130-09-028-086-529-2001, SOBRE LA EVALUACIÓN DEL DIQUE EXISTENTE, MARGEN DERECHA RÍO CAUCA, SECTOR VEREDA LOS PILES, CORREGIMIENTO DE JUANCHITO, MUNICIPIO DE PALMIRA. DICIEMBRE 28 DE 2001. GRUPO DE INFRAESTRUCTURA.	60

4.	HISTORICIDAD	62
4.1.	METODOLOGÍA	62
4.2.	RELACIÓN DE FUENTES Y DOCUMENTOS CONSULTADOS.....	63
4.2.1.	HEMEROGRÁFICAS	63
4.3.	ASPECTOS RELEVANTES DE LAS INUNDACIONES EN LA ZONA DE ESTUDIO	78
5.	SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	83
5.1.	RECOPIACIÓN, ANÁLISIS, CLASIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	83
5.2.	GENERACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA.....	85
5.2.1.	MAPA BÁSICO	85
5.2.2.	DIGITALIZACIÓN DE LOS PREDIOS A PARTIR DEL GEOPORTAL DEL IGAC.....	85
5.2.4.	MAPA DE INUNDACIONES.....	87
5.2.4.1.	CONSTRUCCIÓN DE LAS SUPERFICIES DE AGUA A PARTIR DE LOS RESULTADOS DEL MODELO MATEMÁTICO MIKE 11 PARA EL PERIODO DE RETORNO EVALUADO (100 AÑOS).	87
5.2.4.2.	DELINEACIÓN DE LA LLANURA ALUVIAL DEL RÍO CAUCA	89
5.2.4.3.	CONSTRUCCIÓN DEL MAPA DE INUNDACIÓN PARA EL PERIODO DE RETORNO EVALUADO, TR100.....	91
5.2.4.4.	CONSTRUCCIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA DE INUNDACIÓN PARA EL PERIODO DE RETORNO EVALUADO TR100.	92
5.2.4.5.	MAPA DE HISTORICIDAD.....	93
5.3.	GENERACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA TEMÁTICA.....	94
6.	ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	96
6.2.	CARACTERIZACIÓN DEL RIO CAUCA	97
6.2.1.	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	103
6.3.	IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO	105
6.3.1.	REVISIÓN Y AJUSTE DEL MODELO MATEMÁTICO BÁSICO DEL RÍO CAUCA.....	105
6.3.1.1.	RED DE MODELACIÓN	106
6.3.1.2.	RÍO CAUCA	106
6.3.1.3.	RÍOS TRIBUTARIOS.....	106
6.3.1.4.	LLANURA DE INUNDACIÓN – HUMEDALES.....	106
6.3.1.5.	FRONTERAS DEL MODELO	112
6.3.1.6.	MALLA COMPUTACIONAL	115
6.3.1.7.	PARÁMETROS DE CALIBRACIÓN	115
6.4.	DETERMINACIÓN DE NIVELES DE AGUA EN LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR EN LA CIUDAD DE CALI	117
6.4.1.	DETERMINACIÓN DE NIVELES DE AGUA EN EL RÍO CAUCA.....	117
6.5.	NIVELES DE AGUA EN EL CANAL INTERCEPTOR SUR.....	129
6.6.	NIVELES DE AGUA EN EL RÍO CALI	132

6.7.	ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR INUNDACIONES CAUSADAS POR EL POSIBLE DESBORDAMIENTO DEL RIO CAUCA, CANAL SUR Y RIO CALI EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO PLAN JARILLÓN CALI.....	135
6.7.1.	METODOLOGÍA PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR INUNDACIONES CAUSADAS POR EL DESBORDAMIENTO DE RÍOS Y CANALES	137
6.7.1.1.	SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	137
6.7.1.2.	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	137
6.7.1.3.	ESTUDIO HIDROLÓGICO.....	138
6.7.1.4.	ESTUDIO HIDRÁULICO	139
6.7.1.5.	ESTUDIO HIDRÁULICO BÁSICO	139
6.7.1.6.	SELECCIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO	140
6.7.1.7.	MODELACIÓN HIDRÁULICA	141
6.7.1.8.	ESQUEMATIZACIÓN.....	141
6.7.1.9.	IMPLEMENTACIÓN O CONSTRUCCIÓN DEL MODELO	142
6.7.1.10.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	142
6.7.1.11.	CALIBRACIÓN DEL MODELO	143
6.7.1.12.	VERIFICACIÓN DEL MODELO	144
6.7.1.13.	APLICACIONES DEL MODELO.....	144
6.7.1.14.	ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE INUNDACIONES	144
6.7.1.15.	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL MÉTODO DE CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIONES.....	145
6.7.1.16.	ELABORACIÓN DE LOS MAPAS DE AMENAZA POR INUNDACIONES.....	145
6.7.1.17.	MAPA GENERAL O GLOBAL DE AMENAZA POR INUNDACIONES	146
6.7.1.18.	MÉTODO DE CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIONES	146
6.7.1.19.	METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIONES	149
6.7.1.20.	METODOLOGÍA DE CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA POR INUNDACIONES ADOPTADA EN EL PRESENTE ESTUDIO.....	152
6.8.	MAPA DE INUNDACIONES EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO PLAN JARILLÓN DE CALI PARA UNA CRECIENTE CON UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR.....	153
6.9.	MAPA DE AMENAZA POR INUNDACIONES EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO PLAN JARILLÓN DE CALI PARA UNA CRECIENTE CON UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR.....	155
7.	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN	160
7.1.	USO ACTUAL DEL SUELO	161
7.1.1.	CARACTERIZACIÓN DEL USO DEL SUELO EN LA ZONA DE ESTUDIO	162
7.2.	METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN.....	170
7.2.1.	VULNERABILIDAD CORPORAL	174

7.2.1.1.	EXPOSICIÓN CORPORAL	174
7.2.2.	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL.....	177
7.2.2.1.	EXPOSICIÓN ESTRUCTURAL	177
7.3.	SELECCIÓN DE LA MUESTRA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	187
7.3.1.	MUESTREO ESTRATIFICADO.....	187
7.3.1.1.	PROCEDIMIENTO PARA SELECCIONAR UNA MAE.....	188
7.3.1.2.	ASIGNACIÓN Ó AFIJACIÓN DE LA MUESTRA	188
7.3.1.3.	ASIGNACIÓN DE MÍNIMA VARIANZA (NEYMAN)	188
7.3.2.	METODOLOGÍA.....	190
7.3.3.	RESULTADOS.....	192
7.3.3.1.	NOTACIÓN:.....	193
7.3.3.2.	PARÁMETROS:.....	193
7.3.4.	MUESTREO MUNICIPIO DE YUMBO	194
7.3.5.	MUESTREO MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI	194
7.3.6.	MUESTREO MUNICIPIO DE CANDELARIA	195
7.3.7.	MUESTREO MUNICIPIO DE PALMIRA	196
7.4.	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	196
7.4.1.	EVALUACIÓN DEL GRADO DE EXPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y CORPORALES.....	198
7.4.1.1.	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD CORPORAL	198
7.4.1.2.	EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	207
7.4.1.3.	MAPA DE VULNERABILIDAD TOTAL	216
7.4.1.4.	MAPA DE AFECTACIÓN TOTAL POR INUNDACIÓN	219
7.4.1.5.	MAPA DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE	222
7.5.	CALCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONOMICAS.....	227
7.6.	ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE LAS POSIBLES PÉRDIDAS POR INUNDACIONES EN EL ÁREA VECINAL AL JARILLÓN AGUABLANCA.	228
7.6.1.	DAÑO EN LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL	228
7.6.2.	DAÑO EN VIVIENDAS:.....	228
7.6.2.1.	TIPIFICACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y EL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS.....	229
7.6.2.2.	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DEL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS.....	230
7.6.2.3.	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE LA ESTRUCTURA DE LA VIVIENDA.....	231
7.6.2.4.	ESTIMACIÓN DEL PORCENTAJE DE DAÑO DE LAS VIVIENDAS DE ACUERDO A LA PROFUNDIDAD DE LA INUNDACIÓN.	232
7.6.2.5.	COSTO TOTAL POR EL DAÑO EN VIVIENDAS	232
7.6.3.	DAÑO EN ESCUELAS	233
7.6.3.1.	DAÑO EN LA ESTRUCTURA DE LAS ESCUELAS	233
7.6.3.2.	DAÑO EN EL CONTENIDO DE LAS ESCUELAS	234
7.6.3.3.	COSTO TOTAL POR EL DAÑO EN ESCUELAS.....	235
7.6.5.	COSTO TOTAL DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL.....	236
7.7.	PÉRDIDAS ECONÓMICAS	236
7.7.1.	PÉRDIDA DE CULTIVOS:.....	236

7.7.2.	DAÑOS EN ZONA INDUSTRIAL	237
7.8.	AFECTACIONES EN SALUD: DENGUE.....	237
7.9.	ASISTENCIA DEL GOBIERNO A DAMNIFICADOS	238
7.10.	COSTOS AMBIENTALES	239
7.11.	COSTOS TOTALES GENERADOS POR LAS INUNDACIONES.....	241
8.	PREDISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES.	244
8.1.	MEDIDAS ESTRUCTURALES PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN.....	244
8.1.1.	DETERMINACIÓN DE LA GEOMETRÍA DEL DIQUE.....	244
8.1.1.1.	ALTURA DEL CUERPO DEL DIQUE.....	245
8.1.1.2.	ANCHOS DE CORONA Y SUPERFICIE DE RODAMIENTO	245
8.1.1.3.	PENDIENTES DE LOS TALUDES.....	245
8.1.2.	LOCALIZACIÓN EN PLANTA DEL EJE DE LOS DIQUES	246
8.1.2.1.	CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN DE LOS DIQUES.....	246
8.1.3.	BORDE LIBRE.....	246
8.1.4.	ESPECIFICACIONES Y RECOMENDACIONES:	247
8.1.4.1.	MATERIALES A UTILIZAR PARA CONFORMAR EL CUERPO DE LOS DIQUES	247
8.1.4.2.	CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO:.....	249
8.1.5.	ASPECTOS IMPORTANTES SOBRE EL TEMA DE LOS TERRAPLENES DE PROTECCIÓN	249
8.1.6.	ASPECTOS IMPORTANTES EN LA ESTABILIDAD DE MÁRGENES DE UN RÍO	250
8.1.7.	PRESUPUESTOS DE OBRA A NIVEL DE PREDISEÑO	251
8.1.7.1.	ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU)	251
8.1.7.2.	PRESUPUESTOS DE REFERENCIA	256
8.2.	MEDIDAS NO ESTRUCTURALES PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN.....	264
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	268
	BILIOGRAFÍA	275
	ANEXOS.....	286
A.1	HISTORICIDAD.....	286
A.1.1.	FICHA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE INUNDACIONES HISTÓRICAS	286
A.2.	ZONIFICACIÓN DE AMENAZA	287
A.2.1.	MAPA PLIEGO DE INUNDACIONES EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO PLAN JARILLÓN DE CALI PARA UNA CRECIENTE CON UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR.	287
A.2.2.	MAPA PLIEGO DE AMENAZA DE INUNDACIONES EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO PLAN JARILLON DE CALI PARA UNA CRECIENTE CON UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR.....	287
A.3.	VULNERABILIDAD.....	288

A.3.1. FORMULARIO DE ENCUESTA	288
A.3.2. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES E INDICADORES UTILIZADOS EN LA ENCUESTA PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	293
A.3.3. INFORME DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y AFECTACIÓN CORPORAL DE LAS ÁREAS VECINAS DEL PROYECTO PLAN JARILLÓN DE CALI	298
A.3.4. INFORME DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y AFECTACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS ÁREAS VECINAS DEL PROYECTO PLAN JARILLÓN DE CALI.....	304
A.3.5. EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE ENERGIA, ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO	312
A.3.6. INFORME PUENTES SOBRE EL RIO CAUCA.....	315
A.3.7. RESULTADOS DE LA ENCUESTA.....	318
A.3.8. MUESTRA DE ALMACENES PARA LA DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE PUPITRES, MESAS Y SILLAS POR SEDE EDUCATIVA. PRECIOS DE 2013.....	337
A.3.9. RESISTENCIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR A PERÍODOS DE ENCHARCAMIENTO .	337
A.4 MAPAS PLIEGOS VULNERABILIDAD Y AFECTACIÓN	339
A.5. PREDISEÑOS DE LOS DIQUE DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CAUCA, MARGEN DERACHA DEL CANAL INTERCEPTOR SUR Y MARGEN IZQUIERDA DEL RIO CALI.....	339

LISTA DE TABLAS

	PÁG
TABLA 1.1. TIPIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES AMENAZAS NATURALES Y LOS DATOS BÁSICOS REQUERIDOS PARA SU ESTUDIO.	31
TABLA 4. 1. REGISTRO DE EVENTOS DE INUNDACIONES ASOCIADO AL DESBORDAMIENTO DEL RÍO CAUCA EN LOS MUNICIPIOS DE CANDELARIA, PALMIRA, SANTIAGO DE CALI Y YUMBO EN EL PERIODO DE 1949 HASTA EL 2014.	64
TABLA 4. 2. ÁREAS INUNDADAS EN DIVERSOS EVENTOS (CVC, 2007 Y 2011)	79
TABLA 5. 1. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA LIDAR CVC	83
TABLA 5. 2. INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA BÁSICA CVC	84
TABLA 5. 3. NIVEL DE AMENAZA	92
TABLA 6. 1. CUENCAS HIDROGRÁFICAS TRIBUTARIAS DEL RÍO CAUCA	97
TABLA 6. 2. SUBCUENCAS TRIBUTARIAS AL RÍO CAUCA EN LOS DEPARTAMENTOS DEL CAUCA Y VALLE DEL CAUCA.....	99
TABLA 6. 3. APORTES DE LOS AFLUENTES AL MÁXIMO DE LAS CRECIENTES HISTÓRICAS EN ESTACIÓN JUANCHITO	100
TABLA 6. 4. APORTES DE AFLUENTES AL PROMEDIO DE LAS CRECIENTES HISTÓRICAS EN ESTACIÓN JUANCHITO	100
TABLA 6. 5. APORTE PORCENTUAL DE LOS DIFERENTES AFLUENTES AL MÁXIMO DE LAS CRECIENTES HISTÓRICAS EN LA ESTACIÓN JUANCHITO.....	101
TABLA 6. 6. APORTES PORCENTUAL DE LOS DIFERENTES AFLUENTES AL PROMEDIO DE LA CRECIENTES HISTÓRICAS EN LA ESTACIÓN JUANCHITO.....	101
TABLA 6. 7. FRONTERAS DEFINIDAS EN LA MODELACIÓN TRAMO LA Balsa – LA VIRGINIA.	108
TABLA 6. 8. LONGITUD Y NÚMERO DE SECCIONES TRANSVERSALES UTILIZADAS EN LOS RÍOS TRIBUTARIOS ESQUEMATIZADOS COMO BRAZOS LATERALES.	111
TABLA 6. 9. CAUDALES MÁXIMOS ESTIMADOS PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LOS TRIBUTARIOS DEL RÍO CAUCA.	114
TABLA 6.10. FACTORES DE RUGOSIDAD DE MANNING – STRICKLER (m ¹ /3/s) DEL RÍO CAUCA DEFINIDAS DURANTE LA CALIBRACIÓN DEL MODELO HIDRODINÁMICO.....	116
TABLA 6.11. NIVELES DE INTERFACE DEFINIDOS DEL RÍO CAUCA DURANTE LA CALIBRACIÓN DEL MODELO HIDRODINÁMICO.	116
TABLA 6.12. CAUDALES MÁXIMOS ESTIMADOS PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE AJUSTE EN LA ESTACIÓN LA Balsa SEGÚN LAS DISTRIBUCIONES DE GUMBEL, LOGNORMAL Y LOG-PEARSON III.	118
TABLA 6.13. CAUDALES MÁXIMOS ESTIMADOS PARA UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS Y RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE AJUSTE EN LA ESTACIÓN JUANCHITO SEGÚN LAS DISTRIBUCIONES DE GUMBEL, LOGNORMAL Y LOGPEARSON III.....	119
TABLA 6.14. CAUDALES MÁXIMOS ESTIMADOS PARA PERIODO DE RETORNO DE TR=100 AÑOS EN LAS ESTACIONES HIDROMÉTRICAS DEL RIO CAUCA.....	119
TABLA 6.15. NIVELES DE AGUA Y CAUDALES CALCULADOS MEDIANTE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA DEL RÍO CAUCA EN EL TRAMO CANAL INTERCEPTOR –RÍO CALI PARA UNA CRECIENTE CON PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS	120

TABLA 6.16. CLASIFICACIÓN DE LA MAGNITUD O INTENSIDAD DE LA INUNDACIÓN SEGÚN LA PROFUNDIDAD DE AGUA, LA VELOCIDAD DEL FLUJO Y/O EL CAUDAL UNITARIO EN LAS ZONAS INUNDADAS.....	147
TABLA 6.17. CLASIFICACIÓN DE LA FRECUENCIA DE LA INUNDACIÓN SEGÚN EL PERÍODO DE RETORNO DE LA CRECIENTE EN EL RÍO	147
TABLA 6.18. METODOLOGÍA 1 PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA SEGÚN LA MAGNITUD DE LA INUNDACIÓN	150
TABLA 6.19. METODOLOGÍA 2 PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA SEGÚN LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DEL EVENTO DE INUNDACIÓN	151
TABLA 6.20. METODOLOGÍA 3 PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA SEGÚN LA MAGNITUD Y LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LA INUNDACIÓN	152
TABLA 6.21. METODOLOGÍA 4 PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA SEGÚN LA MAGNITUD Y LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LA INUNDACIÓN	152
TABLA 6.22. METODOLOGÍA 5 PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA SEGÚN LA MAGNITUD Y LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE LA INUNDACIÓN	152
TABLA 6.23. CLASIFICACIÓN DE LA MAGNITUD DE LA INUNDACIÓN SEGÚN LA PROFUNDIDAD DE AGUA EN EL ÁREA AFECTADA POR EL DESBORDAMIENTO DE LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR.....	153
TABLA 6.24. EXTENSIONES DE LAS ÁREAS AMENAZADAS POR INUNDACIONES EN LOS MUNICIPIOS DE CALI, CANDELARIA, PALMIRA Y YUMBO.....	157
TABLA 6.25. PORCENTAJES DE ÁREAS AMENAZADAS POR INUNDACIONES EN LOS MUNICIPIOS DE CALI, CANDELARIA, PALMIRA Y YUMBO.....	157
TABLA 7. 1. CLASIFICACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOS USOS DEL SUELO ACTUAL DE LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO <i>PLAN JARILLON DE CALI</i>	168
TABLA 7. 2. ASIGNACIÓN DE IMPORTANCIAS RELATIVAS ENTRE VARIABLES	173
TABLA 7. 3. PONDERACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	173
TABLA 7. 4. PONDERACIÓN DE LA FRAGILIDAD CORPORAL.....	180
TABLA 7. 5. PONDERACIÓN DE LA CAPACIDAD CORPORAL	182
TABLA 7. 6. PONDERACIÓN DE LA FRAGILIDAD ESTRUCTURAL	183
TABLA 7. 7. PONDERACIÓN DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL	184
TABLA 7. 8. ESCALA NUMÉRICA - GRADOS LA VULNERABILIDAD	185
TABLA 7. 9. ÍNDICES DE RIESGO	185
TABLA 7.10. MODO DE DAÑO O AFECTACIÓN POR FENÓMENOS DE INUNDACIONES.....	186
TABLA 7.11. RELACIÓN ENTRE MODO DE DAÑO Y DENSIDAD DE POBLACIÓN.....	186
TABLA 7.12. CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DEL MUNICIPIO DE YUMBO.....	194
TABLA 7.13. CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.....	194
TABLA 7.14. CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DEL MUNICIPIO DE CANDELARIA.	195
TABLA 7.15. CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DEL MUNICIPIO DE PALMIRA.....	196
TABLA 7.16. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS ÁREAS DE AFECTACIÓN ALTO MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR USO DEL SUELO.....	223
TABLA 7.17. VALOR DEL CONTENIDO DE LAS VIVIENDAS.....	231
TABLA 7.18. ÁREA Y PRECIO DE UNA VIVIENDA TIPO.....	232
TABLA 7.19. PORCENTAJES DE DAÑO PARA EL CONTENIDO Y LA ESTRUCTURA DE UNA VIVIENDA, SEGÚN EL TIRANTE DE AGUA	232
TABLA 7.20. COSTO TOTAL DE LAS VIVIENDAS AFECTADAS POR INUNDACIONES.	233
TABLA 7.21. COSTO TOTAL DE LA ESTRUCTURA DE LAS SEDES EDUCATIVAS. PRECIOS DE 2014..	234

TABLA 7.22. COSTO TOTAL DEL CONTENIDO DE LAS SEDES EDUCATIVAS. PRECIOS DE 2014.....	235
TABLA 7.23. COSTO TOTAL POR LAS ESCUELAS AFECTADAS CON LA INUNDACIÓN.....	235
TABLA 7.24. COSTOS TOTALES DE LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL AFECTADA POR INUNDACIONES	236
TABLA 7.25. INGRESOS PERDIDOS POR USOS DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO	237
TABLA 7.26. COSTO TOTAL POR PERSONAS CONTAGIADAS CON DENGUE Y DENGUE GRAVE EN EL ÁREA DE ESTUDIO	238
TABLA 7.27. GASTO DEL GOBIERNO EN MITIGACIÓN DE EMERGENCIAS DE LA ZONA DE ESTUDIO	239
TABLA 7.28. COSTOS TOTALES POR INUNDACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	242
TABLA 8. 1. MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DIQUES.....	248
TABLA 8. 2. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS ITEMS 1.1 Y 2.2.....	252
TABLA 8. 3. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS ITEMS 1.3 Y 2.1.....	253
TABLA 8. 4. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS ITEMS 2.3 Y 2.4.....	254
TABLA 8. 5. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS ITEMS 3.1 Y 3.2.....	255
TABLA 8. 6. PRESUPUESTO DE REFERENCIA - DIQUE DE H = 2,5 MTS / L = 1000 MTS.	256
TABLA 8. 7. PRESUPUESTO DE REFERENCIA - DIQUE DE H = 3,5 MTS / L = 1000 MTS.....	257
TABLA 8. 8. PRESUPUESTO DE REFERENCIA - DIQUE DE H = 4,5 MTS / L = 1000 MTS.	258
TABLA 8. 9. DIQUE MARGEN DERECHA RÍO CAUCA - SECTOR CANDELARIA	259
TABLA 8.10. DIQUE MARGEN DERECHA RÍO CAUCA – SECTOR PALMIRA.....	260
TABLA 8.11. DIQUE MARGEN IZQUIERDA RIO CALI.....	261
TABLA 8.12. DIQUE MARGEN DERECHA DEL CANAL INTERCEPTOR SUR	262

LISTA DE FIGURAS

	Pág
FIGURA 1.1. FLUJOGRAMA DE INSUMOS Y ACTIVIDADES DEL PROYECTO	23
FIGURA 1.2. ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL PROYECTO	24
FIGURA 1.3. CONFIGURACIÓN DE LA AMENAZA NATURAL, COMO LA OCURRENCIA DE EVENTO NATURAL Y LA POSIBILIDAD DE AFECTACIÓN DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS ACTUALES O POTENCIALES	28
FIGURA 1.4. ESTRUCTURA SISTÉMICA DE LA VULNERABILIDAD.....	32
FIGURA 5.1. MODELO CARTOGRÁFICO PARA GENERAR EL MAPA BÁSICO.	85
FIGURA 5.2. MAPA PREDIAL FINAL.....	86
FIGURA 5.3. MAPA USOS DEL SUELO.....	86
FIGURA 5.4. NIVELES DE CAUDAL EN UNA SECCIÓN TRANSVERSAL SEGÚN PERIODO DE RETORNO, RESULTADO DEL MIKE11	87
FIGURA 5.5. TIN (REDES IRREGULARES DE TRIÁNGULOS).....	88
FIGURA 5.6. INUNDACIONES	88
FIGURA 5.7. PERIODO DE RETORNO MODELADO	89
FIGURA 5.8. RESULTADO.....	89
FIGURA 5.9. EN AZUL, LLANURA ALUVIAL TR100.....	90
FIGURA 5.10. SELECCIÓN ESPACIAL	91
FIGURA 5.11. DERECHA, A) RASTER CLASIFICADO. B) IZQUIERDA, VALORES CLASIFICADOS	91
FIGURA 5.12. MAPA DE INUNDACIÓN.	92
FIGURA 5.13. MAPA DE AMENAZA DE INUNDACIÓN	93
FIGURA 5.14. MAPA DE HISTORICIDAD.....	93
FIGURA 5.15. MODELO CARTOGRÁFICO PARA GENERAR EL MAPA BÁSICO	94
FIGURA 6.1. PERFIL GENERAL DE LA CUENCA DEL RÍO CAUCA.....	98
FIGURA 6.2. APORTES PROMEDIO DE CAUDAL DE LOS TRIBUTARIOS Y AFLUENTE (RÍO CAUCA) AL MÁXIMO Y AL PROMEDIO DE LAS CRECIENTES HISTÓRICAS EN LA ESTACIÓN JUANCHITO	102
FIGURA 6.3. CUENCA DEL VALLE ALTO DEL RÍO CAUCA	104
FIGURA 6.4. ESQUEMATIZACIÓN DEL SISTEMA RÍO CAUCA – TRIBUTARIOS – PLANICIE – HUMEDALES	107
FIGURA 6.5. CONDICIÓN HIDRODINÁMICA EN LA FRONTERA AGUAS ARRIBA SERIE DE CAUDALES ESTACIÓN: LA Balsa. PERIODO: OCTUBRE 1998 - MARZO 1999	113
FIGURA 6.6. CONDICIÓN HIDRODINÁMICA EN LA FRONTERA AGUAS ABAJO CURVA DE CALIBRACIÓN NIVEL CAUDAL ESTACIÓN: LA VIRGINIA PERIODO: OCTUBRE 1998 – MARZO 1999	115
FIGURA 6.7. ZONAS Y NIVELES DE INTERFACE EN UNA SECCIÓN TÍPICA DEL RÍO CAUCA	116
FIGURA 6.8. CURVA DE CALIBRACIÓN NIVEL-CAUDAL EN LA ESTACIÓN JUANCHITO	119
FIGURA 6.9. NIVELES DE AGUA EN EL RÍO CAUCA CALCULADOS MEDIANTE MODELACIÓN MATEMÁTICA TRAMO LA Balsa – LA VIRGINIA CRECIENTE CON UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS.	126

FIGURA 6.10.	NIVELES DE AGUA CALCULADOS MEDIANTE LA SIMULACIÓN NUMÉRICA EN EL RÍO CAUCA EN EL TRAMO CANAL INTERCEPTOR SUR - RÍO CALI PARA UNA CRECIENTE CON UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS.....	127
FIGURA 6.11.	ALTURA DE DIQUE REQUERIDO A 60 M DE LA BANCA DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CAUCA PARA UNA CRECIENTE CON UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN EL TRAMO CANAL INTERCEPTOR SUR – RÍO CALI.....	128
FIGURA 6.12.	NIVELES DE AGUA EN EL CANAL INTERCEPTOR SUR EN EL TRAMO ENTRE LA CALLE 25 Y LA DESEMBOCADURA EN EL RÍO CAUCA PARA UNA CRECIENTE CON UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS	130
FIGURA 6.13.	ALTURA DE DIQUE REQUERIDO A 30 M DE LA BANCA DE LA MARGEN DERECHA DEL CANAL INTERCEPTOR SUR PARA UNA CRECIENTE CON UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS	131
FIGURA 6.14.	NIVELES DE AGUA EL RÍO CALI Y NIVELES DEL DIQUE PROYECTADO EN EL TRAMO ENTRE LA CALLE 70 Y LA DESEMBOCADURA EN EL RÍO CAUCA PARA UNA CRECIENTE CON UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS.....	133
FIGURA 6.15.	ALTURA DEL DIQUE REQUERIDO A 30 M DE LA BANCA DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO CALI PARA UNA CRECIENTE CON UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS	134
FIGURA 6.16.	ÁREA INUNDADA EN LA PLANICIE CUANDO SE PRESENTA EN EL RÍO UNA CRECIENTE DE FRECUENCIA ALTA.....	148
FIGURA 6.17.	ÁREA INUNDADA EN LA PLANICIE CUANDO SE PRESENTA EN EL RÍO UNA CRECIENTE DE FRECUENCIA MEDIA	148
FIGURA 6.18.	ÁREA INUNDADA EN LA PLANICIE CUANDO SE PRESENTA EN EL RÍO UNA CRECIENTE DE FRECUENCIA BAJA.	149
FIGURA 7.1.	PORCENTJE DEL USO DEL SUELO ACTUAL DE LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO....	169
FIGURA 7.2.	DIAGRAMA CONCEPTUAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA AFECTACIÓN	171
FIGURA 7.3.	ESQUEMA DE LA ESTRATIFICACIÓN DE UNA POBLACIÓN.....	187
FIGURA 7.4.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA EXPOSICIÓN CORPORAL	199
FIGURA 7.5.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA FRAGILIDAD CORPORAL.....	201
FIGURA 7.6.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CAPACIDAD CORPORAL	203
FIGURA 7.7.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA VULNERABILIDAD CORPORAL	205
FIGURA 7.8.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA EXPOSICIÓN ESTRUCTURAL	208
FIGURA 7.9.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA FRAGILIDAD ESTRUCTURAL	210
FIGURA 7.10.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL	212
FIGURA 7.11.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL.....	214
FIGURA 7.12.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA VULNERABILIDAD TOTAL.....	217
FIGURA 7.13.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LA AFECTACIÓN TOTAL POR INUNDACIÓN	220
FIGURA 7.14.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DEL ÁREA DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE	223
FIGURA 7.15.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR USO DE SUELO EL ÁREA DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE	224
FIGURA 7.16.	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL POR USO DEL SUELO DEL ÁREA DE AFECTACIÓN ALTA NO MITIGABLE	225
FIGURA 7.17.	TIPIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE UNA VIVIENDA EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	230
FIGURA 7.18.	IMPACTOS NEGATIVOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE POR LA EXPANSIÓN DE LA FRONTERA AGRÍCOLA EN EL VALLE GEOGRÁFICO DEL RÍO CAUCA	241
FIGURA 8.1.	ESQUEMA ILUSTRATIVO DE BORDE LIBRE.....	247

LISTA DE MAPAS

	Pág
MAPA 2 1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	38
MAPA 4 1. EVENTOS HISTÓRICOS DE INUNDACIONES ASOCIADO AL DESBORDAMIENTO DEL RÍO CAUCA EN LOS MUNICIPIOS DE CANDELARIA, PALMIRA, SANTIAGO DE CALI Y YUMBO EN EL PERIODO DE 1949 DEL 2014.....	77
MAPA 6 1 INUNDACIONES ÁREAS VECINAS AL PROYECTO PLAN JARILLÓN DE CALI PARA UNA CRECIENTE CON UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR	154
MAPA 6 2. AMENAZA POR INUNDACIONES ÁREAS VECINAS AL PROYECTO <i>PLAN JARILLÓN DE CALI</i> PARA UNA CRECIENTE CON UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR	156
MAPA 7. 1. USO DEL SUELO ACTUAL DE LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO PLAN JARILLÓN DE CALI EN LOS MUNICIPIOS DE SANTIAGO DE CALI, PALMIRA, CANDELARIA Y YUMBO.	170
MAPA 7. 2. EXPOSICIÓN CORPORAL.....	200
MAPA 7. 3. FRAGILIDAD CORPORAL	202
MAPA 7. 4. CAPACIDAD CORPORAL	204
MAPA 7. 5. VULNERABILIDAD CORPORAL	206
MAPA 7. 6. EXPOSICIÓN ESTRUCTURAL.....	209
MAPA 7. 7. FRAGILIDAD ESTRUCTURAL	211
MAPA 7. 8. CAPACIDAD ESTRUCTURAL	213
MAPA 7. 9 VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	215
MAPA 7. 10. VULNERABILIDAD TOTAL.....	218
MAPA 7. 11. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL GRADO DE AFECTACIÓN TOTAL POR INUNDACIÓN EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO <i>PLAN JARILLÓN DE CALI</i>	221
MAPA 7. 12. AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE	226

LISTA DE FOTOS

	Pág
FOTO.7 1. CULTIVO DE CAÑA EN EL CORREGIMIENTO DEL CARMELO EN CANDELARIA	163
FOTO.7 2. CULTIVO DE CAÑA EN EL CORREGIMIENTO CAUCASECO EN PALMIRA	163
FOTO.7 3. CULTIVO DE CAÑA EN LA VEREDA EL ESTERO CORREGIMIENTO DE NAVARRO EN SANTIAGO DE CALI.....	163
FOTO.7 4. LOTE URBANIZADO ACOPI YUMBO.....	164
FOTO.7 5. CENTRO DE SALUD DEL CORREGIMIENTO DE LA DOLORES EN PALMIRA	164
FOTO.7 6. CENTRO DE SALUD DE URB. PEREIRA -CORREGIMIENTO DE JUANCHITO EN PALMIRA.	164
FOTO.7 7. CENTRO DE SALUD DE LA URB. POBLADO CAMPESTRE EN CANDELARIA.....	164
FOTO.7 8. CASETA COMUNAL DEL BARRIO BRISAS DE LOS ÁLAMOS EN SANTIAGO DE CALI.....	164
FOTO.7 9. IGLESIA DEL BARRIO BRISAS DE LOS ÁLAMOS EN SANTIAGO DE CALI	165
FOTO.7 10. IGLESIA DE CIUDAD 2000 EN SANTIAGO DE CALI.....	165
FOTO.7 11. IGLESIA DE LA URB. POBLADO CAMPESTRE EN CANDELARIA	165
FOTO.7 12. IGLESIA DE LA URB. PEREIRA EN EL CORREGIMIENTO DE JUANCHITO EN PALMIRA ..	165
FOTO.7 13. IGLESIA DE LA URB. CIUDAD DEL CAMPO DEL CORREGIMIENTO DE JUANCHITO EN PALMIRA	165
FOTO.7 14. I.E SANTA CECILIA SEDE BRISAS DE LOS ÁLAMOS EN EL BARRIO BRISAS DE LOS ÁLAMOS - SANTIAGO DE CALI.....	166
FOTO.7 15. I.E. RODRIGO LLOREDA CAICEDO SEDE PRIMITIVO CRESPO EN EL BARRIO BRISAS DEL LIMONAR –SANTIAGO DE CALI.....	166
FOTO.7 16. COLEGIO SANTA ISABEL DE HUNGRÍA EN EL BARRIO CIUDAD 2000 EN SANTIAGO DE CALI	166
FOTO.7 17. I.E SEBASTIÁN DE BELALCAZAR SEDE JULIA SAAVEDRA DE VILLAFAÑE EN LA URB. PEREIRA DEL CORREGIMIENTO DE JUANCHITO EN PALMIRA	166
FOTO.7 18. I.E NAVARRO SEDE JUAN DEL CORRAL EN LA VEREDA EL ESTERO EN EL CORREGIMIENTO DE NAVARRO EN SANTIAGO DE CALI	166
FOTO.7 19. I.E SEBASTIÁN DE BELALCAZAR SEDE ALFREDO VÁSQUEZ COBO EN EL CORREGIMIENTO DE CAUCASECO EN PALMIRA.....	166
FOTO.7 20. I.E PANABIANCO AMERICANO SEDE ATANASIO GIRARDOT EN LA URB. POBLADO CAMPESTRE EN EL CORREGIMIENTO EL CARMELO EN CANDELARIA	167
FOTO.7 21. I.E PANABIANCO AMERICANO SEDE SANTA RITA DE CASIA EN EL CORREGIMIENTO DE JUANCHITO EN CANDELARIA.....	167
FOTO.7 22. I.E PANABIANCO AMERICANO SEDE JOSÉ MARÍA CÓRDOBA CORREGIMIENTO DE CAUCASECO EN CANDELARIA	167
FOTO.7 23. I.E PANABIANCO AMERICANO SEDE ENRIQUE OLAYA HERRERA EN LA VEREDA DE DOMINGO LARGO EN EL CORREGIMIENTO DE JUANCHITO EN CANDELARIA	167
FOTO.7 24. CANCHA DE FÚTBOL EN LA URB PEREIRA EN JUANCHITO DE PALMIRA.....	168
FOTO.7 25. ZONA VERDE EN CIUDAD 2000 EN SANTIAGO DE CALI	168
FOTO.7 26. CANCHA DE FÚTBOL EN CAUCASECO EN PALMIRA.....	168
FOTO.7 27. PARQUE EN LA URB. POBLADO CAMPESTRE EN CANDELARIA.....	168

INTRODUCCIÓN GENERAL

Durante los periodos de invierno los ríos tienden a desbordarse con cierta frecuencia, pasando a ocupar parte de la llanura aluvial. No obstante, las inundaciones son parte importante de la dinámica natural de los ríos y son necesarias para mantener su buen estado ecológico, por cuanto en ellas se produce un aporte significativo de sedimentos y nutrientes, contribuyendo a la fertilización de las tierras de cultivo.

En el valle alto del río Cauca las condiciones climáticas, hidrológicas, hidráulicas y geomorfológicas propician la generación de crecientes en el río y sus tributarios durante los periodos de invierno, originando el desbordamiento del río y la inundación de la planicie adyacente. Sin embargo, las intervenciones antrópicas en la planicie y la disminución de la capacidad reguladora de la cuenca (por la deforestación, los cambios en los usos del suelo, la ganadería extensiva, minería, etc.) así como el cambio y la variabilidad climática (fenómeno de La Niña) han ido incrementando la magnitud y frecuencia de los eventos extremos y, por ende, los impactos negativos de las inundaciones.

El desarrollo socioeconómico del Valle del Cauca ha propiciado la ocupación de una parte importante de la planicie de inundación, por lo cual cuando se presenta el desbordamiento del río Cauca se afecta el normal desarrollo de las diferentes actividades productivas en la región. Las inundaciones durante la ola invernal del periodo 2010-2011 causaron cuantiosas pérdidas en los diferentes sectores productivos y en poblaciones ribereñas. Entre las principales causas de estas pérdidas se pueden mencionar: la ocupación indebida de la planicie natural de inundación del río, las intervenciones u obras de protección deficientes (obras incompletas, localizadas en sitios inapropiados y diseñadas y construidas sin suficiente rigor técnico) y la deficiente gobernabilidad (baja presencia de las instituciones, falta claridad en la definición de funciones y competencias y falta de personal para realizar el seguimiento de los procesos).

En la década del cincuenta, la CVC diseñó el proyecto “Obras de la planicie para mitigar el riesgo por inundación del río Cauca”, que incluyó la construcción de la represa y el embalse multipropósito de Salvajina (para regular las crecientes del río Cauca, entre otros fines), y los anillos de protección contra inundaciones a lo largo del río Cauca en el departamento del Valle del Cauca. Como uno de los resultados de estos estudios, entre 1958 y 1960 la CVC construyó el dique marginal o jarillón de Aguablanca para proteger extensas zonas agrícolas

de la ciudad de Cali. Sin embargo, en las últimas décadas estas zonas se transformaron en zonas altamente pobladas, por lo cual el jarillón ha permitido proteger a la población allí asentada frente al riesgo de inundaciones por el posible desbordamiento del río Cauca. El Jarillón de Aguablanca (17 km) y los diques del Canal Sur (4 km) y del río Cali (3 km) constituyen un importante anillo de protección contra inundaciones para la ciudad de Cali.

En los últimos años el dique de Aguablanca ha experimentado un deterioro a causa de múltiples factores que debilitan su estructura, tales como, la presencia de hormiga arriera que causa grandes orificios o cavernas sobre el cuerpo del dique, y numerosas intervenciones antrópicas (disposición de escombros en la berma del río hasta el dique, construcciones de viviendas, tuberías que atraviesan el dique, hincado de postes y excavaciones inadecuadas sobre la corona y los taludes del dique). Por otra parte, el monitoreo, mantenimiento, control y vigilancia del dique desde su construcción no han sido suficientes.

En vista de lo anterior, la CVC y la Gobernación del Valle del Cauca postularon ante el Fondo de Adaptación el proyecto “*Plan Jarillón Río Cauca y Obras Complementarias en el Municipio de Santiago de Cali – PJAOC*”, con el propósito de realizar los estudios e implementación de las medidas estructurales y no estructurales necesarias para reducir el riesgo por inundación por el posible desbordamiento del río Cauca. Como resultado, la CVC y el Fondo de Adaptación suscribieron el Convenio Marco 051 de 2013 con el objeto de “aunar esfuerzos, acciones, capacidades y conocimientos entre las dos instituciones para diseñar, ejecutar e implementar las obras necesarias para reducir el riesgo de eventos hidrometeorológicos asociados al río Cauca que afecten a los jarillones del río Cauca, el río Cali y el Canal Interceptor Sur en la zona oriental del Distrito de Aguablanca de la ciudad de Santiago de Cali”.

En la Fase IIC del Convenio 051, la CVC se comprometió a realizar el “Estudio de la influencia en las áreas vecinas al proyecto, en la ciudad de Santiago de Cali y en los municipios de Yumbo, Palmira y Candelaria, asociados a las obras de reducción del riesgo de los jarillones de Aguablanca, Canal Interceptor Sur y río Cali”. Para dar cumplimiento a este compromiso, la CVC y la Universidad del Valle suscribieron el Convenio Interadministrativo 040 de 2014 cuyo objeto es “aunar esfuerzos y recursos técnicos y económicos para realizar los estudios de riesgo por inundaciones para las áreas vecinas al proyecto *Plan Jarillón de Cali* y la propuesta para su mitigación”.

Los objetivos establecidos en dicho convenio se enuncian de la siguiente manera:

OBJETIVOS DEL PROYECTO

General

Realizar los estudios para la determinación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo por inundación en las áreas vecinas al proyecto *Plan Jarillón de Cali*, causado por el desbordamiento de los ríos Cauca y Cali y el canal Interceptor Sur, y establecer un plan de medidas estructurales y no estructurales para la mitigación del riesgo.

Específicos

- Realizar la zonificación de la amenaza por inundaciones causadas por el desbordamiento del río Cauca y el río Cali y el Canal Interceptor Sur (creciente con periodo de retorno de 100 años).
- Realizar la evaluación y zonificación de la vulnerabilidad por inundaciones causadas por el desbordamiento de los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur.
- Realizar la zonificación de riesgos por inundaciones causadas por el desbordamiento de los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur.
- Evaluar e integrar la información cartográfica recopilada y generada al sistema de información geográfico de la CVC según los estándares establecidos por dicha entidad. Estructurar los insumos necesarios para el desarrollo de los diferentes estudios a partir de análisis espacial.
- Realizar un plan de medidas estructurales y no estructurales para la prevención y mitigación del riesgo por inundaciones causadas por el desbordamiento de los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur.

Los insumos y actividades que caracterizan y garantizan los entregables del proyecto, acorde con los objetivos planteados, se muestran en la Figura 1.1

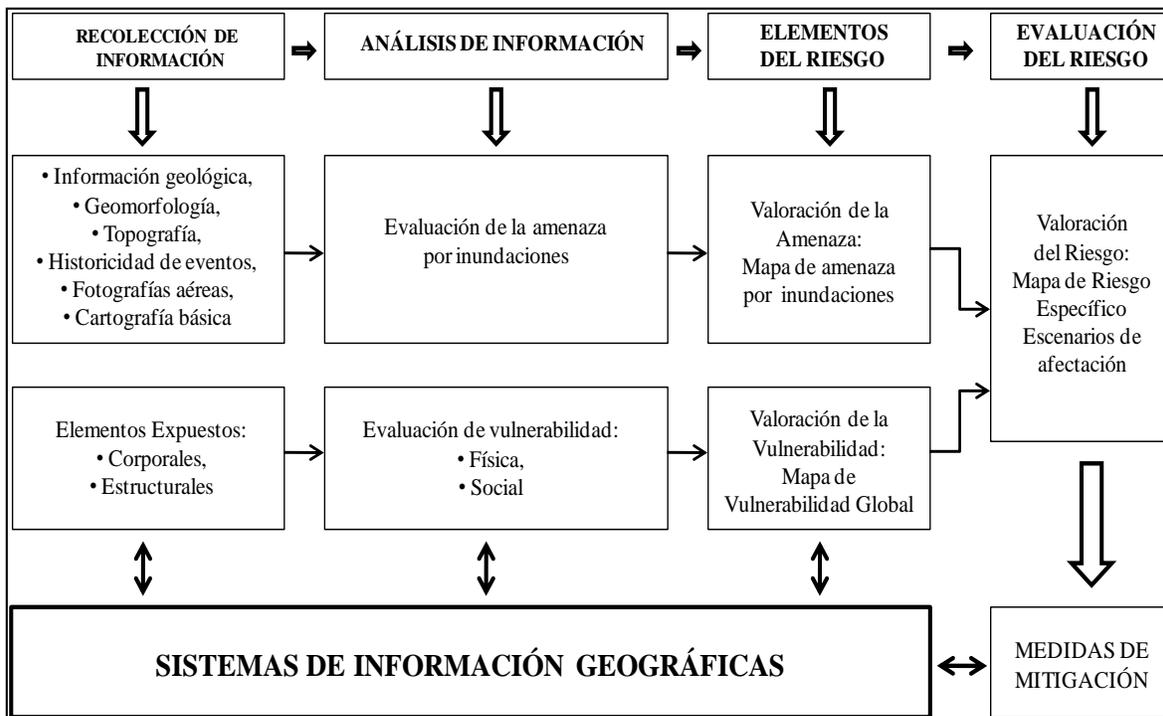


Figura 1. 1. Flujograma de insumos y actividades del proyecto

Para tal fin, se incorporaron profesionales y estudiantes de diversas disciplinas, quienes bajo una estructura matricial, fueron agrupados por áreas de trabajo con tareas y responsabilidades específicas. En la Figura 1.2 se muestra el organigrama, estructura y conformación de los grupos de trabajo.



Figura 1.2. Estructura orgánica del proyecto

El presente informe presenta los aspectos relacionados con la Descripción del área de Estudio el Diagnóstico, Historicidad Zonificación de Amenazas por Inundaciones, Evaluación de la Vulnerabilidad y Escenarios de afectación. Por ultimo una Propuesta de obras de mitigación Estructural y No estructural.

El diagnóstico se realizó con el fin de caracterizar la zona de estudio identificando las condiciones actuales y potenciales de inundación en las áreas de influencia vecinas al Proyecto *Plan Jarillón de Cali*, donde actualmente se están adelantando los diseños y posterior construcción de obras de reducción del riesgo ante inundaciones en el oriente de la ciudad de Santiago de Cali, que contemplan los jarillones del río Cauca, río Cali y Canal Interceptor Sur, que podrían generar posible afectación o impacto en las áreas vecinas en los municipios de Santiago de Cali, Yumbo, Palmira y Candelaria.

El informe de historicidad presenta la recolección de la información de eventos históricos de inundaciones realizada en hemerotecas y bibliotecas y consultando bases de datos de entidades como Unidad Nacional para Gestión del Riesgo de Desastre - UNGRD, Consejos

Departamentales y Municipales de gestión del riesgo, Desinventar, Cruz Roja, Defensa Civil y Bomberos. Para el acopio de la información se elaboraron fichas bibliográficas que contienen información acerca de la caracterización del tipo de evento, especificando fecha, hora, magnitudes, intensidades, afectaciones, etc., así como los detalles de las fuentes documentales.

La zonificación de la amenaza por inundaciones se realizó con base en los resultados de los estudios hidráulicos y teniendo en cuenta las características de las inundaciones históricas y las afectaciones correspondientes. Los estudios se realizaron considerando crecientes en los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur con un periodo de retorno de 100 años, teniendo en cuenta lo dispuesto en la normatividad colombiana para la protección de centros poblados.

La evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de afectación se realizó mediante muestra estadística debido al área tan extensa, costos y tiempo; es así como se utilizaron varios métodos estadísticos que arrojaran una mayor confiabilidad.

Con el propósito de estimar las posibles pérdidas, realizó una valoración económica, ocasionadas por un eventual desbordamiento. Utilizando precios de 2014, este documento estima el valor de un grupo de variables compuestas por i) el daño en la infraestructura social. Incluye daños en las viviendas, en las escuelas y en los centros hospitalarios; ii) las pérdidas económicas. Se incluyen las pérdidas en cultivos y las afectaciones de la zona industrial; iii) los impactos en la salud, para el cual se consideran solo los casos relacionados con el contagio de dengue; iv) Los gastos del gobierno para atender el evento de inundación y finalmente, v) los costos ambientales. Estos últimos son analizados cualitativamente.

El plan de medidas de reducción de riesgo que incluya obras de mitigación de riesgo se realizó una propuesta de construcción de diques, en los cuales para el municipio de Candelaria se proyecta a 100 m, para el municipio de Palmira a 60 m, mientras que para el municipio de Santiago de Cali es a 30 m según la normativa al localizarse en zona urbana y por ser afluentes del río Cauca. Por otra parte están las medidas no estructurales, las cuales fueron propuestas como estrategia de apropiación social, cultural fomentando la educación en medidas de prevención.

1. MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEORICO

1.1. CONCEPTUALIZACIÓN SOBRE AMENAZA

El término amenaza natural ha sido concebido de diferentes formas; en su mayoría involucran aspectos de los procesos físicos que la originan, socioeconómicos y geográficos.

El Instituto Geológico Americano (1984) define amenaza natural como fenómenos o condición geológica que ocurre ya sea por forma natural o antrópica, que representa riesgo o es potencialmente dañino para la vida o propiedad.

Smith (1992) la considera como el resultado de un conflicto entre procesos geofísicos y personas.

La UNDRO (1991), la define como la probabilidad de ocurrencia, dentro de un periodo de tiempo y un área dada, de un fenómeno natural potencialmente dañino.

Burton y Kates (1964) la considera como aquellos elementos del medio ambiente que son peligrosos al hombre y que están causados por fuerzas extrañas a él. Esta definición ha sido adaptada por la OEA (1991).

Según Tobin and Montz (1997), una amenaza natural representa la interacción potencial entre los humanos y eventos naturales extremos.

En este proyecto consideramos que la amenaza natural, como elemento externo en la configuración del riesgo, es un complejo de factores físicos y ambientales que interactúan con las realidades sociales, económicas y políticas de la sociedad. Esta existe solo si los procesos físicos generadores de eventos o fenómenos de tipo natural inciden negativamente sobre el hombre o sus actividades. Es decir, que la amenaza existe porque los humanos o sus actividades actuales o potenciales (Figura 1.3) pueden verse transformadas, interrumpidas o eliminadas por fuerzas naturales. Aquellos eventos que no afecten en forma directa la actividad humana no constituyen amenaza; son considerados como fenómenos físicos de interés científico de algunas disciplinas: geología, sismología, meteorología, geomorfología, etc.

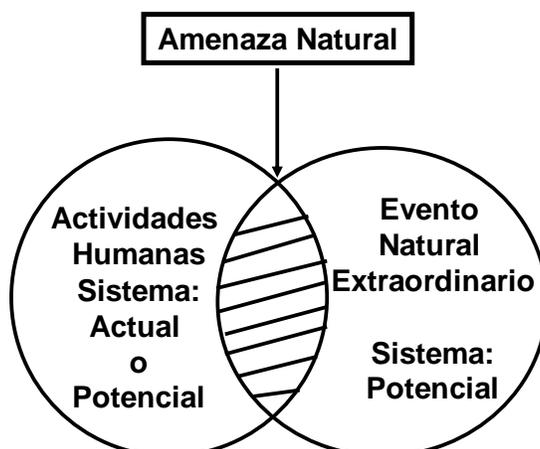


Figura 1.3. Configuración de la amenaza natural, como la ocurrencia de evento natural y la posibilidad de afectación de las actividades humanas actuales o potenciales

El elemento humano es importante no solo porque puede ser la víctima sino también porque puede ser generador, desencadenador y acelerador de ciertas condiciones de amenaza. Por ejemplo, la existencia de asentamientos humanos en vega de ríos, actividades de deforestación en cuencas altas que alteran el régimen hidrológico de las corrientes produciendo inundaciones.

1.1.1. Clasificación de las Amenazas Naturales

Tradicionalmente las amenazas naturales han sido clasificadas de acuerdo con el proceso físico (fenómeno) que las origina; en este sentido se agrupan en cuatro categorías (Tobin and Montz, 1997):

- *Meteorológicas:* Ciclones tropicales, tornados, tormentas, smog, nevadas, heladas, avalanchas.
- *Geológicas-Geomorfológicas:* Terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, movimientos en masa (flujos, deslizamientos, subsidencias).
- *Hidro-climatológicas:* Inundaciones, avenidas torrenciales, sequías.
- *Extraterrena:* Meteoritos.

1.1.1.1. Amenazas Geológicas y Geomorfológicas.

- *Terremotos*: se entienden como la disipación, en forma de ondas elásticas, de la energía acumulada en el interior de la Tierra. Las amenazas que se derivan son: sacudida del terreno, ruptura de la superficie, licuefacción del suelo, deslizamientos y flujos, avalanchas, desplazamientos de tierra, daños de construcciones e infraestructura, tsunamis, contaminación ambiental.
- *Tsunamis*: Consiste en una serie de olas de gran longitud, altura y separación originadas por un terremoto, erupción volcánica o grandes deslizamientos. Sus amenazas son las inundaciones, colapso y daños de construcciones e infraestructuras.
- *Erupciones volcánicas*: Los volcanes son estructuras asociadas con el rompimiento de la corteza terrestre por donde emana magma fluido y fragmentos de rocas, y que ocurren generalmente en zonas de subducción y cordilleras oceánicas. Las amenazas derivadas son emisión de bloques y fragmentos a diferentes distancias, flujos de lava y lodo, inundaciones, nubes ardientes y emisión de gases.
- *Deslizamientos y Flujos*: Están asociados con caídas y movimiento de grandes masas de material en forma rápida y localizada por incidencia de la fuerzas de desplazamiento (gravedad y movimientos sísmicos) y con participación del agua y otros agentes. Las amenazas están asociadas con represamientos de ríos, daños a construcciones e infraestructura.
- *Erosión Acelerada*: Se considera como el desprendimiento y transporte de partículas del suelo a causa del agua y del viento, aminorando su capacidad productiva. La amenaza está determinada por la pérdida de nutrientes y espacio físico para el crecimiento de los cultivos; sedimentación de las corrientes continentales, costas marinas y reservorios; daño a la fauna acuática; alteración del comportamiento hidrológico de las cuencas y ocurrencia de inundaciones. A diferencia de los anteriores, sus efectos tienen mayor impacto a largo plazo.

1.1.1.2. Amenazas Hidrológicas

- *Inundaciones*: Pueden ser originadas por desbordamiento de ríos y otras corrientes como consecuencia de fuertes precipitaciones en las cuencas, derretimiento de grandes volúmenes de hielo, rompimiento de presas y por subida repentina del nivel del mar a causa de fenómenos naturales (tsunamis, marea, ciclones, etc.). Sus principales amenazas son los posibles daños a construcciones y estructuras, pérdidas de cultivos,

pastos y animales, generación de enfermedades epidémicas y contaminación de fuentes de agua potable.

- *Avenida torrencial*: Corresponde a un flujo violento que se presenta en una cuenca con el transporte de troncos de árboles o abundantes carga de sedimentos desde partículas finas hasta grandes bloques de roca. Se pueden generar por torrentes de lluvias, rupturas de represamientos o masivos deslizamientos en una cuenca.
- *Sequías*: Son períodos prolongados de déficit de humedad por debajo de lo normal en una región, determinados por cambios en las condiciones atmosféricas; para nuestro país estas se asocian principalmente con el fenómeno del “Niño”. No es posible identificar o pronosticar una sequía antes de que esta ocurra sino cuando haya generado un impacto; su concepción depende de las condiciones locales que imperan normalmente y de los campos a los cuales afecta, por ejemplo, para un agricultor una condición de sequía aparece tan pronto como se altere el crecimiento y producción de los cultivos; para un hidrólogo, cuando disminuye el caudal de los ríos; para un meteorólogo, cuando la precipitación disminuye drásticamente; para un economista, cuando las actividades económicas de un área son afectadas (Tobin and Montz, 1997). Es una de las amenazas naturales en las que más se evoca a la superstición y el folclor.

La Tabla 1.1 presenta de manera resumida los tipos de eventos naturales considerados como amenazantes, y los datos básicos requeridos para llevar a cabo el respectivo estudio de zonificación. En el presente proyecto solo se consideran las amenazas por Movimientos en masa, inundaciones y avenidas torrenciales.

Tabla 1.1. Tipificación de las principales amenazas naturales y los datos básicos requeridos para su estudio.

CATEGORÍA	TIPO DE EVENTO	DATOS BÁSICOS REQUERIDOS
GEOLÓGICAS	Terremotos	Geológicos, sismológicos, geofísicos, geomorfológicos, geotécnicos, geodésicos, hidrológicos, localización poblacional
	Tsunamis	Sismológicos, geofísicos, hidrológicos, geomorfológicos, localización poblacional
	Erupciones volcánicas	Geológicos, sismológicos, geofísicos, geomorfológicos, geoquímicos, geodésicos, localización poblacional
	Movimientos en masa	Geológicos, sismológicos, geofísicos, geomorfológicos, geotécnicos, geodésicos, topográficos, hidrológicos, edafológicos, localización poblacional
HIDRO-CLIMATOLÓGICOS	Inundaciones	Geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, topográficos, hidrológicos, edafológicos, localización poblacional
	Avenidas torrenciales	Sedimentológicos, geología, topográficos, hidrológicos, datos históricos, localización poblacional

1.2. EL CONCEPTO DE VULNERABILIDAD

El PNUD- UNDR0 interpreta la vulnerabilidad como el grado de pérdida causado en un elemento en riesgo (o serie de elementos) resultante de una amenaza determinada a un nivel de gravedad determinado PNUD (1991: 35)

Wilches (1993: 17) la define como la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el auto ajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye un riesgo.

Existen, sin embargo interpretaciones de la vulnerabilidad como un complejo sistema de interacciones (Figura 1.4) entre el componente social y el componente natural, en este sentido la vulnerabilidad se define como la interrelación de los diferentes niveles de organización de la sociedad, entre ellos, los grados de exposición a un tipo de amenaza, la incorporación en la cultura de la prevención, educación y de los conocimientos que permitan reconocer las amenazas a las cuales están expuestos, la calidad del diseño y resistencia de las edificaciones, la capacidad de las instituciones de socorro y salud, la voluntad política de los dirigentes y finalmente la capacidad de interacción y diálogo entre las diversas instituciones de la comunidad, para hacerle frente a los posibles fenómenos catastróficos que puedan presentarse en un espacio y tiempo determinados.

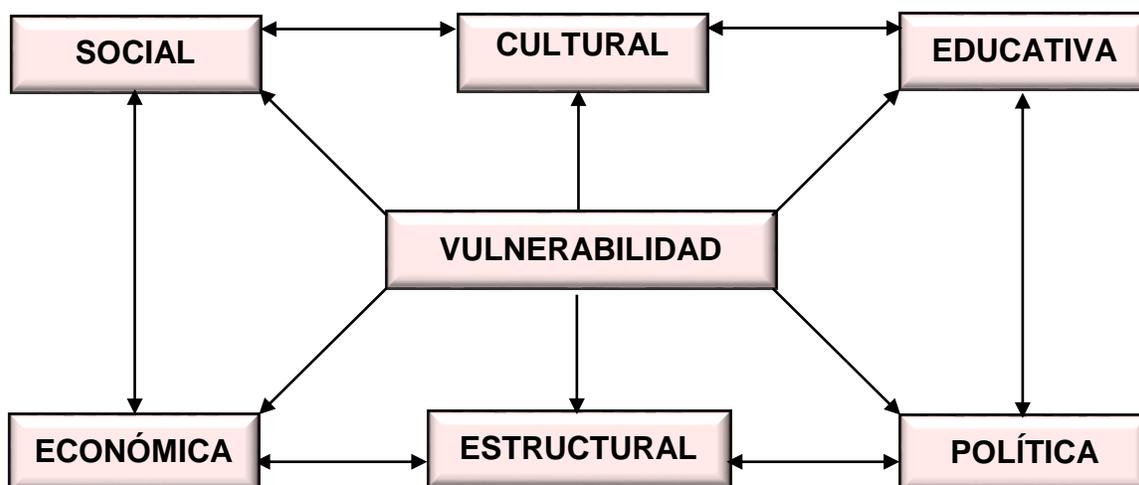


Figura 1.4. Estructura Sistémica de la Vulnerabilidad

Para su determinación se definen los siguientes componentes:

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

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

1.3. EL CONCEPTO DE RIESGO

Los aportes teóricos alrededor del concepto de riesgo, desde distintos enfoques, permiten evidenciar una evolución en su comprensión, lo cual es un síntoma del reconocimiento de la complejidad que enmarca la interacción de los componentes socioeconómicos y ambientales intervinientes.

La ONAE de Presidencia de la República (1987), lo define como el grado de pérdidas previstas en vidas humanas, personas lesionadas o heridas, pérdidas materiales y perturbaciones de las actividades económicas debidas a un fenómeno determinado.

El PNUD- UNDRO (1991:2) asume el riesgo como las pérdidas esperadas a causa de una amenaza determinada, durante un periodo específico en el futuro.

Cardona (1990:591) lo entiende como la probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias económicas o sociales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene al relacionar la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. El riesgo puede ser de origen natural (geológico, hidrológico o atmosférico), o también de origen tecnológico producido por el hombre.

Dollfus (1991: 85-112) establece la diferencia entre riesgo natural y limitaciones naturales; define el riesgo natural como la probabilidad de que un fenómeno natural pueda causar pérdidas en vidas humanas y daños en los bienes. Solo existen en función de la presencia humana, de la densidad demográfica, de sus niveles técnicos que se traducen en las redes de comunicación e infraestructura. Las limitaciones naturales las define por su permanencia en determinada situación; son hechos naturales que están ahí, que hay que superar, modificar o rodear para alcanzar una finalidad.

Coch (1995:1) distingue entre riesgo natural y riesgo humano. El primero está asociado a procesos naturales de carácter geológico, que afectan adversamente al hombre y sus propiedades; mientras que el humano se puede definir como “los resultados perjudiciales” de actividades antropogénicas que aceleran o alteran procesos normales de carácter benigno, para así causar un problema.

Para Centeno y Acaso (1996:93), los riesgos suelen ser procesos complejos, produciéndose frecuentemente lo que se ha dado en llamar *concatenación de riesgos*, fenómeno consistente en el desencadenamiento de un riesgo como consecuencia de la acción de otro.

Sin embargo los fenómenos naturales no responden en la realidad a una secuencia lógica, su dinámica compleja se expresa en relaciones de tipo Trade-off¹, lo cual evidencia un comportamiento sistémico y correlacionado, en este sentido, Vallejo y Vélez (2001), definen el riesgo como:

La correlación e intercambio de los sistemas de amenaza y vulnerabilidad, los cuales se expresan en forma de pérdidas esperadas (humanas, materiales) durante la ocurrencia de un fenómeno natural. Es decir, durante la presencia de un mecanismo de ajuste por la interacción de fenómenos naturales o tecnológicos (sistema de amenazas) y su interrelación con las actividades y medidas de respuesta desarrolladas por el grupo social para hacer frente a una situación de entropía positiva (sistema de vulnerabilidades) (Figura 1.4).

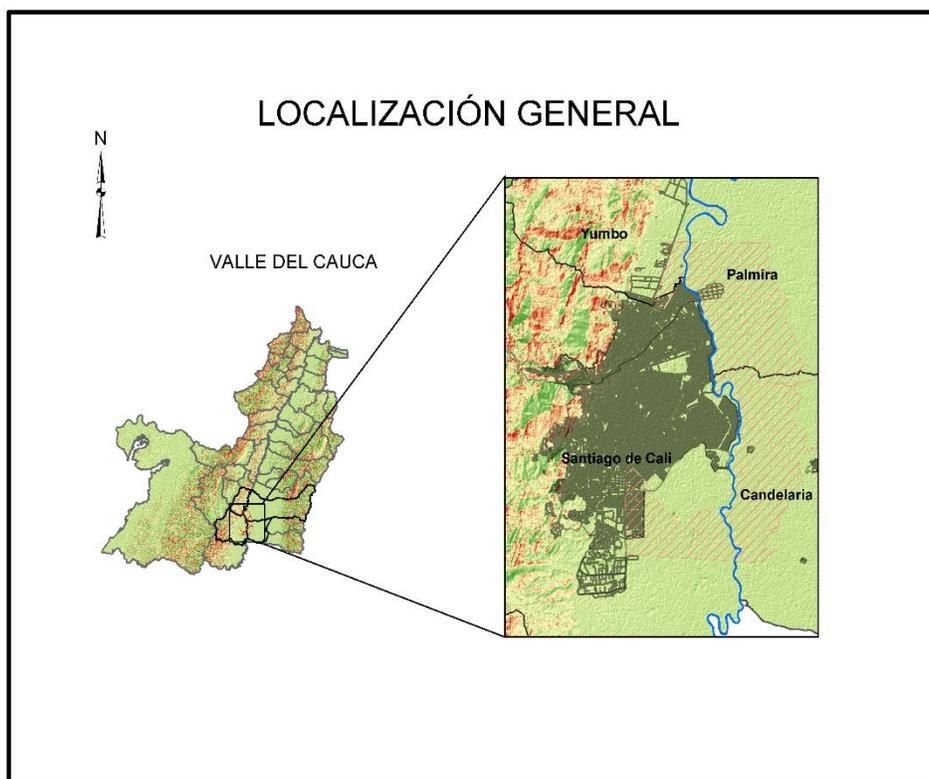
¹ Las relaciones de tipo Trade-Off son interacciones permanentes entre los componentes intervinientes en un sistema dinámico, para el caso del riesgo, las redes de intercambio entre los componentes socioeconómicos, políticos y ambientales.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

2. DESCRIPCIÓN ZONA DE ESTUDIO.

2.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La zona de estudio se localiza en el valle geográfico del río Cauca, En su margen izquierda los municipios de Santiago de Cali y Yumbo y a su margen derecha los municipios de Candelaria y Palmira en el Departamento del Valle del Cauca. Con un área de extensión aproximada de 12.293,061 ha, de los cuales 2377,878 ha corresponden al municipio de Santiago de Cali, 4153,377 ha corresponde al municipio de Palmira, 5409,277 ha corresponde al municipio de Candelaria y el 355,273 ha al municipio de Yumbo a 950 m.s.n.m.



Fuente: Elaboración propia

En el municipio de Santiago de Cali, comprende tres comunas en el área urbana y dos corregimientos en el área rural. El barrio Brisas de los Álamos de la comuna 2 en la zona norte y en la zona sur los barrios Brisas del Limonar, Ciudad 2000 de la comuna 16 y los

barrios Ciudadela Comfandi y el Caney en la comuna 17. En el área rural la vereda El Estero en el corregimiento de Navarro y el área de expansión en el corregimiento del Hormiguero

En el municipio de Palmira el estudio comprende tres corregimientos La Dolores, Caucaseco y Juanchito, en este último se encuentra dos centros poblados La Urbanización Ciudad del Campo y Urbanización Pereira.

En el municipio de Candelaria el estudio comprende el corregimiento de Juanchito, en él se localiza el centro poblado Juanchito y Domingo Largo y el corregimiento del Carmelo que abarca el centro poblado de la Urbanización Poblado Campestre

En el municipio de Yumbo el estudio se localiza en el sector de Acopi del corregimiento de Arroyohondo

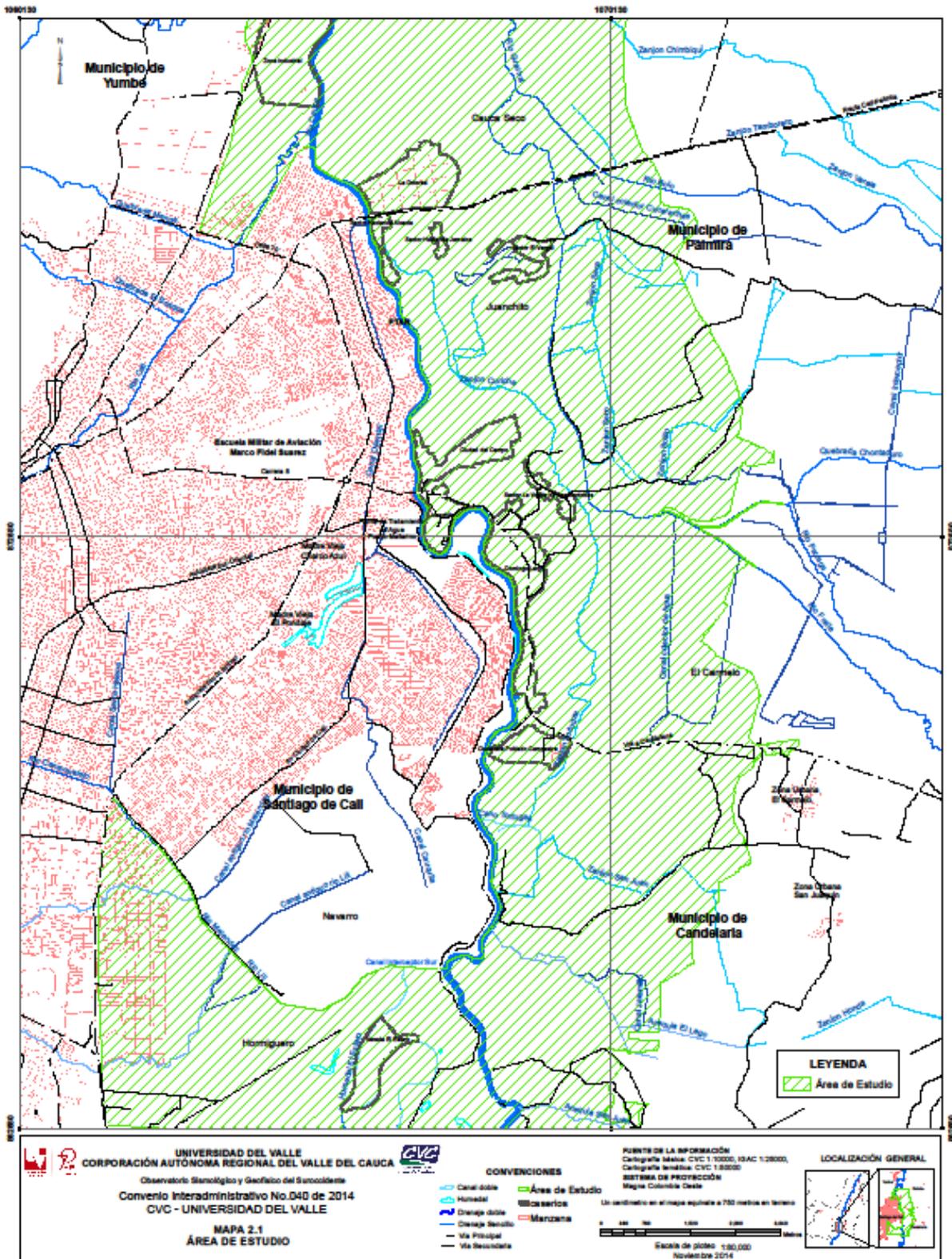
2.2. MARCO CLIMÁTICO

Se presentan dos periodos lluviosos (abril a junio y octubre- noviembre) y dos periodos secos (enero a marzo y julio a agosto); septiembre y diciembre son considerados como de lluvias intermedias.

La zona de estudio el clima es de sabana tropical ciudad la región suroccidental sea más lluviosa que la noroccidental. En promedio la precipitación promedio anual de 900 mm , con 1.000 mm promedio sobre la mayor parte del área Metropolitana de Cali. La temperatura media es de 25 C. Las estaciones secas van de diciembre a febrero y de julio a agosto y la estación de lluvias de marzo a mayo y de septiembre a noviembre.

2.3. SISTEMA HIDROGRÁFICO

El área de estudio se enmarca en la llanura aluvial del río cauca, a la margen izquierda del río cauca se encuentra con el Canal Interceptor Sur al que aguas arriba descargan sus aguas los ríos Cañaveralejo; Meléndez y Lili y aguas abajo el Zanjón Cascajal; al norte el río Cali que aguas arriba descarga el canal Acopi. A la margen derecha descarga sus aguas la acequia El Lago y el Caño Tortugas y aguas arriba cerca a la vía Cali-Palmira descarga sus aguas el Zanjón Tortugas.



Mapa 2 1. Localización de la zona de estudio

3. DIAGNÓSTICO

3. DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Con el objeto de caracterizar la zona de estudio identificando posibilidades actuales y potenciales de inundación en las áreas de influencia vecinas al Proyecto *Plan Jarillón de Cali*, donde actualmente se están adelantando los diseños y posterior construcción de obras de reducción del riesgo ante inundaciones en el oriente de la ciudad de Santiago de Cali, que contemplan los jarillones del río Cauca, río Cali y canal Interceptor Sur. En dicho contexto, se evalúan documentos técnicos, donde se evidencia la posible afectación o impacto de dichas obras en las áreas vecinas de influencia, localizadas en los municipios de Santiago de Cali, Yumbo, Palmira y Candelaria.

Estas áreas vecinas contemplan, por la margen derecha del canal Interceptor Sur, un sector de la ciudad de Santiago de Cali, áreas urbanas, áreas de expansión y zonas de reserva. Por la margen derecha del río Cauca, de sur a norte, el municipio de Candelaria y el municipio de Palmira. Por la margen izquierda del río Cali, sectores de la ciudad de Santiago de Cali y aguas abajo de la desembocadura del canal Acopi el municipio de Yumbo.

3.1. PLANES DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL-POT-

3.1.1. Plan de Ordenamiento Territorial –POT- De Santiago de Cali Acuerdo 0373 de 2014

Art.8. Políticas de gestión de los Riesgos. Santiago de Cali actúa integralmente para prevenir y reducir las pérdidas humanas sociales económicas y los impactos negativos sobre el desarrollo y el bienestar colectivo que se derivan de los fenómenos propios de las dinámicas geológicas climatológicas e hidrológicas del entorno natural del Municipio y sus interacciones con las actividades humanas con base en lo cual y en cumplimiento del Decreto Ley 019 de 2012 y de la ley 1523 de 2012 se orientan los ajustes y modificaciones del Plan de Ordenamiento territorial garantizando un municipio ambientalmente sostenible y orientado a la prevención y manejo del riesgo e el ordenamiento del territorio.

Art.14.Política de Hábitat y Uso adecuado y Racional del Suelo. Literal (f): Reubicar los asentamientos humanos ubicados en áreas de amenaza y riesgo no mitigable una vez se haya definido un plan financiero y de ejecución y exista un lugar adecuado para tal fin.

Art. 30. SUELO DE PROTECCIÓN. Este suelo tiene restringida la posibilidad de ser urbanizado por sus características geográficas paisajísticas, ambientales o por formar parte de las zonas públicas para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios o de las áreas de amenaza y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos. Literal (a). Áreas de amenaza y riesgo no mitigable

3.1.1.1. Subcapítulo I Zonas Sujetas a Amenaza y Riesgos. Sección I. Suelo de Protección por Amenaza y Riesgos No Mitigables

Art. 32. Suelo de Protección por Amenaza y Riesgos No Mitigables. En la aplicación de lo previsto Se encuentran las categorías

Art.33. Zonas de Amenaza y Riesgo No Mitigables por Inundaciones del río Cauca. Son los terrenos ubicados entre el dique y la orilla izquierda del río Cauca desde la desembocadura del Canal Interceptor Sur hasta la desembocadura del río Cali incluyendo la estructura compleja del jarillón de la margen izquierda del río cauca y aquellas zonas de la margen izquierda del río Cauca entre la desembocadura del río Jamundí y la desembocadura del Canal Interceptor Sur para los cuales de acuerdo con los resultados de los estudios previstos en el Parágrafo 1² de este artículo no sea posible por razones ambientales técnicas o económicas mitigar la amenaza por inundaciones

Art 34. Manejo de las Zonas de Amenaza y Riesgo No Mitigables por Inundaciones del río Cauca. Las viviendas existentes tanto en las zonas de amenaza no mitigable por inundaciones del río Cauca...deberán ser relocalizadas, una vez se haya definido un plan financiero y de ejecución y exista un lugar adecuado para tal fin. Liberados los terrenos se procederá de inmediato con la demolición de las construcciones y con la ejecución de las obras civiles necesarias para garantizar el correcto funcionamiento hidráulico del cauce, sus bermas y diques.

En este tipo de zonas no se permitirá el emplazamiento de ningún tipo de infraestructura o amoblamiento público o privado con la excepción de puentes obras e protección contra

²En un plazo no mayor a dos (2) años contados a partir de la entrada en vigencia del presente Acto El DAPM, el DAGMA y la CVC adelantarán en el marco de sus jurisdicción las evaluaciones de amenaza y escenarios de riesgo por inundación que incluirán el señalamiento y la delimitación de las zonas de amenaza mitigable y no mitigable para la parte de la llanura aluvial del río cauca que va desde el río Jamundí hasta el Canal Interceptor Sur.

En lo que tiene que ver con el análisis de niveles y caudales asociados a periodos de retornos (TR) y con la definición de zonas de amenaza por inundación, las evaluaciones deben articularse con el Plan Director para la gestión Integral de Inundaciones en el corredor del río cauca , cuya formulación y aplicación lidera la CVC

inundaciones bocatomas de acueductos, elementos de sistemas de drenaje pluvial y demás obras fluviales. Al occidente de la cara seca del jarillón se permitirá adecuaciones tales como parques escenarios deportivos amoblamientos y ciclorrutas entre otros previo concepto de la autoridad ambiental.

Art. 35. Zonas de Amenaza y Riesgo No Mitigables por Inundaciones de Afluentes del río Cauca. Son los terrenos ubicados entre los diques marginales del Canal Interceptor Sur desde la intersección de la Calle 25 y la Carrera 50 hasta su desembocadura incluyendo la estructura compleja de dichos diques el área que cubre el embalse del río Cañaveralejo y aquellas zonas aledañas a los cauces de la red hídrica afluente del río Cauca para los cuales de acuerdo con los resultados de los estudios previstos en el Parágrafo 1³ de este artículo no sea posible por razones ambientales técnicas o económicas mitigar la amenaza por inundaciones

Art. 36. Manejo de las Zonas de Amenaza y Riesgo No Mitigables por Desbordamiento de Afluentes del río Cauca. Las viviendas existentes tanto en las zonas de amenaza no mitigable por desbordamiento de afluentes del río Cauca...deberán ser relocalizadas, una vez se haya definido un plan financiero y de ejecución y exista un lugar adecuado para tal fin. Liberados los terrenos se procederá de inmediato con la demolición de las construcciones y con la ejecución de las obras civiles necesarias para garantizar el correcto funcionamiento hidráulico del cauce, sus bermas y diques.

En este tipo de zonas no se permitirá el emplazamiento de ningún tipo de infraestructura o amoblamiento público o privado con la excepción de puentes obras e protección contra inundaciones bocatomas de acueductos, elementos de sistemas de drenaje pluvial y demás obras fluviales. En las zonas contiguas a las caras secas del jarillones de los afluentes del río Cauca se permitirá adecuaciones tales como parques escenarios deportivos amoblamientos y ciclorrutas entre otros previo concepto de la autoridad ambiental.

³ En el corto plazo, el DAGM y la CVC en el marco de sus competencia, en coordinación con el DAPM, elaborarán sobre el territorio de Santiago de Cali los estudios técnicos de amenaza y riesgo por inundación de la red hídrica afluentes del río cauca, incluyendo las derivaciones y los tramos de las corrientes que han sido rectificadas, canalizados e incorporados al sistema de drenaje de la ciudad. Estos estudios deberán delimitar las zonas de amenaza mitigables y no mitigable y establecer los parámetros específicos de manejo de las corrientes y sus zonas de influencia considerando además de los aspectos hidráulicos hidrológicos y urbanísticos los determinantes ambientales definidos por las autoridades competentes para los corredores ambientales que hacen parte de la estructura principal.

En lo que tiene que ver con el análisis de niveles y caudales asociados a periodos de retornos (TR) y con definición de zonas de amenaza por inundación, estos estudios deben articularse con el Plan Director para la Gestión Integral de Inundaciones en el corredor del río cauca , cuya formulación y aplicación lidera la CVC

3.1.2. Plan Básico de Ordenamiento Territorial: PBOT Municipio de Candelaria. Acuerdo 015 Diciembre 29 de 2005

3.1.2.1. Formulación

En jurisdicción del Municipio de Candelaria, en el caso de Poblado Campestre el riesgo por inundación y/o avenidas torrenciales se mitigo con la construcción de los diques en el contorno de la urbanización en el año 1.999-2.000 a raíz de la inundación de febrero de 1.998, en donde alcanzo niveles de 1,50 mts, estos diques se han calculado con un periodo de retorno en 1 a 100 años.

6.1.1.1.1. Amenazas, riesgos mitigables y no mitigables y Vulnerabilidad

➤ Literal f: Riesgo por inundación y/o avenidas torrenciales.

El área circunscrita a orillas del rio Cauca, se considera de riesgo mitigable, así que construyendo un dique a lo largo del rio a 60 metros como está planeado en otros sectores sobre el mismo borde, todas las construcciones que se encuentren en esta área forestal protectora, a lo largo del trazo del dique y que obstruyan su construcción deberían ser reubicadas por razones técnicas. El área que quede entre el jarillón y los ríos no podrá ser ocupada de ninguna manera.

Así que a riesgo de inundación por desbordamiento de fuentes hídricas superficiales, en el área de Juanchito asentamiento subnormal localizado debajo del puente sobre el rio Cauca, el nivel de riesgo es alto y no mitigable, con el fin de mitigar el riesgo, en el Plan de Ordenamiento Territorial se toman las siguientes medidas consecuentes con los estudios de amenaza y riesgos.

Optimización y construcción de ramos de diques faltantes del jarillón ríos Cauca, como lo son en domingo largo y Juancito Centro.

En el presente PBOT, los asentamientos humanos que estén identificados o que pudiesen ser diagnosticados en condiciones de riesgo no mitigables, deberán obedecer a programas de reubicación que deberían liderar y coordinar el municipio, con actuación inmediata sin necesidad de recurrir a estudios previos. (39-40pag)

6.1.1.1.2. Amenazas, Riesgos y Mitigación.

Aspectos Conceptuales. En el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Candelaria como concepto de riesgo tienen entendido que:

➤ **Literal c. Riesgo.**

“Es la probabilidad que se presente un daño sobre un elemento o un componente determinado, el cual tiene una vulnerabilidad intrínseca, a raíz de la presencia de un evento peligroso, con una intensidad específica. El riesgo se relaciona con una situación potencial, con algo que aún no ha sucedido. Se puede definir como las posibles consecuencias desfavorables económicas, sociales y ambientales, que pueden presentarse a raíz de la ocurrencia de un evento dañino en un contexto de debilidad social y física ante el mismo.¹

El riesgo se evalúa en términos de los daños y pérdidas que se podrían llegar a presentar si ocurre el fenómeno detonante del evento, los cuales no están relacionados con su fuerza o magnitud, si no también y principalmente, con la capacidad (o incapacidad) de la sociedad de soportar y sobreponerse del impacto ocasionado por tal fenómeno; tal capacidad o incapacidad se conoce como resiliencia.” (77-78pag)

➤ **Literal d. Mitigación.**

Es el conjunto de medidas para aminorar o eliminar el impacto de amenazas naturales mediante la reducción de la vulnerabilidad del contexto social, funcional o físico. (78pag)

➤ **Literal e. Riesgo Mitigable.**

Situación potencialmente dañina para la población localizada en el lugar amenazado, que es susceptible de disminuirse su severidad con la implementación de medidas de infraestructura. (78pag)

➤ **Literal g. Riesgo no Mitigable.**

Situación potencialmente dañina que no admite en términos económicos y ambientales entre otros, posibilidades de mitigarse o disminuirse su efecto negativo sobre la población. (78pag)

3.1.2.2. Diagnóstico de las amenazas naturales y sus consecuentes riesgos en el municipio.

6.1.1.1.3. Inundaciones

Por desbordamiento de ríos. Candelaria posee unas condiciones topográficas casi de planicie, surcado por cuatro ríos que lo recorren de oriente a occidente, Desbaratado, Fraile, Párraga y Bolo, dos de estos le sirven como límites con municipios vecinos, estos se unen con el río Cauca. El origen de este territorios enseñan que son áreas latentemente inundables por el desbordamiento de los cause de drenaje.

Para la zona de estudio trabajada el diagnóstico de la amenaza natural presentada por el PBOT del municipio de Candelaria, por riesgo a inundaciones en el río Fraile, enseñan que este rio está confinado entre diques para evitar un posible desbordamiento y, en caso de que tales diques resulten faltos a la circulación del caudal diseñado, se dice pueden ser mejorados para garantizar su desbordamiento.

Entre el pie de loma en el tramo entre los ríos Fraile y Desbaratado, y la línea de influencia de crecida de 30 años del río Cauca, que corresponde aproximadamente a la elevación 954,5 msnm en el río Desbaratado y 950,5 m en el río Fraile en el sistema altimétrico IGAC, hay un área aproximada de 9.500 has, que aportan escurrimientos de agua lluvia hacia la zona baja, escurrimientos que no puedan drenar por gravedad al río Cauca en periodos altos del mismo.

Otras fuentes de anegamientos son los desbordamientos del río Cauca en crecida y del Zanjón Tortugas. Además, de los posibles desbordamientos de la acequia El Lago por el no control en su derivación en el río Fraile, en la bocatoma de la acequia denominada de El Departamento (81pag)

Antes de las obras de mitigación para el río Cauca en Poblado Campestre la inundación más crítica se presentó en el año 1.999, por desbordamiento de este trio y zanjón Tortugas, según los habitantes del sector indican que el tirante registrado fue entre 1,30 y 1,50 metros con permanencia de una semana, los daños materiales fueron considerados por la afectación de las viviendas y enseres, mas no hubo pérdidas humanas registradas.

Después de proyectos de control de inundaciones no se había vuelto a registrar inundaciones como la registrada en 1.999, el rio no alcanza a los niveles medios del jarillón, en el momento no se presentaban desbordamientos y se consideraba que el riesgo por inundación por causa de desbordamiento del río Cauca se encontraba mitigado. Hasta el año 2011 en época de invierno a causa del fenómeno de la Niña.

3.1.3. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Palmira. Acuerdo 028 de Febrero de 2014.

3.1.3.1. Ocupación histórica del Territorio.

La misión Chardon: En 1954, el Gobierno Nacional creó, por Decreto legislativo 3110 del 22 de octubre, La Corporación Autónoma Regional del Cauca, CVC. A partir de ese momento, por iniciativa privada de terratenientes o por acción oficial de la CVC se iniciaron múltiples labores de canalización, construcción de diques y reservorios hasta la construcción de la represa de Salvajina, a fin de controlar las inundaciones periódicas del río Cauca y ganarle tierra a los humedales para extender sobre esos territorios los cultivos de caña. Prosperaron en esta época algunos cultivos de soya, sorgo y algodón y se instauró la Sociedad Agrícola Japonesa con participación de los descendientes de los inmigrantes llegados en los años 20, también se creó ASOCAÑA en 1959.

- **Literal 5.2.4.** Zona 3. Estructura primaria: No obstante, algunas zonas de los centros poblados de Caucaseco y Juanchito, sufren amenazas permanentes de inundación por las crecientes del río Cauca, ya que están emplazados en el lecho de creciente del río, careciendo de infraestructuras de protección.

3.1.3.2. Acuerdo N°. 66 de Junio de 1994: Plan de Ordenamiento Físico Espacial de La Dolores, Caucaseco y Juanchito

Este Acuerdo establece tres categorías principales en la clasificación del suelo, las cuales se reglamentan fundamentalmente bajo la premisa de conservación y protección de los recursos naturales existentes y en la regulación y control del desarrollo urbano del conjunto como:

- Las Áreas de Desarrollo Residencial
- Desarrollo Industrial
- La Rural

Con base en ésta política, se contemplan los siguientes criterios de ordenamiento:

1. Racionalizar la ocupación del suelo con base en las características geológicas del territorio.
2. Proteger especialmente los suelos de calidades agrológicas I-II-III.
3. Mantener un adecuado equilibrio entre la utilización económica de los recursos naturales y la preservación de la estructura físico-biótica, especialmente con relación a los recursos hídricos.
4. Racionalizar usos del suelo actual y potencial de estos corregimientos.
5. Racionalizar el proceso de conurbación que se viene dando en la zona.

Corregimiento La Dolores:

- **Zona de Desarrollo Industrial:** se definen las áreas de actividad industrial, recreativa y paisajística y de servicios sociales; las zonas de reserva forestal de cauces y cursos de agua, de protección vial y de reserva para la construcción de obras para protección de inundaciones.
- **Área Rural:** se define el área de actividad de reserva agrícola.

Corregimiento de Juanchito:

- **Zonas de Desarrollo Residencial e Industrial:** se establecen las áreas residencial, recreativa y paisajística, de servicios sociales y de actividad industrial especial; las zonas de reserva forestal de cauces y cursos de agua, de reserva para la construcción de planta de tratamiento de aguas residuales, de reserva para la construcción de obras para protección de inundaciones y de protección vial.
- **Área Rural:** se definen el área de actividad de reserva agrícola, la zona de protección vial y férrea y la de reserva forestal de cauces y cursos de agua.

Corregimiento de Caucaseco:

- **Área de Actividad Corregimiento de Caucaseco** Se establecen el área de actividad de reserva agrícola, las zonas de reserva y protección forestal de cauces y cursos de agua, de reserva forestal de especies vegetales y de protección vial y férrea.

3.1.3.3. Acuerdo 162 de noviembre 5 de 1997:

3.1.3.4. Acuerdo 013 de abril 17 de 1998:

Este Acuerdo deroga el Acuerdo 162 de 1997 y valida las normas contempladas en el Acuerdo 66 de 1994.

Los temas de la calidad agrológica, los servicios públicos y de la protección de los asentamientos contra inundaciones y desbordamientos se convierten en los elementos categóricos para establecer la normatividad de los corregimientos. (...) Se precisan unas zonas de reserva de inundaciones y de reservas forestales como bandas delimitantes de las cabeceras de La Dolores y Juanchito, definiendo unos perímetros donde se zonifica el territorio en las áreas de actividad establecidas, a través del cual aíslan los asentamientos de las áreas de reserva agrícola y se delimitan unas zonas de protección sobre las diferentes vías de acuerdo a la jerarquía de cada una dentro del sistema y sobre el corredor férreo que atraviesa todo el municipio en sentido occidente-oriente.

3.1.4. Decreto 272 del 2012: Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del municipio de Palmira

➤ **Escenarios de riesgos.**

Caracterización general del escenario de riesgo por inundaciones. Las emergencias por inundación han estado primordialmente asociados, a factores físicos, urbanísticos y de uso del suelo, como utilización urbanística de cauces de inundación, el desborde de caños y canales, la obstrucción de redes de alcantarillado, caños canales y escorrentía concentrada en áreas urbanizadas y en laderas deforestadas.

Palmira presenta riesgos por inundación, especialmente en las partes bajas y planas correspondientes al valle geográfico del Río Cauca, influenciados por los ríos Cauca, Palmira, Amaime, Bolo, Fraile y Guachal. Tanto en la cabecera municipal como en los centros poblados más importantes del municipio se localizan en estas zonas planas, existen conflictos de uso principalmente por ganadería y cultivos transitorios en pendientes con más de 45° puede generar deslizamientos y represamientos que provocarían, avalanchas e inundaciones.

➤ **Antecedentes históricos de inundación:**

Caracterización general del escenario de riesgo por inundaciones: Se ha presentado por fuertes variaciones de la precipitación anual, irregularidad de caudales hídricos del río Cauca y sus afluentes. Por estar ubicado el municipio en territorio de cuencas hidrográficas altas geológicamente jóvenes, con ríos afluentes torrenciales, que apenas empiezan a formar sus valles de ladera, y zonas bajas en las planicies de inundación del río Cauca. Dadas las condiciones de vulnerabilidad, las cifras de daños en la Emergencia 2010 - 2011 ilustra esta situación: Personas afectadas 1.058, 258 hogares, 223 viviendas, 8 centros educativos, incidencia notable en el sistema productivo que comprometió a 33 empresas con pérdidas estimadas que ascienden a más de 134 mil millones de pesos e igualmente afectaciones en sistemas productivos agropecuarios en más de dos mil hectáreas que equivalen a pérdidas estimadas que ascienden a más de 25.000 millones de pesos. (Plan municipal de gestión del riesgo)

De acuerdo con el Diagnóstico de Gestión del Riesgo del Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015, existe una situación muy compleja desde la perspectiva social y económica con las empresas localizadas en zonas de alto riesgo ubicadas en áreas aledañas al río Cauca, en Juanchito son 38 empresas, en Caucaseco 7 empresas..., sin contar con los establecimientos de comercio y cultivos que impactan además el tema de empleo. (Plan municipal de gestión del riesgo)

Estos fenómenos han ocasionado la crisis económica de comerciantes de la región, el estancamiento de la economía local, la afectación en la operación de las empresas en la zona, el aumento de la dependencia de los subsidios del estado para sobrevivir en la población de la zona afectada.

3.1.5. Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Yumbo. Acuerdo 0028 de Septiembre de 2001.

Art 122. Zonificación del área de actividad industria

ART 123. Zona uno (1) Acopi.

Uso Principal: Industria de mediano y bajo impacto ambiental y mediano y bajo consumo de agua.

Uso compatible: Comercio, bodegaje, almacenaje, servicios

Uso restringido: Institucional, recreación, discotecas, parqueaderos y restaurantes.

Uso prohibido: Vivienda, minería, agricultura, industria de alto y muy alto impacto ambiental.

Art. 182. Amenazas presentes en el municipio

En el documento de Diagnóstico, Subsistema Biofísico - ambiental, se han identificado para el municipio de Yumbo, zonas con una Susceptibilidad Media a procesos de Remoción en Masa, y sectores susceptibles a eventos de Reptación Media, Inundación Alta, Presencia de Amenaza Sísmica Alta, Incendios forestales en

Grado Alto, Medio y Bajo. En los componentes Rural y urbano se espacializan estas área

Art 186. Reubicación de asentamientos en amenaza y/o Alto riesgo No Mitigable.

Los asentamientos ubicados en terrenos de amenaza y/o riesgo no mitigable por inundación, deslizamiento, reptación, remoción en masa o en áreas de propiedad de la nación, serán reubicados paulatinamente, en el mediano y largo plazo, mediante un proceso concertado con los habitantes y el municipio

Art 194. Amenazas y/o Riesgos Naturales.

Estos se enmarcan en la medida que la amenaza es de tipo natural es decir terrenos susceptibles a deslizamientos o áreas susceptibles a inundaciones, esto independientemente de los factores de disparo de dicha zona, tales como la localización de asentamientos humanos en el sector lo cual genera un riesgo alto y en algunos casos no mitigable, lo que obliga a la realización de programas de relocalización de asentamientos

Art.197. Amenazas y/o riesgos naturales por inundaciones.

- **Literal b:** Los provocados por el río Yumbo, y por el río Cauca, que recientemente causaron grandes estragos

El municipio de Yumbo a la fecha no ha realizada una actualización al PBOT de los cuales han transcurridos catorce (14) años.

En este acuerdo municipal no se establece las zonas de amenaza por inundación del río Cauca

3.2. ESTUDIOS E INFORMES DE LA ZONA DE ESTUDIO

El diagnóstico de estudios asociados a modelamientos hidráulicos sobre el río Cauca, Canal Interceptor Sur y río Cali, se realizó conforme a la revisión de estudios y diseños de obras para el control de inundaciones del río Cauca, tributarios y canales en área de influencia.

3.2.1. Estudio y diseño de las obras para el control de inundaciones causadas por los desbordamientos del río Cauca y sus tributarios en la zona río Desbaratado - Paso del Comercio. Contrato CVC N°. 0048 de 2000. Hidroccidente.

El trabajo realizado por Hidroccidente-CVC, 2000, cuyo objeto es “realizar el estudio y diseño de las obras para el control de inundaciones causadas por los desbordamientos del río Cauca y sus tributarios en el tramo Río Desbaratado - Paso del Comercio, en los municipios de Candelaria y Palmira, Departamento del Valle del Cauca”; identifica como fuentes actuales de inundación, los desbordamientos del río Cauca y el Zanjón Tortugas.

El estudio incluye la descripción de las obras de protección entre el río Desbaratado y el recorrido del Paso del Comercio en dos sectores principalmente:

El primer sector corresponde al tramo entre el Doble Canal y el zanjón San Juan, esta área protegida comprende las haciendas Navarro, El Edén, La Judea - Villegas, La Esperanza, Janeiro, La Elisa, La Sardinera y Los Almendros, en zona rural del municipio de Santiago de Cali.

El sistema de drenaje en las haciendas del tramo comprendido entre el Doble Canal y el zanjón San Juan, se describen así:

“La hacienda Navarro, a orillas del río Cauca y proveedora del ingenio Mayagüez, tiene entregas de drenaje tanto al río Cauca como al zanjón San Juan, en parte por gravedad y en parte por bombeo; también tiene una entrega al zanjón Tortugas por bombeo. La hacienda La Sardinera entrega al río Cauca por gravedad y bombeo, por la misma entrega que tiene la hacienda Navarro. La hacienda Elisa tiene una salida al río Cauca con compuerta de chapaleta. Los drenajes de las otras haciendas entregan al sistema acequia El Lago - Zanjón San Juan.

El zanjón San Juan es la parte final de la acequia El Lago, la cual inicia sobre la margen izquierda del río Fraile como un canal de riego. A la bocatoma del

mismo, llamada El Departamento, se va por un carreteable que se deriva, hacia el sur, de la carretera crucero de Candelaria - Florida, frente a la entrada al ingenio Mayagüez. Como acaba de consignarse en líneas anteriores, la acequia El Lago se convierte al final en el zanjón de drenaje denominado San Juan, que entrega al río Cauca en predios de la hacienda Navarro mediante una estructura de concreto con compuerta de chapaleta de madera. La deficiencia del zanjón San Juan consiste en que en caudales altos del mismo, coincidentes con niveles elevados de crecida del Cauca, los diques del San Juan resultan bajos y se desborda.

Sobre el costado norte del zanjón San Juan, aproximadamente a 600 m de la desembocadura del zanjón en el río Cauca, se deriva el zanjón de drenaje Tortugas hacia el cual el zanjón San Juan tiene una tubería de alivio, medida ésta que alivia en parte la ineficiencia anotada del San Juan, pero que empeora el comportamiento del Tortugas en su tramo final.

En cuanto a diques sobre la margen derecha del río Cauca, para protección contra desbordamientos del río, estos existen en el tramo entre el doble canal y el zanjón San Juan.”.

El segundo sector que tiene influencia en el área de estudio del presente proyecto, corresponde a la zona entre el zanjón San Juan y la carretera que comunica el Poblado Campestre hasta Cavasa. El Informe de Hidroccidente señala que en este tramo no hay diques sobre la margen derecha del río Cauca para protección contra desbordamientos del río Cauca. El sistema de drenaje en este sector se describe a continuación:

“En cuanto a drenajes de este sector los principales son el zanjón El Guaco, que en un tramo de 1200 m aguas arriba de su entrega al Cauca va por el lindero entre las haciendas El Guaco y Tortugas; y luego cruza la hacienda El Guaco hasta su lindero sur. Existen otras dos acequias de drenaje, la más significativa de las cuales es la derivación 7 - 1A izquierda que en su parte alta es un canal de riego derivado de la acequia de El Lago y en el tramo final se convierte en drenaje que entrega al zanjón Tortugas en el costado sur de la carretera desde El Poblado Campestre a Cavasa.

El zanjón El Guaco drena las haciendas EL Guaco, Niágara, Ferrara, San José, San Miguel, Las Margaritas y parte de la Judea - Villegas; entrega al río Cauca en el lindero norte de la hacienda El Guaco. La entrega es por gravedad a través de tubería con compuerta de chapaleta. En su cruce con el zanjón Tortugas, el

Guaco tiene un alivio a dicho zanjón. Hay también un drenaje por el lindero entre las haciendas El Guaco y Tortugas que entrega al zanjón Tortugas.

Las acequias de dirección oriente - occidente, ubicadas entre el límite norte de la hacienda El Guaco y la carretera desde El Poblado Campestre a Cavasa, la principal de las cuales es la derivación 7-1A izquierda tienen, como drenajes, una serie de restricciones, principalmente en los callejones que cruzan (v.g carretera Cavasa - El Carmelo - El Tiple, Callejón EL Tunal, Callejón San Juan, etc.) restricciones consistentes en que el número de alcantarillas generalmente no pasa de dos, una para cada canal, y son de sección reducida; por tanto, el caudal pico que llega al zanjón Tortugas se reduce significativamente. También se presentan unos bajíos, algunos naturales y otros productos de excavaciones para ladrilleras, que igualmente contribuyen a disminuir el pico del caudal de drenaje que llega al zanjón Tortugas”.

Se señala que en las densificaciones de asentamientos humanos como el Poblado Campestre, el caserío de Domingo Largo, el caserío de Juanchito, instalaciones industriales y fabriles, no se evidencia un tratamiento de protección más exigente que el de proyectos exclusivamente agrícolas.

Sobre la margen derecha del río Cauca, aguas abajo del Poblado Campestre, los diques existentes se encuentran interrumpidos, lo cual evidencia el posible desborde a ambos extremos de los diques. En el Caserío de Juanchito aguas abajo del puente Carlos Holguín y frente a las viviendas, existe un dique abierto aguas arriba y abajo, lo cual no garantiza protección ante inundaciones. Aguas abajo no hay diques hasta llegar a la planta industrial de Cartoneras Industriales Colombianas, la cual se encuentra ubicada a 1 km al sur del puente del Paso del Comercio hacia Juanchito; tiene protección individual contra inundaciones consistente en diques perimetrales interrumpidos en las puertas de entrada, protegidos con guías metálicas para insertar compuertas metálicas en caso de desbordamientos del río Cauca o del zanjón Tortugas.

En esta zona entre Juanchito y el Paso del Comercio, el sector agrícola busca protegerse mediante un dique por el costado oriental de la carretera del Paso del Comercio a Juanchito, pero tiene interrupciones que hacen ineficaz el intento de protección.

En el Lindero Oriental de la zona se encuentra el río Fraile, en su tramo de dirección sur - norte, y un canal de drenaje existente por el lindero oriental de la hacienda Matecaña. Entre el Poblado Campestre y Cavasa se encuentra la hacienda Las Palmas, ubicada entre la carretera a Cavasa y el río Fraile, la cual tiene en el costado occidental un canal de drenaje

que entrega al río Fraile mediante tubería y compuerta de chapaleta para drenaje de verano, e instalaciones de bombas para época de invierno.

3.2.2. Diagnóstico del estado actual y los daños ocasionados por la ola invernal 2010 a la infraestructura de las obras de control de inundaciones marginales al río Cauca y sus tributarios en la zona plana del Valle del Cauca. Contrato CVC N°. 241 de 2010. Fundación Pacífico Verde

La CVC y la Fundación Pacífico Verde firmaron un convenio de asociación para realizar el diagnóstico del estado de los diques del Distrito de Aguablanca. Dentro de los alcances del estudio realizaron el diagnóstico del estado de los diques construidos dentro de los proyectos de adecuación de tierras entre los años 60's, 70's y 80's, sobre la margen izquierda del canal Interceptor Sur y el río Cauca. El proyecto se dividió por zonas, las cuales para objeto del proyecto, se revisaron aquellas que incluyen la zona de estudio, tales como las zonas del Canal CVC Sur en la ciudad de Santiago de Cali, la zona de Domingo Largo, Palmira-Bolo-Guachal-Amaime, Paso de la Torre-Amaime, Paso del Comercio.

3.2.2.1. Zona Canal Interceptor CVC Sur y río Cauca.

Se evaluaron proyectos de la margen izquierda del río Cauca, Aguablanca, Río Cali-Río Arroyohondo, Río Arroyohondo-Puerto Isaacs, que incluyen el casco urbano de la ciudad de Cali.

Dentro de las observaciones realizadas precisan que en el tramo de la margen derecha del río Cauca, el grado de protección para la infraestructura de control de inundaciones y drenaje corresponde a frecuencias menores a 30 años o simplemente no existe, lo cual posibilita asumir, que en el escenario hipotético de una creciente de frecuencia mayor, ésta se deformará y el nivel del flujo en la margen izquierda será menor.

La evaluación hidrológica y la modelación hidráulica del Canal Interceptor CVC Sur y el río Cauca se realizó utilizando el modelo de tránsito hidráulico unidimensional HEC-RAS, para periodos de retorno de las crecientes de una vez en 10, 20, 30, 50 y 100 años.

Se concluyó que en el canal Interceptor Sur para el nivel de creciente con periodo de retorno de una vez en 100 años con remanso del río Cauca, tiene bordes libres entre 0,17 m y 1,39 m; los cuales están por debajo de los 1,5 m del diseño original.

En lo correspondiente al río Cauca, el nivel de creciente para una frecuencia de una vez en 100 años, genera desbordamientos sobre la corona del dique, por lo que se recomienda realizar el realce el dique del río Cauca hasta lograr un nivel de protección óptimo, entre el canal Interceptor Sur y el puente de Juanchito, así como otras acciones para mitigar los impactos de futuras inundaciones.

En la margen derecha del río Cauca los diques existentes tienen un nivel de corona inferior a los de la margen izquierda y por consiguiente el desbordamiento del río se hace primero hacia esa orilla; en algunos tramos no existe dique (Juanchito y Domingo Largo). De la misma forma, los diques existentes aguas arriba presentan niveles de protección para 1 en 30 años.

3.2.2.2. Zona Domingo Largo

Como antecedentes de proyectos relacionados con el río Cauca en la zona de estudio, se encuentra el proyecto de canalización del zanjón Tortugas en 1992, que incluyó diques marginales, estructura de entrega, puentes vehiculares, puentes sobre la vía a Candelaria y pasos para agua de riego.

Otro antecedente lo constituye el proyecto urbanístico Poblado Campestre- Obras para control de inundaciones, cuyos diseños fueron elaborados por la firma HidroOccidente en el año 1995, que constan de un dique en el margen derecha río Cauca, dique al margen izquierda zanjón Tortugas, dique de cierre en la zona sur.

Dentro de las conclusiones a las que llega el estudio, respecto al nivel de protección del dique existente y a la evaluación hidrológica y de niveles a lo largo del río Cauca en el tramo en estudio, los niveles de corona de los diques existentes están por debajo de los nuevos niveles para período de retorno de 1 en 100 años.

En este tramo se presentan desbordamientos en el corregimiento de Domingo Largo, debido a que parte de este se encuentra dentro de los 60m de berma que se deben dejar entre las obras de control de inundaciones y la orilla del río Cauca y que es necesario, por lo tanto, reubicar las viviendas que se encuentran dentro de esta franja para poder acometer la construcción de las obras de protección.

Recomendando sobreelevar el nivel de la corona hasta el correspondiente nivel de la creciente de 1 en 100 años sin borde libre. Esto se hace teniendo en cuenta que aguas arriba de este dique, sobre la misma margen derecha, las obras de control de inundaciones existentes tienen un nivel de corona inferior a los del zanjón Tortugas y río Cauca en el tramo estudiado.

3.2.2.3. Zona de Paso del Comercio y Puerto Isaacs

En esta zona se recomendó, para controlar el desplazamiento lateral del río Cauca en el tramo del proyecto, la construcción de una obra de fijación de orilla que controle el proceso erosivo que se presenta sobre el margen derecha del río Cauca en el sector de Piles.

De acuerdo con los resultados de los análisis hidrológico e hidráulico realizados al río Cauca, los niveles esperados de agua para un período de retorno de 1 en 30 años son 950,40 msnm en el Paso del Comercio y 948,09 msnm en Puerto Isaacs. Teniendo en cuenta el metro borde libre recomendado para la protección contra inundaciones de esta zona, se propone una corona de 951,40 msnm en el Paso del Comercio y 949,09 en Puerto Isaacs. En promedio la sobreelevación que requiere el dique para llegar a estos niveles de protección es de 1,91m.

3.2.2.4. Margen izquierda de los ríos Cali, Arroyohondo y Cauca y derecha del río Arroyohondo entre la desembocadura del río Cali y Puerto Isaacs

Con la necesidad de recuperar las condiciones de diseño de los diques de control de inundaciones del proyecto comprendido entre el río Cali y Puerto Isaacs, se recomendó realizar la corona de los diques hasta el nivel correspondiente a un período de retorno de una vez en 30 años, más un metro de borde libre.

De acuerdo al análisis hidrológico e hidráulico realizado al río Cauca, los niveles esperados de agua para un período de retorno de 1 en 30 años son 949,72 msnm en la desembocadura del río Cali; 949,30 en la desembocadura del río Arroyohondo y 948,02 en Puerto Isaacs.

3.3. INFORMES TÉCNICOS DE INUNDACIONES Y OBRAS

3.3.1. Subdirección de Gestión Ambiental, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC.

3.3.1.1. Concepto Técnico No. SGA.GI-001-98. Tratamiento de la margen derecha del río Cauca-Juanchito Empresa Granitos y Marmolina, Enero 26 de 1998. Grupo de Infraestructura.

En la margen derecha del río Cauca en el predio de la empresa Granitos y Marmolinas, se presentaba un proceso lento de erosión marginal. Dicha empresa realizó la disposición de sacos plásticos con residuos de la empresa, el cual se ubicó sobre la berma, es decir, al lado de la corona del barranco. El Concepto concluye que como no se disponía de información

sobre la calidad del tratamiento y, además, la ubicación del material con el cual se realizaba el tratamiento, junto a la corona del barranco podría, en caso de una creciente del río, trabajar como un espolón direccionador de las líneas de flujo de la creciente.

3.3.1.2. Concepto Técnico No. SGA.GI-002-98. Obra de Entrega al río Cauca-Drenaje Agrícola Hacienda La Amalia, Febrero 8 a 20 de 1998. Grupo de Infraestructura

El objetivo del concepto es evaluar la viabilidad de permitir la construcción de una obra de entrega de aguas de drenaje agrícola y/o pluvial de la Hacienda la Amalia – ubicada en el margen derecha del río Cauca entre Juanchito y el puente Paso del Comercio – Palmira, con terrenos a lado y lado del zanjón Tortugas o Curiche.

El sitio de construcción de la obra se localiza exactamente a 1400 m aguas arriba del sitio de la entrega del Zanjón Tortugas al río Cauca, en una franja de aproximadamente 110 m de ancho del cauce del río.

El Ingenio del Cauca contrató la firma HidroEstudios Ltda. para presentar a consideración de la CVC la documentación concerniente al proyecto “Obra de entrega de drenaje agrícola al río Cauca”, el cual consiste en el estudio y diseño para la construcción de una estructuras de aguas de drenaje de la hacienda La Amalia al río Cauca, con el fin de mejorar el sistema de drenaje que se encuentra construido en la Hacienda mencionada, permitiendo la descarga del mismo por el sistema de gravedad, construir una conducción hidráulica que comunique al existente drenaje del río.

3.3.1.3. Concepto Técnico sobre Evaluación de la inundación en la Urbanización “Ciudad del Campo”, Marzo 26 de 1999. Grupo de Infraestructura.

En respuesta a la solicitud del Concepto N°. SGA.I.017.99, sobre la evaluación de la inundación en la Urbanización Ciudad del Campo, se manifestó que mientras los diques proyectados para el control de inundaciones no se construyeran en su totalidad, la urbanización continuaría siendo susceptible a ser afectada por desbordamientos del río Cauca y el Zanjón Tortugas.

Las inundaciones en la zona se debieron a la falta de la capacidad hidráulica del Zanjón Tortugas, el cual se desbordó inicialmente en el predio la Amalia, al estar remansado por el río Cauca en su entrega, y el desbordamiento que presentó el río Cauca, debido a la falta de diques para el control de inundaciones en el margen derecha en el tramo localizado aguas

arriba del puente Juanchito y después de éste, hasta la entrega del zanjón Tortugas al mismo río Cauca.

3.3.1.4. Informe N° SGA.I.017.99. Evaluación de la inundación en la Urbanización “Ciudad del Campo”, Fecha de visita 12 a 25 de Marzo de 1999. Grupo de Infraestructura.

Dentro de los antecedentes del informe en mención se consigna el otorgamiento de la Licencia Ambiental Ordinaria (Resolución DG N° 0928 de Septiembre 27 de 1996) al Proyecto “Ciudad del Campo, en el cual impuso entre sus obligaciones el Cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental, específicamente lo concerniente a las medidas de mitigación en la construcción de las obras, el cual incluía: 1) Jarillón perimetral, 2) Canal de Drenaje Agrícola, 3) Planta de tratamiento para aguas residuales, 4) Estación de bombeo para aguas lluvias, 5) Perforación de pozo profundo, 6) Construcción de vías.

Localización: El proyecto Ciudad del Campo se encuentra localizado en el Municipio de Palmira en el Corregimiento de Juanchito y próximo a las ciudades de Santiago de Cali, en la margen derecha del río Cauca, su acceso se hace por la vía Cali-Candelaria.

En la fecha de visita, se observó que el área fue afectada en su totalidad por la inundación. En la primera Etapa de la Urbanización “Ciudad del Campo”, se encuentra construido un dique perimetral en tierra reforzada, colindando al sur con el predio de la Sociedad SHIWA Hermanos, en una longitud aproximadamente de 650 m, al norte con el predio de la Señora Cecilia de Balcázar, en longitud aproximada de 700 m. Como cierre del área de la Primera Etapa y sobre el alineamiento de la franja de protección de la línea de alta tensión, sector occidental, se construyó un dique provisional con material del sitio en una longitud aproximada de 420 m.

En el momento de la visita, el Jarillón perimetral proyectado para el control de inundaciones para la Segunda y Tercera Etapa, no había sido construido.

Se identificaron 4 sitios de acceso por donde ingresaron las aguas de inundación:

En el sitio N°. 1, ubicado en la entrada principal de la Urbanización, el cual no estaba terminada la construcción del dique de protección que colinda al sur con el predio de la Sociedad SHIWA Hermanos, ni la rampa de acceso al mismo. Por este sitio ingresaron a los terrenos de la Urbanización las aguas desbordadas del río Cauca en fecha 1 de Marzo de 1999.

El sitio N°. 2, localizado en el empalme de Jarillón sur y el Jarillón provisional, construido sobre la franja de servidumbre de la línea de alta tensión. En este sitio la corona presenta un tramo de 15 m con un menor desnivel, el cual favoreció el ingreso por desbordamiento sobre el Jarillón de las aguas que anegaban el lote de la segunda y tercera etapa de la urbanización, la cual se debió a los desbordamientos respectivos del zanjón Tortuga y el río Cauca.

Sitio N°. 3, situado en Jarillón provisional y próximo al empalme con el Jarillón del costado Norte. En este sitio, existe un boquete en el Jarillón, el cual se hizo para permitir el paso de la maquinaria agrícola empleada en aprovechamiento agrícola en el área de los terrenos de la segunda y tercera etapa de la urbanización. Por este sitio ingresaron inicialmente las aguas desbordadas del zanjón Tortugas y luego las aguas desbordadas del río Cauca de los sectores comprendidos la Urbanización Poblado Campestre y el puente de Juanchito y el sector comprendido entre este puente y la entrega al Cauca del Zanjón Tortugas.

Sitio N°. 4, ubicado en el empalme entre el Jarillón provisional y el Jarillón del costado Norte, Predio de Cecilia de Balcázar. En este sitio, se presenta una situación similar al del sitio 2, un pequeño desnivel de la corona permitió desbordamiento sobre la corona, el ingreso de las aguas que inicialmente inundaron el predio de la señora en mención fue debido al desbordamiento del zanjón Tortugas y luego el río Cauca.

3.3.1.5. Memorando DRC.CT.160.99 Comentarios Oficio AM -0943 de Junio 10/99 enviado por el Dr. José Antonio Calle, Alcalde Municipal Palmira.

Se envían comentarios desde la Dirección Regional Suroriente sobre los diques en los sectores entre el río Cauca y Zanjón Tortugas, en donde este tipo de estructuras de protección contra las crecientes del río Cauca y en inviernos extremos (primer semestre de 1999) se ven afectados por inundaciones. Este sector comprende los terrenos desde Juanchito en Candelaria, La Dolores en Palmira, donde se encuentran asentadas explotaciones industriales, agropecuarias, asentamientos humanos, etc.

En el sector de Piles aunque hay diques de protección hay viviendas ubicadas entre los diques y el río que hay necesidad de reubicar.

En el sector de la Dolores existen diques con deficiencia técnica y no cumplen las especificaciones exigidas para regular y controlar las crecientes del río Cauca.

3.3.1.6. Memorando SGA-I-3086 en respuesta al memorando SPA J 1029. Construcción de dique, proyecto “Compartir Arboleda Campestre”. Noviembre 14 de 2000. Grupo de infraestructura.

En este documento se determina la intervención del guadual existente en el predio del Señor Jorge Zamorano denominado “La Japonesita”, el cual debe ser cruzado por el dique marginal del río Cauca para mitigar las inundaciones dentro de la urbanización “Compartir Arboleda Campestre”, y la respectiva compensación por la intervención del guadual, que incluía la siembra de 0,19 ha de bosque, que correspondía a tres veces el área afectada (0,063 ha). Se evaluaron unas modificaciones propuestas al dique de la orilla izquierda del Zanjón Tortugas, las cuales al momento de elaboración del memorando, no se había aprobado por parte de la CVC.

Como antecedentes del informe se expone como antecedente la creciente del río Cauca, durante el 28 de febrero de 1999, que ocasionó el desbordamiento de sus aguas al margen derecha del río Cauca en el predio “La Japonesita”, lo cual causó una inundación que afectó la Urbanización “Poblado Campestre”. En el momento de la visita se observó el área inundada equivalente al 70% del total del sector urbanizado, manzanas 3, 4, 8 y 9 las más afectadas. Señalando que en el predio “La Japonesita”, presenta una depresión topográfica favoreciendo el desborde del río, además, no tenía obra de control de inundaciones.

La urbanización Poblado Campestre cuenta con un tramo de dique construido parcialmente de una longitud aproximada de 150m. En el margen izquierdo del Zanjón Tortugas, se elevó el dique existente a 400m en el tramo que inicia aguas arriba de la alcantarilla de la vía Cali-Candelaria. Paralelo a la margen izquierda del Zanjón Tortugas existe un Jarillón de poca altura.

El problema de inundación persiste con las condiciones existentes de protección, la zona urbanizada es susceptible de ser inundada cuando el río Cauca presente una creciente cuyos niveles superen las cotas naturales del terreno en los puntos bajos de la margen derecha o cuando el zanjón Tortugas presente una creciente que supere los niveles de las coronas de los diques existentes en la margen izquierda.

3.3.1.7. Concepto técnico de Posibilidades de inundación en nueve predios. SGA-I-2791-00, Noviembre 16 de 2000. Grupo de Infraestructura.

Se evaluó la posibilidad de nueve predios consultados como áreas potencialmente anegadizas, por estar situados dentro de la planicie de inundación del río Cauca. La mayoría

de ellos sufrieron inundaciones durante las crecientes de los años 1950 a 1975, pero a raíz de las obras de protección contra inundaciones construidas en la década de los 70's no han sufrido de inundaciones por desbordamientos durante las crecientes posteriores a 1975. La efectividad de la protección de los predios ubicados dentro de zonas protegidas dependerá del estado de las obras de protección, de manera que de presentarse el fallo de algunas de estas durante una creciente, las inundaciones volverán a ocurrir.

Los predios se localizan así: El Predio 1 y 2, dentro del proyecto de protección contra inundaciones "Caucaseco-La Dolores"; el predio 3 en el proyecto de protección "Río Palmira-Río Bolo; los predios 4, 5 y 6, en el proyecto de protección "Puerto Isaacs – La Guajira"; los predios 7 y 8, en el proyecto de protección "Autopista Cali-Yumbo" y el predio 9 localizado en la zona "Río Cali-Río Arroyohondo". Este último predio, es el único en el cual no se han construido obras de protección contra inundaciones.

Los predios pueden tener problemas de inundación muy particulares por aguas lluvias o niveles freáticos altos durante las épocas de lluvias intensas o frecuentes.

3.3.1.8. Informe Técnico 1130-09-028-086-529-2001, sobre la evaluación del dique existente, margen derecha río Cauca, sector vereda Los Piles, corregimiento de Juanchito, municipio de Palmira. Diciembre 28 de 2001. Grupo de Infraestructura.

El concepto técnico emitido afirma que el dique construido en la parte externa de la curva de un meandro (sector vereda Los Piles), presenta dos tramos afectados por la erosión marginal; de continuar este proceso erosivo, el dique puede ser alcanzado y destruido en ambos tramos. En consecuencia, el dique existente no garantiza una protección y el sector de la vereda es potencialmente inundable.

Dentro de las recomendaciones para el municipio de Palmira se encontraba la reubicación de las viviendas de la vereda Los Piles, y la elaboración del proyecto de evacuación de las aguas de escorrentía del sector. Para los propietarios de los Predios, Piles, San Eusebio, Santo Tomás y El Quince, construir las obras de protección en la margen derecha en los dos tramos afectados de longitud de 300 m y 200m.

4. HISTORICIDAD

4. HISTORICIDAD

Al establecer un recuento de la frecuencia de eventos naturales por inundación ocurridos en la zona de estudio, la cual está conformada por los municipios de Santiago de Cali, Candelaria, Palmira y Yumbo. Específicamente, en el municipio de Santiago de Cali, corresponde a los barrios Brisas de los Álamos en la Comuna 2, Brisas del Limonar, Alborada y Ciudad 2000 en la Comuna 16 y El Caney en la Comuna 17, las veredas El Estero y Morgan en el Corregimiento de Navarro; en el Municipio de Candelaria, los corregimientos del Carmelo, Juanchito y la Urbanización Poblado Campestre, y en el Municipio de Palmira los corregimientos de Caucaseco, la Dolores, Juanchito y Urbanización Ciudad del Campo.

El estudio está encaminado a evidenciar los factores de ocurrencia de eventos, la frecuencia y consecuencias; además, las respuestas de instituciones como el CLOPAD y entidades oficiales para tales eventos.

Entre los documentos consultados se obtuvieron registros de eventos, Informes Técnicos sobre inundaciones en la zona de estudio realizados por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) referenciados en el anterior Informe de Diagnóstico, y fuentes hemerográficas de diarios regionales y nacionales como El País, El Tiempo, el Relator, Diario Occidente y El Espectador, además de bases de datos de inventarios de desastres, principalmente, el Inventario de Desastres – Desinventar.

4.1. METODOLOGÍA

La búsqueda de información se realizó con base en el método intensivista, el cual consiste en un previo conocimiento de la ocurrencia de un evento determinado y mediante la búsqueda de diversas fuentes, nos permite precisar datos de hora, lugar de ocurrencia, efectos, daños causados, para así establecer parámetros de medición acerca de la frecuencia de estos fenómenos. Las fuentes usadas pueden ser primarias o secundarias.

Una aproximación inicial consiste en datar eventos históricos asociados a fenómenos de inundaciones en la zona de estudio y recopilar dichas fuentes mediante fichas para su organización archivística y posterior análisis de la información (Anexo A 1.1). Una vez obtenido el registro hemerográfico se contrasta la información con otras fuentes primarias, como testimonios de la comunidad, y secundarias, como actas, oficios e informes técnicos, que se constituyen en insumo importante para conocer el proceso asociado a la atención de las emergencias en la zona afectada.

La recopilación de información se apoyó en actividades como visitas de campo en la zona de estudio, donde se estableció contacto con los habitantes mediante la indagación y reconocimiento de la problemática de afectación. Esta actividad permite obtener una multiplicidad de escenarios y versiones acerca de los eventos históricos que afectan a la población y así tener una primera aproximación a las zonas de riesgo asociadas a los eventos de inundación.

4.2. RELACIÓN DE FUENTES Y DOCUMENTOS CONSULTADOS

4.2.1. Hemerográficas

En la actualidad se disponen de inventarios de desastres no solo a escala global sino también a escala local y regional; entre estas herramientas útiles accesibles encontramos el Sistema de Inventario de Efectos de Desastres, Desinventar, el cual presenta una base de datos pública que dispone de inventarios de desastres y pérdidas causadas por los eventos en diferentes escalas y los registra por fecha, lugar y daños asociados a las ocurrencias de éstos, entre otros aspectos. Para Colombia, Desinventar dispone de inventarios históricos de pérdidas a nivel de municipios y departamentos. Esta información es la base para la indagación en los documentos hemerográficos (noticias, artículos de periódicos) que hayan registrado la ocurrencia de eventos por inundación en el pasado.

Las fuentes hemerográficas se consultaron en las hemerotecas de la Biblioteca Mario Carvajal, Universidad del Valle y Biblioteca Departamental Jorge Garcés Borrero, en la ciudad de Santiago de Cali.

La consulta realizada en la base de datos de Desinventar junto con los registros hemerográficos arrojaron los siguientes resultados (Tabla 4.1)

Tabla 4. 1. Registro de eventos de inundaciones asociado al desbordamiento del río Cauca en los municipios de Candelaria, Palmira, Santiago de Cali y Yumbo en el periodo de 1949 hasta el 2014.

FECHA	EVENTO	GEOGRAFÍA	SITIO	FUENTE
15/06/1950	Inundación	Valle del Cauca	Candelaria	Desinventar (Base de datos OSSO- Relator)
07/12/1966	Inundación	Valle del Cauca	Candelaria	El País
23/12/1966	Inundación	Valle del Cauca	Candelaria corregimiento de Juanchito	El País
10/11/1970	Inundación	Valle del Cauca	Candelaria- Palmira, corregimiento de Juanchito	El País
13/11/1970	Inundación	Valle del Cauca	Corregimiento de Navarro, vereda Morgan y el Estero	El País
10/01/1971	Inundación	Valle del Cauca	Candelaria- Juanchito	Desinventar (Base de datos OSSO – El Tiempo)
22/02/1971	Inundación	Valle del Cauca	Candelaria, B. Cauquita y Juanchito	Desinventar (Base de datos OSSO – El Tiempo)
11/02/1972	Inundación	Valle del Cauca	Palmira	Desinventar (Base de datos OSSO – El Tiempo)
15/02/1974	Inundación	Valle del Cauca	Palmira	Desinventar (Base de datos OSSO)
04/03/1974	Inundación	Valle del Cauca	Sector Juanchito- Candelaria	Desinventar (Base de datos OSSO)
16/03/1974	Inundación	Valle del Cauca	Candelaria, Juanchito - El Milagro	Desinventar (Base de datos OSSO – El Tiempo)
12/11/1974	Inundación	Valle del Cauca	Sector Juanchito-Candelaria	Desinventar (Base de datos OSSO – El Tiempo)
03/03/1975	Inundación	Valle del Cauca	Guanabanal Palmira y Paso del Comercio	El País
10/12/1975	Inundación	Valle del Cauca	Sector Juanchito- Candelaria, Corregimiento el Hormiguero	Diario Occidente
29/10/1984	Inundación	Valle del Cauca	Sector Juanchito- Candelaria	Desinventar (Base de datos OSSO – El Tiempo)
31/10/1984	Inundación	Valle del Cauca	Barrios de Cali	El Tiempo
01/11/1984	Inundación	Valle del Cauca	Sector entre Cali- Candelaria Juanchito	El País
02/11/1984	Inundación	Valle del Cauca	Candelaria	El País
02/11/1984	Inundación	Valle del Cauca	Juanchito y Caucaseco de Palmira	El País
04/12/1988	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito en Candelaria y Palmira	El País
22/01/1997	Inundación	Valle del Cauca	Sector Juanchito - Candelaria	El Tiempo
23/02/1999	Inundación	Valle del Cauca	Candelaria	El Tiempo
24/02/1999	Inundación	Valle del Cauca	Sector -Parcelación la Nubia, Domingo Largo y la Urb. Poblado Campestre- Candelaria	Desinventar (Base de datos OSSO – DPAD-El Tiempo)
24/12/1999	Inundación	Valle del Cauca	Sector Juanchito	Desinventar (Base de datos OSSO – DPAD- El Tiempo)

Tabla 4.1. Continuación.

FECHA	EVENTO	GEOGRAFÍA	SITIO	FUENTE
12/12/2007	Inundación	Valle del Cauca	Juanchito	Desinventar (Base de datos OSSO -DPAD),
14/11/2010	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito y Domingo Largo de Candelaria	Desinventar (Base de datos OSSO -DGR)
04/12/2010	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito -Candelaria	El País
05/12/2010	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito Domingo Largo, Pablado Campestre y Caucaseco-Candelaria	El País
10/12/2010	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito -Candelaria, Sector de La Dolores -	El País
25/12/2010	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito -Candelaria	El Espectador
14/02/2011	Inundación	Valle del Cauca	Sector de la Dolores, Caucaseco -Palmira	El País
26/04/2011	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito -Candelaria	El País
05/12/2011	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito -Candelaria	El País
07/12/2011	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito -Candelaria	El País
08/12/2011	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito -Candelaria	El País
18/12/2011	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito -Candelaria y Palmira	El Tiempo
25/01/2012	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito -Candelaria	El Tiempo
26/01/2012	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito -Candelaria y Palmira	El Tiempo
27/01/2012	Inundación	Valle del Cauca	Sector de Juanchito -Candelaria	El Tiempo

Fuente: DesInventar, Diarios locales, recopilado por el proyecto, 2014.

A continuación se relaciona cada una de las noticias asociadas con el fenómeno de inundaciones en la zona de estudio destacadas en periódicos locales, como El País, El Relator y Diario Occidente y nacionales como El Tiempo y El Espectador, varias de estas noticias están relacionadas en la base de Datos Desinventar. Las noticias se transcriben de sus fuentes en orden cronológico.

EL RELATOR, Nacional. Caserío Juanchito, Junio 15 de 1950

“Nuevamente el río Cauca ha venido a causar problemas a los habitantes ribereños con el desbordamiento de las aguas. En Juanchito y Puerto Mallarino que fueron ocupados de nuevo por los antiguos habitantes el río inundó las habitaciones de las riberas y los vecinos tuvieron que abandonar sus hogares utilizando canoas balsas y algunas embarcaciones a motor. El aspecto que presentan los corregimientos de Juanchito y Puerto Mallarino es devastador y el río ha invadido los predios aledaños a las riberas y baja constantemente maderas animales y restos de lo que ha recogido en las inundaciones”.

EL PAÍS, Región. Inundadas por aguas del Cauca 20 mil plazas, Diciembre 07 de 1966

Candelaria, Valle del Cauca

“Plantaciones de caña sorgo, maíz y otros cultivos, en una extensión de más de 20 mil plazas, se vieron afectadas con un desbordamiento del Río Cauca, que se salió”.

EL PAÍS, Región. Inundado otro vasto sector en el municipio de Candelaria, Diciembre 23 de 1966

Candelaria, corregimiento de Juanchito, Valle del Cauca

“Numerosos damnificados y grandes pérdidas ha causado en las últimas horas las crecientes del río Cauca, especialmente por el corregimiento de Juanchito y el sitio de Tortugas, perteneciente a esa jurisdicción. Los más afectados han sido los propietarios de pequeñas y grandes parcelas dedicadas en su mayor parte a la agricultura y al crecimiento de la industria de ganado mayor y menor”.

EL PAÍS, Región. El río cauca comienza a desbordarse, Noviembre 10 de 1970

Candelaria Palmira en el Corregimientos de Juanchito- Valle del Cauca

“Moradores del sector Juanchito (1400 familias) y oriente de Cali.

Dos familias fueron evacuadas y decenas de viviendas afectadas.

Según el periódico El País, las personas del sector de Juanchito vivieron expectantes horas de angustia, a causa del desbordamiento del Río Cauca como consecuencia de las fuertes lluvias que azoto a todo el occidente colombiano.

José Aristóbulo Marmolejo, inspector de la policía, la alerta comenzó en las últimas horas de la madrugada cuando el caudal del río comenzó a crecer desproporcionadamente, amenazando pequeñas haciendas y el caserío.

La gente atendió al funcionario y empezaron a recoger lo poco de valor que les quedaba y siguieron a la expectativa. Dos de las familias cuyas viviendas estaban más próximas a la rivera del río fueron evacuadas y llevadas a la escuela del lugar.

Momentos más tarde el caudal del río bajo, pero hacia las 2 pm subió de nuevo provocando alarma en las gentes.

La estación de bombeo de la CVC localizada en el sector paso del comercio le informo al periódico que el agua había subido a 953.90 y se desbordaría al llegar al 954.10, el nivel corriente es de 950.30

En la parte baja del cauce añadió el inspector Marmolejo, la situación de peligro es la misma donde se afectarían algunas haciendas.

El peligro que más tememos es que la creciente nos sorprenda por el cauce de la madre vieja dice el funcionario.

Las personas fueron ubicadas en albergues en la escuela oficial y otros donde familiares cercanos.

En Candelaria el gobierno decidió dar ayudas a todos los damnificados de Juanchito y también a las personas del margen derecho del río Cauca”.

EL PAÍS, Región. Inundados Morgan y El Estero: 150 familias evacuadas ayer en Navarro, noviembre 13 de 1970

Corregimiento de Navarro, veredas Morgan y El Estero - Valle del Cauca

“Las parcelas y las viviendas fueron afectadas. Evacuadas 150 Familias y dos quedaron en la miseria de Morgan y El Estero, por desbordamiento del río Cauca, la evacuación comprendió toda clase de animales domésticos, los cultivos se perdieron literalmente y la vía carretable quedó inservible. Hubo necesidad de usar improvisadas embarcaciones para transportar personas y enseres.

La mayoría de los damnificados fueron localizados en la escuela del barrio Villanueva, mientras que otros donde familiares y allegados. Damas grises de la cruz roja repartieron colchonetas, mercados, frazadas y otros auxilios inmediatos. Pese a lo sorpresivo del desbordamiento no se presentaron víctimas de lamento.

Las aguas se salieron por un cauce viejo entre la orilla del río y el dique de Navarro, este último protege la zona de Cali. Se determinó que muchas de las viviendas serán necesariamente derrumbadas y reconstruidas cuando baje el

caudal y pare el invierno. El día lunes 9 muchas personas se reusaron a desalojar pero debieron hacerlo forzosamente”.

EL TIEMPO, Nacional. Las Aguas del caudaloso Cauca invadieron las típicas casetas de Juanchito en el Valle, Enero 10 de 1971

“Las aguas del caudaloso Cauca invadieron las típicas casetas de Juanchito en el Valle. En algunos sitios el nivel de las aguas alcanzó hasta 3 metros de altura”.

EL TIEMPO, Nacional. Las aguas del río Cauca suben día tras día, Febrero 22 de 1971

“Humildes familias especialmente del barrio Cauquita y Juanchito y otros sitios han desocupado provisionalmente sus habitaciones para evitar ser nuevas víctimas de los desbordamientos del Cauca. Perdidas en cultivos de soya, frijol, maíz, algodón y ajonjolí”.

EL TIEMPO, Nacional. El invierno comenzó a mostrar sus efectos en el Valle, Febrero 11 de 1972

“El invierno comenzó a mostrar sus efectos en el valle al inundar zonas cultivadas y destruir de paso vías y obras de adecuación y drenaje. Vastas extensiones ubicadas a orillas del río Cauca comienzan a presentar el panorama desolador de las inundaciones con graves pérdidas. El río Bolo, un riachuelo que parece inofensivo arrasó plantaciones de arroz soya y otros productos transitorios en la zona cercana a Cali y Palmira desbordándose y cubriendo varias viviendas”.

EL TIEMPO, Nacional. El sábado y el domingo (16 y 17) fueron anegados los barrios Puerto Mallarino y Juanchito que están situados a la orilla del Cauca, Marzo 16 de 1974

EL TIEMPO, Nacional. Las aguas del río Cauca comenzaron a salirse de su cauce y anegaron las calles del populoso sector de Juanchito en Cali, Noviembre 12 de 1974

“Las aguas del río Cauca comenzaron a salirse de su cauce y anegaron las calles del populoso sector de Juanchito en Cali. En Yumbo al norte de Cali también se registraron inundaciones las cuales fueron provocadas por torrenciales lluvias caídas en las últimas horas”.

EL PAÍS, Región. Comienzan inundaciones por desbordamiento de los ríos, Marzo 03 de 1975

“Estación de bombeo, ubicada en el paso del comercio.

Los corregimientos y sectores que afecto la inundación fue en Guanabanal, Palmira y Paso del Comercio. Inicio de las lluvias, altamente fuertes, para esta fecha aún no se registran pérdidas de vidas humanas, ni en la agricultura, ni en la ganadería”.

EL PAÍS, Región. Desbordamiento de las aguas del río Cauca, Diciembre 09 de 1975

Estación de bombeo, ubicada en el paso del comercio, Cali.

“Los corregimientos y sectores que afectó el Paso del Comercio

Lluvias altamente fuertes, a los habitantes de este sector les toco evacuar sus casas, para evitar mayores pérdidas, para los daños materiales en productos agrícolas y en el valor de las construcciones afectadas”.

EL OCCIDENTE, Local. Once mil damnificados en barrios marginales, Diciembre 10 de 1975

“Once mil damnificados se contabilizaron en la zona periférica de la ciudad (Sector Juanchito, corregimiento de El Hormiguero y Barrios periféricos a Cali), consecuencia del fuerte invierno, las personas afectadas expresaban su preocupación ante la ola de moscas y zancudos que desatan enfermedades.

Para el sector de Juanchito 90 personas fueron alojadas en diferentes salones improvisando dormitorios”.

EL TIEMPO, Diciembre 12 de 1975

“En el Corregimiento de Navarro situado en la margen izquierda del Cauca y al sureste de la capital los bomberos evacuaron 200 familias en las últimas horas lo mismo que en algunos barrios aledaños y caseríos donde el agua ha subido más de 2 metros”.

EL TIEMPO, Nación. Recrudece el invierno en el país, Octubre 31 de 1984

“Varios barrios de la ciudad fueron inundados por las aguas del río Cauca. Numerosas familias abandonaron sus hogares, mientras el nivel de las aguas subía peligrosamente”.

EL PAÍS, Región. No baja nivel del río Cauca, Noviembre 01 de 1984

“Brisas del Cauca, Las Vegas y Las Antillanas”

El río Cauca continuó aumentando su nivel a razón de 1 centímetro por hora, en dos días el río ha aumentado 77 centímetros y ha amenazado con tapan la carretera que une a Cali con Candelaria. En las estación de bombeo de la CVC, en el paso del comercio, se reportó ayer que a las dos de la tarde el Cauca se hallaba a un nivel de 954,09 msnm, apenas a 14 centímetros del registro máximo histórico presentado en ese lugar, que es de 954,23 msnm y el cual fue tomado hace casi 20 años. Se afectaron vías, estación de bombeo, 1060 familias damnificadas y 244 viviendas inundadas”.

EL PAÍS, Región. El río Cauca llegó al máximo nivel, Noviembre 02 de 1984

“La inundación afectó los barrios situados en la margen izquierda del río Cauca en el municipio de Santiago de Cali, junto al Jarillón y terrenos a la margen derecha en la zona rural del municipio de Candelaria. El día de Ayer se reportó que el río Cauca llegó al nivel crítico y máximo en toda su historia, 954,25 msnm afectando viviendas, terrenos de cultivo y pérdida de ganado”.

EL PAÍS, Región. Por invierno emergencia en municipios, Noviembre 02 de 1984

“Se desbordó el río Cauca a la altura de Juanchito, poniendo en peligro los habitantes del corregimiento de Caucaseco en el municipio de Palmira. Afecto a viviendas, vías e inundó 40 hectáreas sembradas”.

EL PAÍS, Región. Candelaria y Palmira Corregimiento de Juanchito y sector La Playita - Valle del Cauca, Diciembre 04 de 1988

“Las inundaciones del río Cauca desde el viernes en el sector del Jarillón, dejaron en la intemperie a varias familias. Millonarias pérdidas fueron reportadas por los

damnificados. En el interior de las viviendas quedaron sus pertenencias, rescatadas en improvisadas balsas”.

EL TIEMPO, Nación, Damnificadas 117 familias por invierno. “en Juanchito, al oriente de Cali, fue decretada la alerta roja por el aumento del caudal del río Cauca. Por lo menos nueve carreteras del Cauca resultaron afectadas por derrumbes y deterioro de la banca, debido a la intensidad de las lluvias”, Enero 22 de 1997

“Un muerto, cerca de 117 familias damnificadas y más de 11 corregimientos incomunicados es el resultado que dejan las lluvias en las últimas horas en el Valle del Cauca.

Ante el reconocimiento del invierno, la Oficina Regional de Atención de Desastres decretó la alerta naranja en los municipios del departamento, en tanto el Comité Local de Emergencias de Cali, declaró la alerta roja en el sector de Juanchito, en donde el río Cauca creció unos cuantos metros por encima de su nivel normal.

EL TIEMPO, Nación. Río Cauca empezó a desbordarse en algunas zonas. 12 municipios en alerta por invierno, Febrero 23 de 1999

“(…) En el Valle del Cauca, el desbordamiento del río Cauca a su paso por Cali afectó el Barrio Puerto Mallarino, inundando varias viviendas. (...) Ríos en riesgo de desbordamiento.

Valle: Ovejitas, Desbaratado, Frayle, Tuluá y Bolo.

En alerta se mantienen 12 municipios localizados en la ribera del río Cauca. El gobernador, Gustavo Álvarez Gardeazabal, advirtió que peligrosamente el río amenaza poblaciones y cultivos, ya que está superando los jarillones, y pese a todos los esfuerzos que se puedan realizar no hay dinero para ayudar a los damnificados ni rehabilitar carreteras.

De continuar las lluvias peligran los cultivos de caña de azúcar y el sector empresarial de Candelaria, dijo el mandatario seccional.

En Cali la salida del río Cauca, afectó el barrio Puerto Mallarino, afectando a decenas de familias. Hasta el momento las inundaciones dejan 23 familias damnificadas en Bugalagrande, 15 en Bolívar y 11 en Riofrío. En Tuluá, la

secretaria de gobierno, Esperanza Ariza, dijo que se mantiene especial vigilancia sobre los barrios San Antonio y La Inmaculada, ante la destrucción de un muro de contención”.

BASE DE DATOS DESINVENTAR (DNPAD - EL TIEMPO), Nación. Parcelación La Nubia y La Playita, Febrero 24 de 1999

“Parcelación La Nubia y La Playita. También se reportaron problemas en la vereda Domingo Largo y El Silencio en donde resultaron anegados los cultivos de caña. Se inundaron varios establecimientos entre ellos los moteles. Las aguas del río Cauca se devolvían por las alcantarillas 140 familias del Poblado Campestre perdieron total o parcialmente sus enseres. En candelaria 75 familias se encuentran damnificadas”.

BASE DE DATOS DESINVENTAR (DNPAD), Nación. Pérdida de avícola y cultivos por valor de 200 millones de pesos. Corregimiento Juanchito y Cabuyal, Diciembre 24 de 1999

BASE DE DATOS DESINVENTAR (DPAD). Desbordamiento río Cauca sector Juanchito. Reporte Preliminar del CREPAD, Diciembre 12 del 2007.

900 Afectados.

BASE DE DATOS DESINVENTAR (DGR), Reporte de la Defensa Civil, Noviembre 14 del 2010.

“Zona rural y corregimientos Juanchito; Domingo Largo; Calitubos; Pueblo Nuevo. 1500 afectados por desbordamiento del río cauca y 300 viviendas afectadas”.

EL PAÍS, Región. Graves inundaciones en Juanchito y la vía a Candelaria, Diciembre 04 del 2010

“Juanchito corregimiento del municipio de Candelaria, departamento del Valle del Cauca”

Los habitantes de la ribera del río Cauca a la altura de Juanchito taponaron el paso de vehículos hacia y desde Cali. El río Cauca se desbordó a la altura de Juanchito dejando más de 115 personas damnificadas. Las lluvias que se

presentaron durante toda la noche y parte del día hicieron que las aguas del afluente llegaran hasta donde se encuentran ubicadas las discotecas de la zona. Las 35 casas que se encuentran ubicadas a un costado de la ribera del río tuvieron que ser desalojadas por las autoridades debido a que el agua alcanzó casi el metro de altura.

La vía Cali-Candelaria, por donde se encuentran ubicadas las discotecas Changó y Agapito, estuvo cerrada por varias horas debido a que era imposible movilizarse. En este lugar el agua alcanzó el tope del malecón de Juanchito.

Los habitantes de esta zona levantaron su voz de protesta ya que argumentan que no han recibido ayuda para mitigar los efectos del invierno ni se les ha planteado alguna solución definitiva para evitar las inundaciones.

Por esta razón fue necesaria la intervención de la Policía y acordaron realizar una reunión el próximo lunes en las instalaciones de la Alcaldía de Candelaria”.

EL PAÍS, Región. Familias damnificadas en Juanchito llegan a 145, Diciembre 05 del 2010

“A 145 se elevó el número de familias damnificadas por las inundaciones presentadas en las últimas horas en la zona rural de Juanchito, en el municipio de Candelaria, donde las casas inundadas ya son 143.

De acuerdo con el más reciente reporte del Comité de Prevención y Atención de Desastres, CLOPAD, el rompimiento del dique del río Cauca, que se presentó hacia las 3:00 a.m. de este domingo, generó una nueva emergencia en el sector que provocó la inundación de un total de 42 viviendas de la vereda Domingo Largo, en jurisdicción de Juanchito, y 22 en un punto aledaño de la zona comercial e industrial del corregimiento. Igualmente resultaron afectados cuatro moteles, tres discotecas y cinco empresas, además de la carretera que comunica a Cali Con Candelaria, por lo que se tuvo que restringir el paso por esta vía.

De acuerdo con los Organismos de Socorro, el rompimiento del dique se dio entre el sector de Poblado Campestre e Industrial Gold, lo cual por la presión del agua hizo que el río Cauca creara un gran boquete que inundó la zona poblada de Domingo Largo, lo que se visualizó en uno de sus callejones a las 5:00 a. m., según precisó el coordinador del CLOPAD en Candelaria, David Useche. Las diversas emergencia registradas en el zona han hecho que a la fecha se tenga que

reubicar 19 familias que se mantienen albergadas en la escuela de Santa Rita de Acacia y en carpas ubicadas en el entorno, en la zona de Juanchito.

Según señaló Useche hacia las horas de la tarde se logró el taponamiento del dique y con cinco motobombas estratégicamente ubicadas se empezó a trabajar en la evacuación de las aguas que generaron esta nueva inundación.

Reubicación definitiva

Como es conocido, el Municipio de Candelaria tiene proyectado reubicar en un lote del corregimiento Caucaseco a 48 familias que se encuentran en zona de alto riesgo en Juanchito, a orillas del río Cauca. La alcaldesa Nancy Stella Vásquez, aseguró que el gobierno Local ha desarrollado una serie de esfuerzos para solucionar de una vez por todas la problemática.

“Entendemos la necesidad de vivienda que tiene la comunidad Candelareña, pero no son las riberas de los ríos los espacios más apropiados para construir” señaló la mandataria, tras revelar que con el Fondo de Regalías se tiene un proyecto, el cual ya cuenta con recursos”.

EL PAÍS, Región. Se mantiene alerta en Juanchito y Zona Franca del Pacífico, Diciembre 10 del 2010

“Se conoció que empresas como Industria Torero mantienen a 185 trabajadoras esperando para retornar a sus labores. No obstante, el coordinador del CLOPAD precisó que en esta fábrica se alcanzó a sacar los productos y materiales.

La alcaldesa Nancy Stella Vásquez, indicó que los establecimientos y empresas que se encuentran en los puntos más bajos de Juanchito fueron los mayores afectados por las inundaciones, al igual que el sector de la calle 94, lo cual obligó a evacuar varias familias.

Debido a que las inundaciones alcanzaron la vía entre Cali y Candelaria el tráfico también se vio afectado generando trancones por la demora en el flujo de vehículos.

Entre tanto, el rompimiento clandestino de un dique con dinamita por parte de extraños, generó conflictos con la comunidad resultando una persona herida con arma de fuego. Fabio Márquez, coordinador del CLOPAD, dijo que sobre el caso

se conoce que cinco encapuchados colocaron los explosivos en el dique ubicado entre el corregimiento de La Dolores y la finca Cachiporra con el objetivo de evacuar gran cantidad de agua que se encontraba estancada en un terreno.

Ante la situación un vigilante reaccionó y resultó herido en su rostro, pero ya fue dado de alta. Por la situación fue necesaria la evacuación de 32 familias de la vereda Piles, donde el nivel de las inundaciones llegó a un metro de altura”.

EL ESPECTADOR, Nacional. Las inundaciones del Valle del Cauca, Diciembre 25 del 2010

“El río Cauca mostró record histórico de caudal pasando por el puente de Juanchito, cerca de Cali, con 1,088 metros cúbicos por segundo. Más de 30,000 hectáreas afectadas a lo largo del Valle del Cauca”.

EL PAÍS, Región. Alerta por inundaciones en Zona Franca y Palmira, Febrero 14 de 2011.

“Alerta por erosión en las orillas del río Cauca, se hicieron obras de mitigación para controlar dicho problema. La Dolores y en la zona de Piles, Caucaseco, Palmira”.

EL PAÍS, Región, Publicaciones Municipio, Abril 26 de 2011

“De acuerdo con la mandataria - **NANCY STELLA VASQUEZ DE ARIAS**- cerca de 600 familias en esta municipalidad se han visto afectadas, lo que ha sido atendido con la entrega de más de 500 mercados y un importante número de toldillos y medicamentos, para las personas que así lo han requerido, como parte de las brigadas de salud coordinadas entre el Hospital Local y la Secretaría de Salud Pública. En Juanchito”.

BASE DE DATOS DESINVENTAR (DGR – EL TIEMPO), Nacional. Desbordamiento del río Cauca- afectado corregimiento Juanchito, Diciembre 05 del 2011

“El río Cauca a su paso por Juanchito se desbordó generando una emergencia. El CLOPAD estima que unas 90 familias resultaron afectadas. Las autoridades solicitaron la evacuación de otras familias ante la intensidad de las lluvias en el norte del Cauca

EL PAÍS, Región. 130 familias damnificadas dejan inundaciones en Juanchito, Diciembre 07 de 2011

“A causa del desbordamiento del río Cauca, 130 familias afectadas y 110 casas inundadas, en el corregimiento de Juanchito”.

EL PAÍS, Región. Conozca el drama de los habitantes de Juanchito, causado por inundaciones, Diciembre 08 de 2011.

“El desbordamiento del río Cauca mantuvo anegadas las casas de 400 familias durante cuatro días. Zonas afectadas Puerto Nuevo y la Playita, Corregimiento de Juanchito”.

EL TIEMPO, Nación, Diciembre 18 de 2011 P.34

Por lo menos 5.155 personas del sector de Juanchito han tenido que dormir en carpas al lado de la vía porque el agua ha llegado hasta el techo de las casas.

EL TIEMPO, Nación, Enero 25 de 2012 P.5

Los habitantes del sector de Juanchito que apenas estaban recuperándose de las inundaciones pasadas, sufrieron de nuevo por las aguas del río Cauca que inundaron sus viviendas.

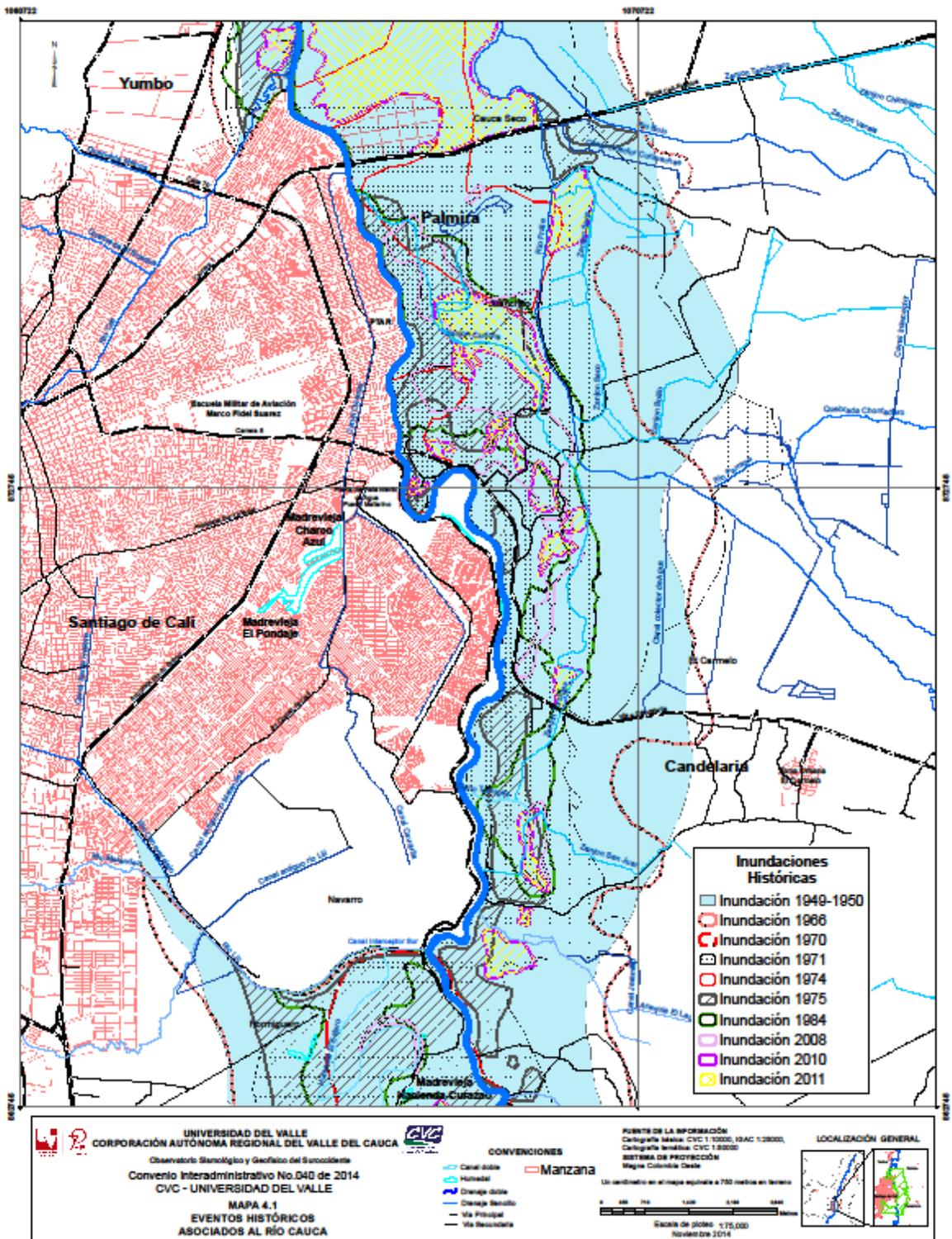
EL TIEMPO, Nación, Enero 26 de 2012 P. 10.

Menciona que a los habitantes de la zona de Juanchito se les llevaron mercados y colchonetas. También se informa de la alerta temprana a lo largo del río Cauca, desde el Valle hasta La Virginia (Risaralda) que declaró la Unidad Nacional de Riesgos.

EL TIEMPO, Nación, Enero 27 de 2012 P. 6

Informa que la vía Cali-Candelaria quedó inundada por el desbordamiento del río Cauca.

En el Mapa 4.1 se hace un registro de los eventos históricos de inundación que se han presentado en el área de estudio, el cual la información se tomó de las noticias registradas en la prensa, así como la información de inundaciones totales proporcionada por la CVC, esta última fue uno de los suministros para la elaboración del mapa de inundación y mapa de amenaza del presente estudio.



Mapa 4 1. Eventos históricos de inundaciones asociado al desbordamiento del río Cauca en los municipios de Candelaria, Palmira, Santiago de Cali y Yumbo en el periodo de 1949 del 2014

4.3. ASPECTOS RELEVANTES DE LAS INUNDACIONES EN LA ZONA DE ESTUDIO

El fenómeno de inundaciones asociadas al desbordamiento del río Cauca ha sido una de las mayores preocupaciones para la gestión en el municipio de Santiago de Cali. Las primeras inundaciones documentadas se registraron hacia el año de 1938 (Diario El Relator) en los meses de abril y diciembre, afectando zonas como Gorgona y El Bolo, en los municipios de Candelaria y Palmira; en Cali, el corregimiento El Hormiguero y el Paso del Comercio, obligando a moradores del Caserío de Juanchito a evacuar sus viviendas (Relator, Abril y Diciembre de 1938). La mayor inundación se registró en diciembre, donde las aguas del río Cauca anegaron los sitios localizados desde Navarro hasta Aguas Blancas, zonas adyacentes a la carretera de El Guabito (actual Base Aérea) y un sector de la carretera que va del Puente de Juanchito al kilómetro 13 (vía a Candelaria) reportando pérdidas por cerca de \$2.000.000.

Una segundo periodo corresponde a las inundaciones entre los años 1949-1950, evento que duró ocho meses y casi todos los habitantes de Juanchito tuvieron que ser evacuados en febrero, cuando se presentó la mayor creciente, y de nuevo un mes después ante otra inundación del caserío (OLAP, G&H & KTAM, 1956:VIII- 1; Relator, marzo de 1950). Además, Según OLAP, G&H & KTAM (1956), las inundaciones de 1916, 1934 y 1938 fueron iguales o mayores a la de 1949 - 1950 en términos del nivel máximo y caudal del río” (Pág, 106 y 107).

Jiménez (2005) evidencia inundaciones recurrentes cada diez años con crecientes máximas, conforme a registros históricos de las inundaciones ocurridas en 1916, 1932, 1934 y por registros en estaciones hidrometeorológicas, las inundaciones de 1938 y 1949 – 1950. Esto se apoya en el seguimiento y gestión realizada por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, la cual para el 2007 había identificado 84.945 ha afectadas directa o indirectamente por las inundaciones producidas por el río Cauca, con registros de áreas inundadas a partir de 1950, tal como se referencia en la Tabla 4.2, guardando relación con las fuentes hemerográficas.

Los antecedentes de inundaciones y el impacto de ellas sobre el aumento de la población, el crecimiento socioeconómico y la expansión de la frontera agrícola de esta región en el Valle del Cauca, fueron la base y fundamental soporte para el proyecto del Distrito de Aguablanca, referido a la construcción del dique de la margen izquierda del río Cauca, como obras de adecuación de tierras para la protección contra las inundaciones, sobre la parte urbana de Cali, constituyendo una obra de infraestructura fundamental de la ciudad de Cali en cuanto a la gestión de riesgos (CVC, 2007).

Tabla 4. 2. Áreas inundadas en diversos eventos (CVC, 2007 y 2011)

INUNDACIONES EN DIFERENTES PERIODOS	ÁREA INUNDADA (HA)
1950	84.400
1969	36.400
1967	13.000
1970/71	59.000
1974	40.000
1975/76	41.300
1984	23.000
1988	8.000
1997	5.400
1998	3.947
1999	11.500
2010-2011	41.173

Fuente: recopilado por el proyecto, 2014.

Se consideró que el grado de protección de las tierras contra las inundaciones no necesitaba ser superior al necesario contra la creciente de cada 10 años (como la ocurrida entre 1949 y 1950), teniendo en cuenta que se trataba de tierras de labor y que no existían en este momento zonas urbanas cercanas que requieren mayores niveles de protección con obras a más alto costo. Para el desarrollo del programa de Aguablanca se dividió el área en 13 proyectos piloto en los tres departamentos, siendo propuestos los de Risaralda (Caldas), Candelaria (Valle) y Padilla (Cauca) como los primeros para demostrar la efectividad y necesidad del programa de obras.

Adicionalmente, se planteó el control de crecientes por medio de diques y anillos perimetrales al río Cauca y sus tributarios; iniciativa que años más tarde se materializa con el Acuerdo 23 de 1979: “Por el cual se dictan normas generales relativas a ubicación de diques riberaños de cauces de aguas de uso público”.

La ola invernal de 2010 – 2011, provocó la afectación de 41.173 ha en el Departamento, cuyas causas fueron fallas en la planificación y gestión de las obras hidráulicas, soluciones individuales sin soporte en análisis integrales de procesos a nivel de cuenca hidrográfica, entre otras, permitió evidenciar la necesidad de actualizar la normativa, desarrollar acciones de mitigación y evaluar los sistemas de protección contra inundaciones existente, entre otros aspectos, se plantearon proyectos al fondo de adaptación, que actualmente se vienen desarrollando como, por ejemplo, la restauración del Corredor Río Cauca.

Las inundaciones más relevantes que han afectado la zona de estudio, relacionan crecientes del río Cauca, en ambas márgenes. Las noticias en periódicos relacionan los impactos de estas inundaciones en los pobladores, sus cultivos y las actividades agropecuarias, por

ejemplo en la zona de Candelaria desde el año 1966, afectado el corregimiento de Juanchito, en el sitio conocido como Tortugas.

El río ha mostrado aumentos de niveles entre 1 y 4 metros; haciendo relación, en diciembre de 1975, se presentó una inundación en el corregimiento de Navarro, margen izquierda del río Cauca, afectando 200 familias.

El aumento de las precipitaciones constituye uno de los factores potenciales para la ocurrencia de las inundaciones provocadas por el desbordamiento del río Cauca, las fuertes lluvias provocan no solo el aumento del río sino también el de sus afluentes; el río Bolo, en Palmira, ocasionó inundaciones en haciendas y cultivos en la zona cercana a Cali y Palmira.

Además, los desbordamientos han provocado en muchas ocasiones la anegación de la carretera que comunica a Cali – Candelaria, obstaculizando el tránsito y colocando en peligro vehículos y personas.

En 1984, las inundaciones del río Cauca afectaron no solo el margen izquierda del río, correspondiente a la ciudad de Santiago de Cali, sino también, junto al Jarillón y terrenos del margen derecha en las zonas de los municipios de Palmira y Candelaria. Para noviembre de ese año, se registró el nivel más crítico, correspondiente a 954,25 msnm. Además, el desbordamiento en el sector de Juanchito, colocó en peligro habitantes de Caucaseco.

En febrero de 1999 se presentan desbordamientos del río Cauca, provocando inundaciones no solo en Santiago de Cali, sino también en las parcelaciones La Nubia y La Playita, vereda Domingo Largo y El Silencio, en donde resultaron anegados los cultivos de caña, se inundaron varios establecimientos, entre ellos los moteles. Además, la colmatación de las alcantarillas de 140 familias del Poblado Campestre, y cientos de familias damnificadas en Candelaria.

La ola invernal entre noviembre de 2010 y enero de 2011, provocó importantes inundaciones en todo el país. En el departamento del Valle del Cauca, Juanchito, en zona rural del municipio de Candelaria fue una de los lugares en los cuales se presentaron familias damnificadas, además, continuas inundaciones en la vía que comunica Cali - Candelaria. En diciembre de 2010 se presentó el rompimiento del dique del río, inundando 42 viviendas de la vereda Domingo Largo, en jurisdicción de Juanchito, y 22 en un punto aledaños de la zona comercial e industrial del corregimiento.

En el mismo mes, las inundaciones afectaron las empresas de la Zona Franca del Pacifico. El aumento del nivel del río provocó el rompimiento de un dique que ocasionó la evacuación de

32 familias en la vereda Piles en el municipio de Palmira, cuyo nivel alcanzó un metro de altura. Nuevamente la vía Cali-Candelaria se vio afectada por el desbordamiento del río Cauca y se afectaron otras zonas próximas como Puerto Nuevo y la Playita, Corregimiento de Juanchito.

En diciembre de 2010, el río Cauca registró el mayor nivel de caudal pasando por el puente de Juanchito, cerca de Santiago de Cali, con 1.088 metros cúbicos por segundo. Más de 30.000 hectáreas afectadas a lo largo del Valle del Cauca, estos datos relevan la magnitud y el posible impacto o afectación de las inundaciones en la región.

5. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRAFICA

5. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

5.1. RECOPIACIÓN, ANÁLISIS, CLASIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

La información cartográfica recopilada y disponible en formato digital es la correspondiente al Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) del municipio de Candelaria, manzaneo y predial del Municipios Santiago de Cali, predios digitalizados del Geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC- y la suministrada por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC.

La información cartográfica obtenida y generada fue procesada bajo el Sistema de Referencia Nacional MAGNA zona Oeste, conforme a la política nacional, con los siguientes parámetros:

Sistema de Coordenadas: MAGNA Colombia Oeste

Proyección: Transverse Mercator

Falso Este: 1000000,000

Falso Norte: 1000000,000

Meridiano Central:-77,07750792

Factor Escala: 1,0

Latitud de Origen: 4,59620042

Unidades Lineales: Metros

Tabla 5. 1. Información Cartográfica Lidar CVC

IMAGEN	FORMATO	DATUM	GEO	DESCRIPCIÓN
IMAGEN	Ecw	MAGNA	RASTER	Imagen con 15 cm de resolución
DEM	Tif	MAGNA	RASTER	DEM LiDAR

Tabla 5. 2. Información Cartográfica Básica CVC

TEMA	FORMATO	GEOMETRIA	DÁTUM	OBSERVACIÓN
DRENAJE	SHAPE	LINEA	MAGNA	Drenaje sencillo, corriente de agua continua que va a desembocar en otra. incluye ríos, quebradas, arroyos, etc.
RELIEVE	SHAPE	LINEA	MAGNA	Curva de nivel, línea imaginaria que une puntos del terreno que tienen la misma altura con respecto al nivel del mar.
LIMITE MUNICIPAL	SHAPE	POLÍGONO	MAGNA	Unidad administrativa que delimita los municipios.
CASERIOS	SHAPE	POLÍGONO	MAGNA	Objeto: Polígono que representa los centros poblados priorizados para el proyecto.
ANOTACIONES	TEXTO		MAGNA	Anotaciones que describen sitios de interés general.
MANZANA	SHAPE	POLIGONO	MAGNA	Polígonos que representan las manzanas en los centros poblados de los municipios priorizados para el estudio.
PREDIO	SHAPE	POLÍGONOS	MAGNA	Polígonos que representan la base catastral en los municipios priorizados para el estudio.
CUERPOS DE AGUA	SHAPE	POLÍGONO	MAGNA	Laguna, madre vieja o humedales: depósito natural de agua generalmente dulce y de poca profundidad.

5.2. GENERACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA

5.2.1. Mapa Básico

El mapa básico del proyecto se generó a partir de la información cartográfica suministrada por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), que está disponible con una estructura de datos de GeoDatabase, que incluyen sus respectivos dominios y layers. La Figura 5.1 muestra las diferentes capas que se utilizaron para su construcción:

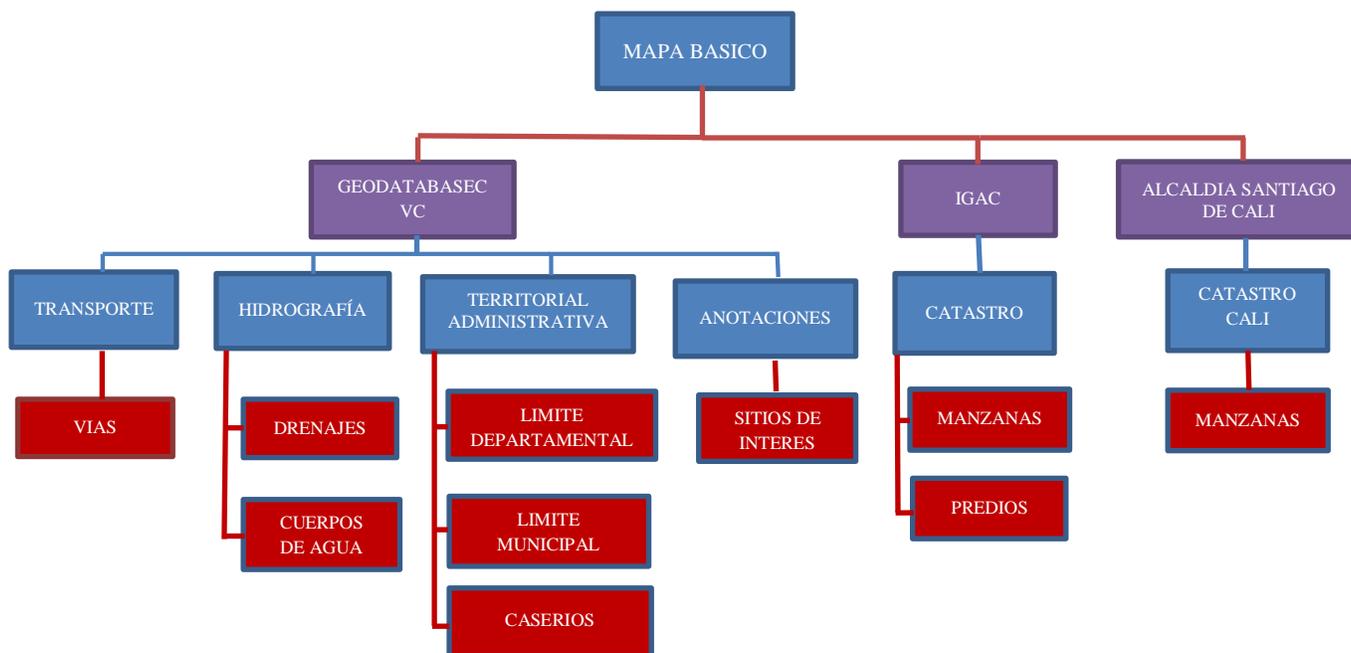


Figura 5 1. Modelo cartográfico para generar el mapa básico.

5.2.2. Digitalización de los predios a partir del Geoportal del IGAC

Esta labor se realizó para completar la información predial necesaria para el proyecto, la cual es la base para realizar el estudio de riesgo. Este proceso del proyecto fue uno de los más complejos, debido a que el portal del IGAC no cuenta con una resolución adecuada para predios pequeños, por lo cual se tuvo que rectificar algunos predios con visitas al área de estudio. El resultado final de este proceso permitió contar con la información predial lo suficientemente confiable para realizar los geoprocusamientos requeridos en el proyecto (Figura 5.2).

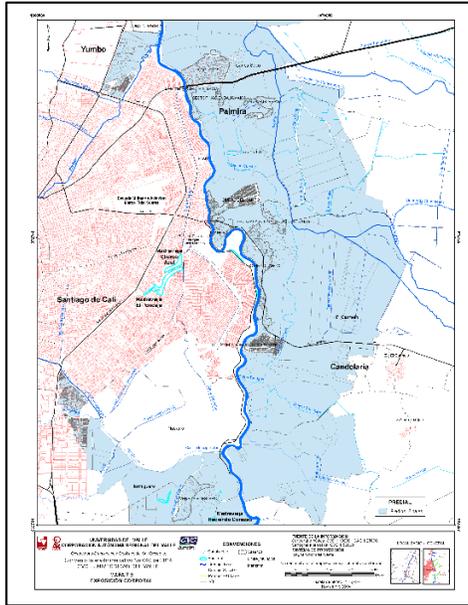


Figura 5 2 Mapa predial final

5.2.3. Mapa de Uso de Suelo

El mapa de usos del suelo fue generado a partir del Geovisor del IGAC que cuenta con esta información, sin embargo, en el trabajo de campo realizado para llenar las encuestas diseñadas para el proyecto, que muchos de los usos del suelo registrados en el Geovisor estaban desactualizados, lo que hubo que corregir, labor que comprometió más tiempo del estipulado para esta fase (Figura 5.3).

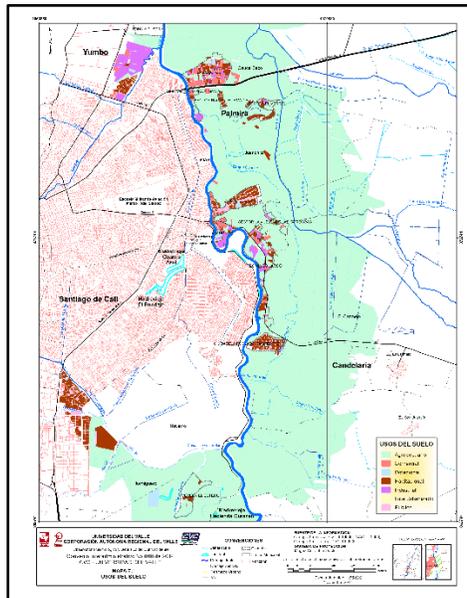


Figura 5 3 Mapa Usos del suelo

5.2.4. Mapa de Inundaciones

Poder estimar precisamente las extensiones de inundaciones de diferentes magnitudes es una aplicación crítica en recursos hídricos. Esta información es necesaria para evaluar el riesgo para los seguros, gestión de emergencias y planificación. LiDAR⁴ (*Light Detection And Ranging*) se está convirtiendo rápidamente en la fuente predominante de datos topográficos para la delineación de llanuras aluviales. Esto se debe a que es preciso y rentable (Esri, 2013)⁵. Por esta razón se diseñó una metodología para construir los mapas de inundación y amenaza por inundación para el periodo de retorno definido, en este caso, 100 años.

5.2.4.1. Construcción de las superficies de agua a partir de los resultados del modelo matemático MIKE 11 para el periodo de retorno evaluado (100 años).

Los mapas de inundación se generaron a partir de los resultados del modelo matemático MIKE11, el cual arroja niveles de caudal referidos a cada sección transversal, lo que representa la altura del agua del río en la crecida (Figura 5.4).

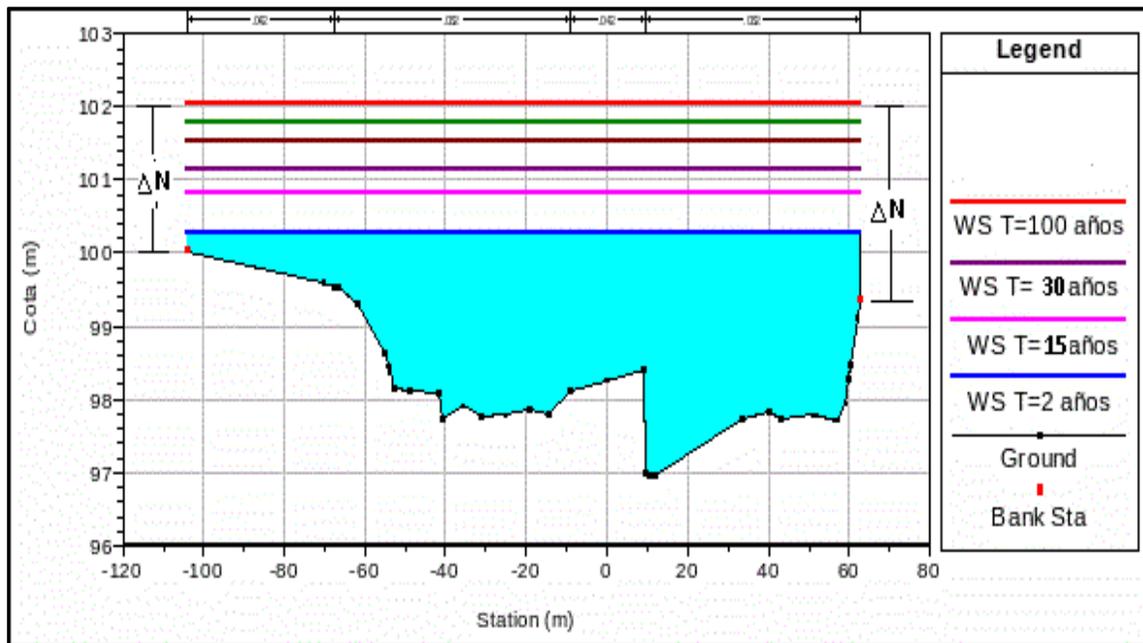


Figura 5.4. Niveles de caudal en una sección transversal según periodo de retorno, resultado del MIKE11

⁴ LiDAR significa *Light Detection And Ranging*, literalmente alcance y detección de la luz. El sensor LiDAR utiliza el mismo principio que el RADAR, solo que en lugar de usar ondas de radio utiliza pulsos de luz.

⁵ Ayuda en línea del programa ArcGis 10.1, publicada en 2013, consultada en Septiembre de 2014. <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/00q900000020000000>

A cada nivel de agua se le asignó un valor z , el cual representa la altura del agua en el centro del río en esa ubicación. La longitud de cada sección transversal es la suficiente para capturar en mayor grado posible la extensión de las inundaciones que irán desde cualquier lado del río. Los perfiles se generan a intervalos razonables en el río donde las inundaciones se están modelando (Figura 5.5).

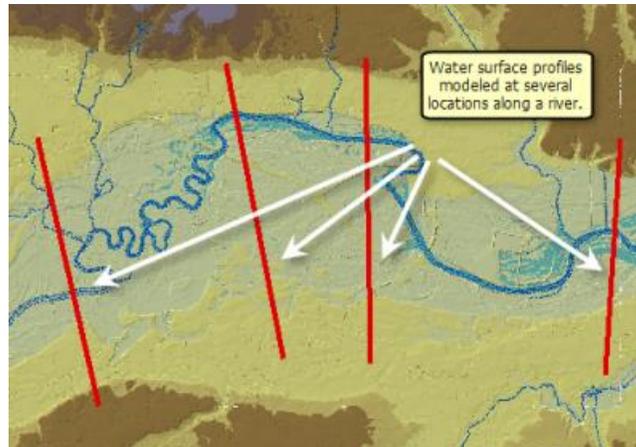


Figura 5. 5. TIN (Redes Irregulares de Triángulos)

Con estos niveles se construyeron una superficie continua de agua TIN (Redes Irregulares de Triángulos), (Ver Figura 5.6).

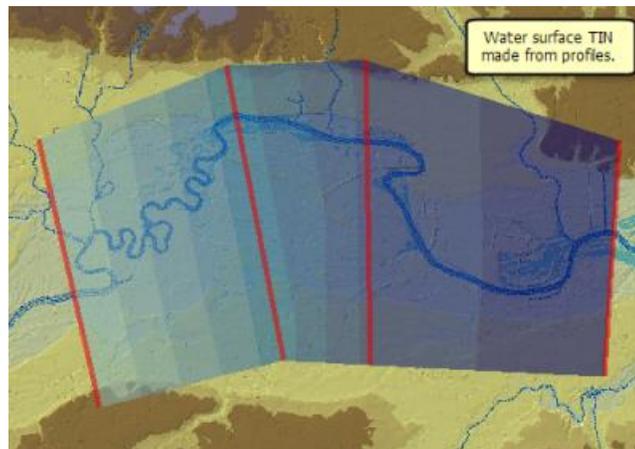


Figura 5. 6. Inundaciones

La Figura 5.7, muestra el resultado de este proceso calculado para el proyecto, definida para el periodo de retorno modelado (100 años).

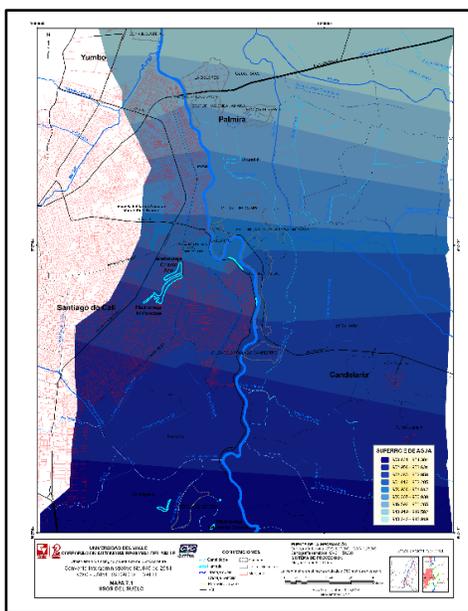


Figura 5.7. Periodo de retorno modelado

5.2.4.2. Delineación de la llanura aluvial del río Cauca

Para la delineación de la llanura de inundación se ejecutó la herramienta de Geoprocresamiento *Diferencia de superficie* del programa ArcGis 10.1, utilizando la superficie de agua TIN y MDT LiDAR como entradas.

La salida principal de la herramienta Diferencia de superficie es una entidad tipo polígono. Cada polígono se clasifica como, **ABOVE**, **BELOW** o **EQUAL** de modo que puede decir donde la superficie de agua modelada está por encima del dataset de terreno. Estas áreas están inundadas potencialmente, en azul (Figura 5.8).



Figura 5.8. Resultado

El resultado de esta herramienta se observa en la Figura 5.9, delineación de la llanura aluvial del río Cauca para el periodo de retorno 100 años.

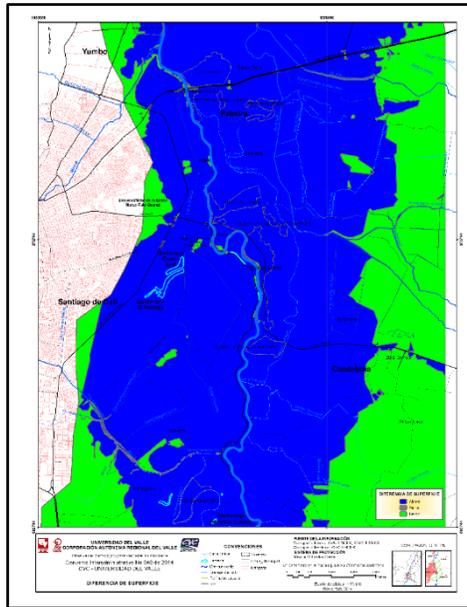


Figura 5.9. En azul, llanura aluvial TR100

Las áreas inundadas actualmente podrían no ser equivalentes a todos los polígonos clasificados como ABOVE. Esto se debe a que no se puede llegar a algunas de estas áreas por el río y sus inundaciones debido a los cerros que intervienen. Para identificar los polígonos ABOVE que están conectados al río, se utilizó una selección espacial, al seleccionar aquellos polígonos que son intersecados por otro polígono que representa el cauce del río (Figura 5.10).

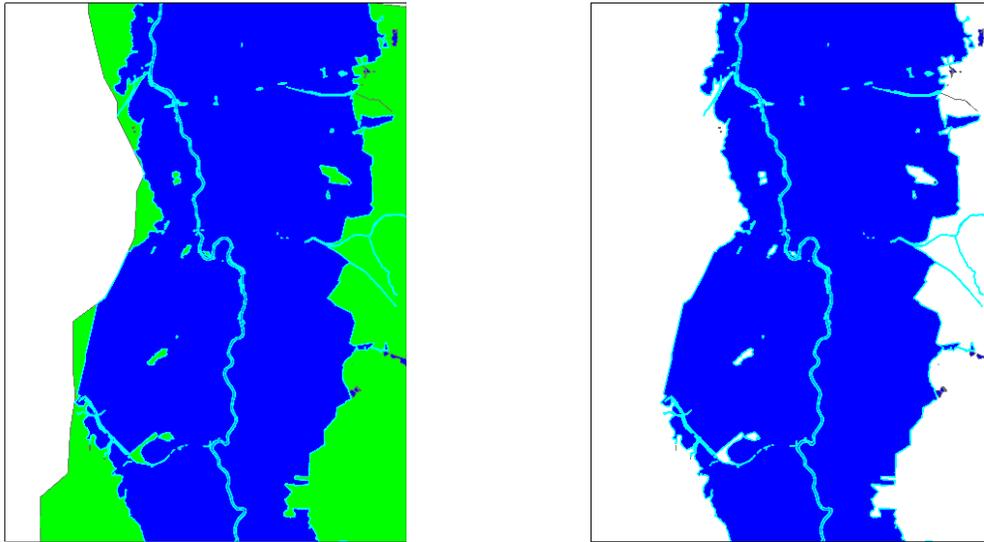


Figura 5.10. Selección espacial

Con esto obtenemos el shape definitivo que representa la inundación.

5.2.4.3. Construcción del mapa de inundación para el periodo de retorno evaluado, TR100.

La herramienta Diferencia de superficie proporciona una opción para una salida raster de diferencia. Valores de celda positivos en este dataset representan la profundidad, (Esri, 2013).

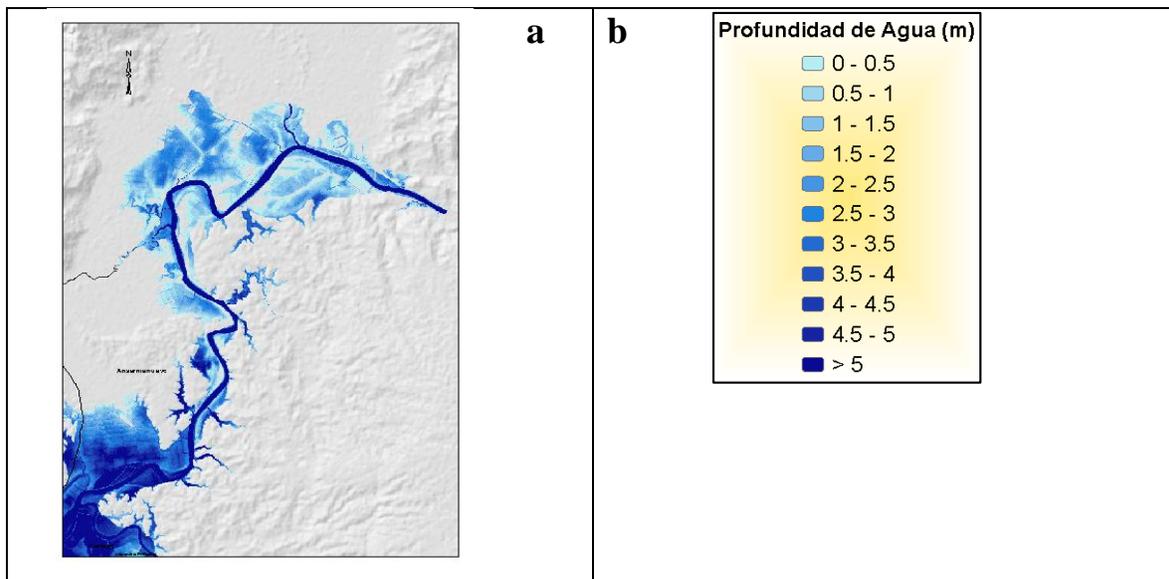


Figura 5.11. Derecha, a) raster clasificado. b) izquierda, valores clasificados

Con el shape de la llanura aluvial se enmascaró el raster de profundidades, obteniendo el raster de profundidad definitivo para generar los mapas de inundación (Figura 5.11a). Estos raster enmascarados fueron clasificados según indicaciones de los ingenieros del proyecto, (Figura 5.11b). Con estos rangos se clasificaron los raster de profundidad y se generaron los mapas de inundación para los tres periodos (Figura 5.12).

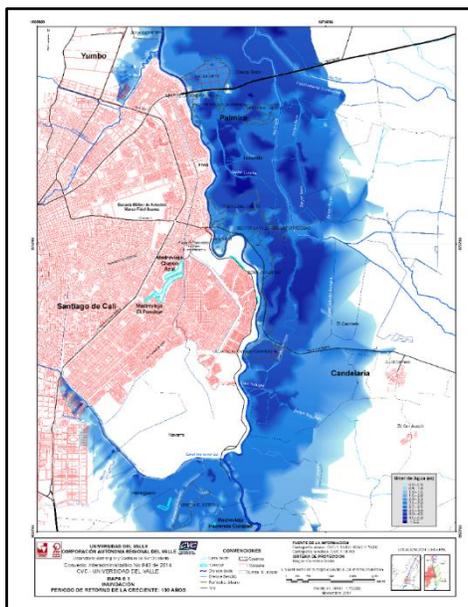


Figura 5.12. Mapa de Inundación.

5.2.4.4. Construcción de los mapas de amenaza de inundación para el periodo de retorno evaluado TR100.

Para el mapa de amenaza de inundación se utilizó el mismo raster enmascarado, pero se clasificó con otro criterio (Tabla 5.3).

Tabla 5.3. Nivel de Amenaza

PROFUNDIDAD (M)	NIVEL AMENAZA
0 - 0.5	Baja
0.5 - 1	Media
> 1	Alta

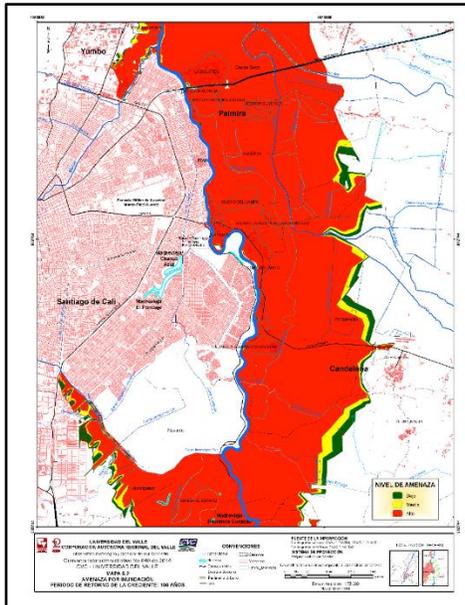


Figura 5.13. Mapa de Amenaza de Inundación

5.2.4.5. Mapa de Historicidad

Este mapa contiene los sitios identificados por el grupo de historicidad, en el cual se tiene evidencias y registros de zonas afectadas por inundaciones en diferentes épocas. Para este mapa se utilizó el shape suministrado por grupo SIA de la CVC denominado frecuencia de inundaciones, el cual registra dichos eventos desde 1949 hasta 2011 (Figura 5.14).

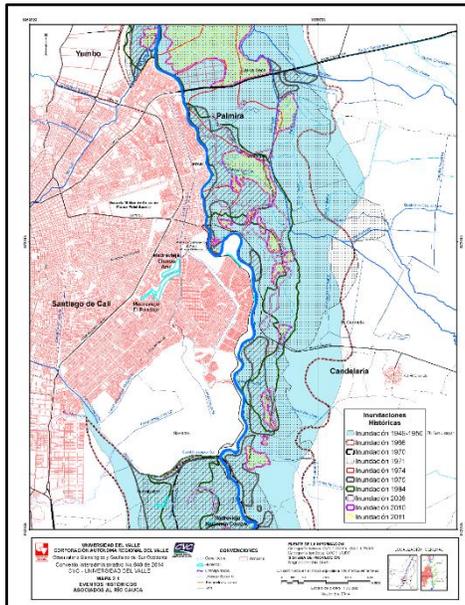


Figura 5.14. Mapa de Historicidad

5.3. GENERACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA TEMÁTICA

En el presente trabajo se ha establecido un flujo de procesos que parten de la recopilación de información primaria, como lo fue el trabajo de campo, donde se realizó las encuestas que permitieron evaluar las capacidades y las fragilidades de la población objeto de estudio, insumo primario para calcular las vulnerabilidades y el riesgo de inundación. El siguiente diagrama resume este proceso (Figura 5.15).

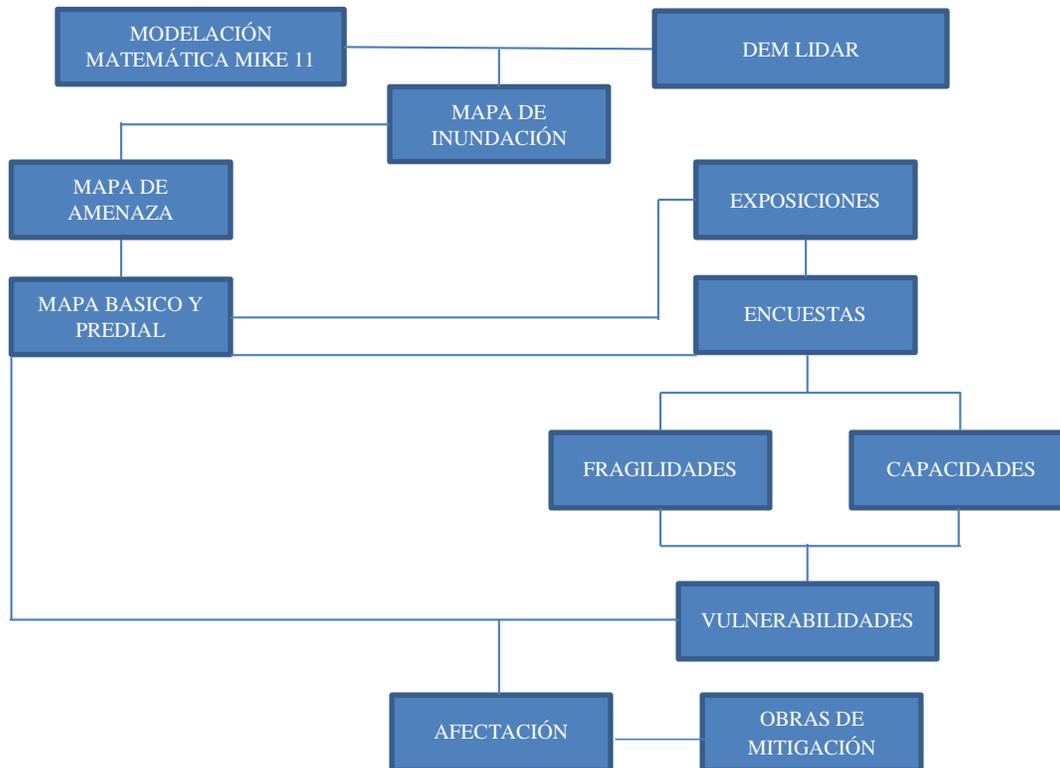


Figura 5.15. Modelo cartográfico para generar el mapa básico

6. ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN

6. ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIÓN

El presente informe hace parte de los estudios que realiza la Universidad del Valle dentro del Convenio CVC N°. 040 de 2014 y tiene por finalidad realizar la Zonificación de la amenaza por inundaciones causadas por el desbordamiento del río Cauca, el río Cali y el Canal Interceptor Sur en las áreas vecinas al proyecto *Plan Jarillón de Cali*. Los estudios se realizaron considerando crecientes en los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur con un periodo de retorno de 100 años, teniendo en cuenta lo dispuesto en la normatividad colombiana para la protección de centros poblados.

En la primera parte del informe se presenta la caracterización general del río Cauca y su cuenca, en particular en el tramo de su valle alto (sector que atraviesa el departamento del Valle del Cauca), incluyendo los principales afluentes del río en este sector.

En la segunda sección se presenta la implementación, revisión y el ajuste del modelo matemático del sistema río Cauca y sus afluentes, disponible actualmente e implementado en anteriores estudios por la Universidad del Valle y la CVC, tales como, Proyecto de Modelación del río Cauca (PMC), Estudio de la interacción del sistema río Cauca- ríos tributarios-humedales y Zonificación de amenazas por inundaciones del río Cauca en su valle alto y planteamiento de opciones de protección.

La tercera parte incluye la determinación de las características hidrodinámicas del río Cauca, en especial los niveles de agua y los caudales, para una creciente en el río Cauca con un periodo de retorno de 100 años, mediante la aplicación del modelo matemático hidrodinámico previamente ajustado. Los niveles de agua en el río Cali y el Canal Interceptor Sur se obtuvieron del estudio “Diseños de Reforzamiento y realce de los Diques: Margen izquierda del Canal Interceptor Sur y Río Cauca, Margen derecha del río Cali; y Diseño de obras de control de erosión marginal” realizado por el Consorcio Cali - Cauca 2013, estimados mediante modelación matemática (modelo HEC-RAS).

En la quinta parte se presenta la zonificación de la amenaza por inundaciones causadas por el posible desbordamiento de los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur durante una creciente con un periodo de retorno de 100 años en las áreas vecinas al proyecto *Plan Jarillón de Cali*. En la primera parte de esta sección se presenta la descripción de la metodología general adoptada para la zonificación de la amenaza por inundaciones causadas por el desbordamiento de ríos; esta metodología ha sido establecida y aplicada satisfactoriamente por la CVC y la Universidad del Valle en estudios anteriores. En la segunda parte de la sección se presenta y describe el proceso seguido para generar primero el mapa de inundaciones en las zonas afectadas y después el mapas de amenaza por inundaciones.

Por último, en la parte seis se presentan las principales conclusiones y recomendaciones del estudio.

6.2. CARACTERIZACIÓN DEL RIO CAUCA

El Río Cauca es la principal arteria fluvial del occidente Colombiano. Nace en el sur del país en el Macizo Colombiano, en el cerro de El Español cerca al Páramo de Sotará en el Departamento del Cauca, a una altura aproximada de 3.200 msnm, y desciende siguiendo su curso dirección paralela a la cordillera Occidental. Tiene una longitud de 1.350 km y una cuenca hidrográfica de 63.300 km², desemboca en el Brazo de Loba del río frente al Municipio de Pinillos, en el Departamento de Bolívar, constituyéndose en su más importante afluente. Atraviesa de sur a norte nueve departamentos (Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar), brindando grandes beneficios a cerca de 183 municipios (CONPES 3624, 2009).

La cuenca del río Cauca se puede dividir en cuatro tramos: Alto Cauca, Valle del Cauca, Cauca Medio y Bajo Cauca (ver Tabla 6.1 y Figura 6.1); el alto Cauca tiene un área aproximada de 22.900 Km², de la cual el 32% se encuentra en el departamento del Cauca, 47% en el Valle, 13% en Risaralda, y 8% en Quindío.

Tabla 6. 1. Cuencas Hidrográficas tributarias del río Cauca

ZONA	ÁREA PARCIAL(km ²)	ÁREA ACUMULADA(km ²)
Alto Cauca	5451	5451
Valle del Cauca	19349	24800
Cauca Medio	19750	44550
Bajo Cauca	18750	63300

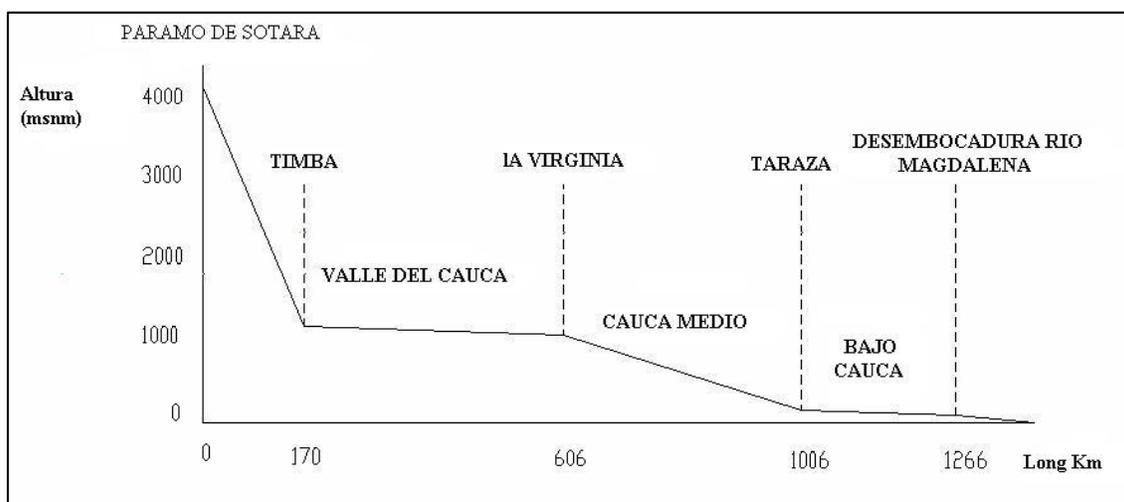


Figura 6.1. Perfil General de la Cuenca del Río Cauca

En el departamento del Cauca, la cuenca alta se extiende desde el Macizo Colombiano hasta los límites con el Valle del Cauca, entre las cimas de las Cordilleras Occidental y Central. Su altitud varía desde los 4.700 m en la cima del volcán Puracé y los 950 m en el valle aluvial del Cauca, con un área aproximada de 7.368 km², representando el 24.15% del área total del departamento. Abarca 23 municipios de los 40 que conforman el Departamento del Cauca, presentando la mayor concentración poblacional en los municipios de Popayán Puerto Tejada y Santander de Quilichao, (CONPES 3624, 2009).

En el departamento del Valle la cuenca alta del río Cauca limita por el sur con el río Desbaratado en su margen derecho y por el margen izquierdo con el río Timba, y va hasta los límites con el Departamento de Risaralda. Cuenta con un área aproximada de 10.900 km², abarcando 34 municipios. A lo largo del cauce del río Cauca se concentra el 90% del total de la población con aproximadamente 4,2 millones de habitantes, de los cuales 2,4 millones están concentrados en la ciudad de Santiago de Cali. Es importante resaltar que Santiago de Cali, Jamundí y Yumbo forman el centro metropolitano integrador del desarrollo comercial, industrial y urbanístico del departamento. El sistema hidrográfico de la cuenca alta del río Cauca está conformado al menos por 42 drenajes significativos en la que tributan aguas provenientes de la vertiente occidental de la Cordillera Central y de la vertiente oriental. De estos, 35 subcuencas corresponden al departamento del Valle del Cauca, con un área total de drenaje de 11.443km² y 7 drenajes corresponden al departamento del Cauca, con una extensión de 7.402 km² (Tabla 6.2) (CONPES 3624, 2009).

Tabla 6. 2. Subcuencas tributarias al río Cauca en los departamentos del Cauca y Valle del Cauca

DEPARTAMENTO	SUBCUENCAS
CAUCA	Quebrada Saté, Río Molino, Río Palacé, Río Quinamayó, La Quebrada, Río Palo
VALLE DEL CAUCA	Amáime, Arroyohondo, Bugalagrande, Cali, Cañaveral, Catarina Cerrito, Chanco, Claro, Desbaratado, Guabas, Guachal (Bolo-Fraile), Guadalajara, Jamundi, La Paila, La Vieja, Las Cañas, Lili - Meléndez – Cañaveralejo, Los Micos, Mediacanoa, Morales, Mulaló, Obando, Pescador, Piedras, Riofrío, RUT, Sabaletas, San Pedro, Sonso, Timba, Tuluá, Vijes, Yotoco, Yumbo.

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Cauca - CRC y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC, 2009.

El río Cauca presenta características de un río aluvial con una gran movilidad horizontal de sus meandros, donde el cauce y las planicies de inundación están conformados por materiales aluviales transportados por el mismo río. La sinuosidad media en todo el valle alto es aproximadamente igual a 2,0. El ancho y la profundidad promedios a banca llena son 100 metros y 7 metros, respectivamente el caudal medio del río Cauca en Salvajina es de 126,6 m³/s y en la Virginia de 472,3 m³/s. El régimen de caudales del Río Cauca y sus tributarios está directamente relacionado con el régimen pluvial, presentando dos periodos húmedos entre los meses de Abril – Junio y Octubre – Diciembre y dos periodos de caudales bajos entre los meses de Julio – Septiembre y Enero – Marzo.

Los ríos afluentes en esta zona se pueden clasificar como torrentes, de pendiente fuerte, que presentan crecientes considerables de corta duración y aportan al río Cauca volúmenes significativos de sedimentos y materiales de arrastre, especialmente durante los periodos de invierno. Los tributarios de la margen derecha presentan cuencas de drenaje de mayor extensión. Hasta la ciudad de Santiago de Cali (estación Juanchito) se destacan los ríos Ovejas, Timba, Claro, Quinamayó, Palo, Jamundí, Desbaratado.

En la Tabla 6.3 se presentan los aportes en caudales de los diferentes afluentes al máximo de las crecientes históricas en la estación Juanchito. En la Tabla 6.4 se presentan los aportes de los diferentes afluentes al promedio de las crecientes históricas en la estación Juanchito. Adicionalmente, en las Tablas 6.5 y 6.6 se muestran, respectivamente, los aportes de los tributarios, en términos porcentuales, al máximo y al promedio de las crecientes históricas en la estación Juanchito.

En la Figura 6.2 se puede observar que los mayores aportes promedio de los tributarios al máximo y al promedio de las crecientes provienen del efluente (embalse de Salvajina) seguido de otras fuentes no registradas (escorrentía directa, acuíferos, etc.) y luego de los aportes de los ríos Palo, Timba, Jamundí y Ovejas. Debe indicarse que en el río Ovejas los

datos no reflejan la realidad de sus aportes a causa del gran número de datos faltantes en la estación hidrométrica.

Tabla 6. 3. Aportes de los afluentes al máximo de las crecientes históricas en estación Juanchito

Año	Efluente río Cauca	Río Ovejas	Río Timba	Río Claro	Río Quinamayó	Río Palo	Río Jamundí	Río Desbaratado	Otros aportes
1971	480,0	0,0	22,5	14,0	8,1	153,9	0,0	0,0	292,5
1974	403,0	0,0	29,3	8,2	12,4	167,0	0,0	6,1	364,0
1975	380,0	0,0	54,5	15,3	14,3	143,8	0,0	9,6	322,5
1982	437,0	64,4	55,6	23,2	10,0	72,5	47,5	6,7	104,1
1984	404,0	75,7	50,4	16,9	15,0	252,9	80,0	20,3	102,8
1988	279,0	87,8	72,0	17,8	32,1	132,9	35,4	27,6	168,8
1997	346,0	95,0	32,1	13,3	9,5	103,3	29,9	6,2	376,4
1999	311,0	27,5	70,4	18,4	2,3	180,7	53,6	13,1	289,5
2008	206,0	0,0	30,8	24,0	0,0	182,0	78,0	11,8	476,9
2010	292,0	0,0	41,2	12,7	0,0	67,0	15,7	2,6	287,1
2011	201,0	0,0	34,0	14,4	0,0	166,0	76,2	8,1	552,0
2011(2)	288,0	0,0	0,0	0,0	0,0	158,8	63,1	4,6	607,8
Promedio	335,6	29,2	41,1	14,9	8,6	148,4	39,9	9,7	328,7

Tabla 6. 4. Aportes de afluentes al promedio de las crecientes históricas en estación Juanchito

Año	Efluente río Cauca	Río Ovejas	Río Timba	Río Claro	Río Quinamayó	Río Palo	Río Jamundí	Río Desbaratado	Otros aportes
1971	262,8	0,0	21,6	13,8	7,5	95,3	0,0	0,0	292,8
1974	269,5	0,0	24,3	7,4	9,8	113,4	0,0	7,2	253,2
1975	352,9	0,0	40,8	13,5	13,7	94,1	0,0	6,4	206,0
1982	297,7	58,7	49,7	15,9	10,7	67,5	30,3	5,4	113,8
1984	298,1	54,7	31,5	12,1	10,4	104,6	32,2	7,6	79,0
1988	255,3	65,5	47,9	14,3	20,9	102,1	32,2	15,4	174,2
1997	322,3	69,6	24,2	12,8	7,5	80,2	22,9	5,3	151,4
1999	258,4	34,0	46,2	13,7	3,8	109,3	28,5	7,0	186,7
2008	280,0	0,0	27,0	14,1	0,0	107,7	32,8	3,6	278,1
2010	333,5		42,3	9,9		50,3	21,4	2,5	216,7
2011	204,3		29,6	12,8		120,6	27,6	6,3	315,5
2011(2)	263,9		10,5	0,0		119,0	29,9	6,2	365,3
Promedio	283,2	31,4	33,0	11,7	9,4	97,0	21,5	6,1	219,4

Tabla 6. 5. Aporte porcentual de los diferentes afluentes al máximo de las crecientes históricas en la estación Juanchito

Año	Efluente río Cauca	Río Ovejas	Río Timba	Río Claro	Río Quinamayó	Río Palo	Río Jamundí	Río Desbaratado	Otros aportes
1971	49,4%		2,3%	1,4%	0,8%	15,8%			30,12%
1974	40,7%		3,0%	0,8%	1,3%	16,9%		0,6%	36,77%
1975	40,4%		5,8%	1,6%	1,5%	15,3%		1,0%	34,30%
1982	53,2%	7,8%	6,8%	2,8%	1,2%	8,8%	5,8%	0,8%	12,68%
1984	39,7%	7,4%	5,0%	1,7%	1,5%	24,8%	7,9%	2,0%	10,10%
1988	30,0%	9,5%	7,7%	1,9%	3,5%	14,3%	3,8%	3,0%	18,17%
1997	36,2%	9,9%	3,4%	1,4%	1,0%	10,8%	3,1%	0,6%	39,41%
1999	32,2%	2,8%	7,3%	1,9%	0,2%	18,7%	5,5%	1,4%	29,96%
2008	20,4%		3,1%	2,4%		18,0%	7,7%	1,2%	47,24%
2010	40,7%		5,7%	1,8%		9,3%	2,2%	0,4%	39,96%
2011	19,1%		3,2%	1,4%		15,8%	7,2%	0,8%	52,48%
2011(2)	25,7%					14,2%	5,6%	0,4%	54,15%
Promedio	35,6%	7,5%	4,8%	1,7%	1,4%	15,2%	5,4%	1,1%	33,8%

Tabla 6. 6. Aportes porcentual de los diferentes afluentes al promedio de la crecientes históricas en la estación Juanchito.

Año	Efluente río Cauca	Río Ovejas	Río Timba	Río Claro	Río Quinamayó	Río Palo	Río Jamundí	Río Desbaratado	Otros aportes
1971	37,8%		3,1%	2,0%	1,1%	13,7%			42,3%
1974	39,6%		3,6%	1,1%	1,4%	16,7%		1,1%	36,5%
1975	48,3%		5,6%	1,9%	1,9%	12,9%		0,9%	28,6%
1982	46,2%	9,1%	7,7%	2,5%	1,7%	10,5%	4,7%	0,8%	16,8%
1984	47,6%	8,7%	5,0%	1,9%	1,7%	16,7%	5,2%	1,2%	11,9%
1988	35,1%	9,0%	6,6%	2,0%	2,9%	14,0%	4,4%	2,1%	23,6%
1997	46,6%	10,1%	3,5%	1,8%	1,1%	11,6%	3,3%	0,8%	21,1%
1999	37,7%	5,0%	6,7%	2,0%	0,6%	15,9%	4,2%	1,0%	26,9%
2008	37,9%		3,7%	1,9%		14,6%	4,4%	0,5%	36,9%
2010	52,1%		6,6%	1,5%		7,9%	3,3%	0,4%	28,1%
2011	28,9%		4,2%	1,8%		17,1%	3,9%	0,9%	43,3%
2011(2)	33,7%		1,4%			15,2%	3,8%	0,8%	45,1%
Promedio	41,0%	8,4%	4,8%	1,9%	1,5%	13,9%	4,1%	1,0%	30,1%

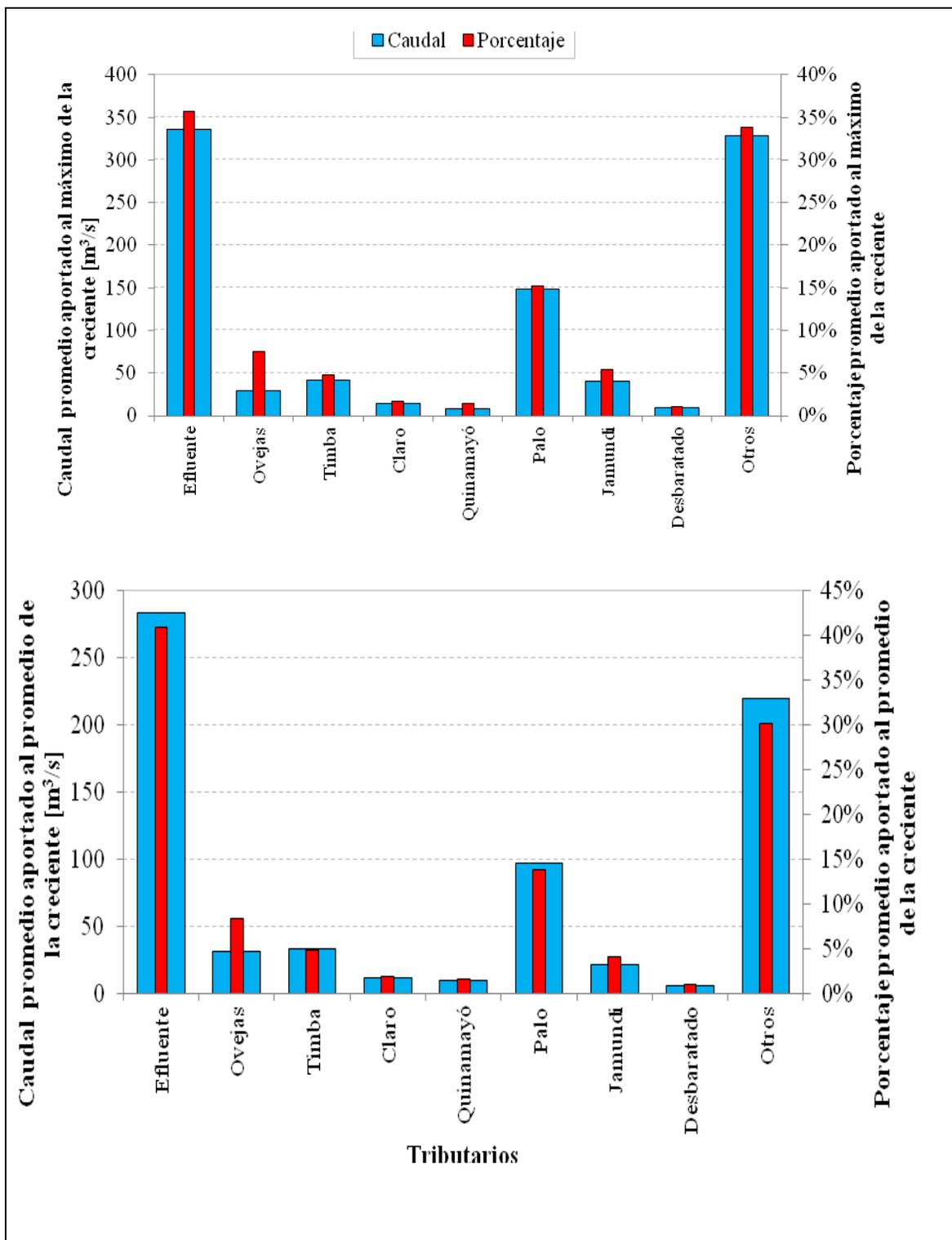


Figura 6.2. Aportes promedio de caudal de los tributarios y Afluente (río Cauca) al máximo y al promedio de las crecientes históricas en la estación Juanchito

6.2.1. Características Climáticas

La cuenca del Río Cauca en la zona del Valle del Cauca (Figura 6.3), debido a su posición en la zona de mayor insolación, presenta un clima tropical que se caracteriza por temperaturas relativamente altas y uniformes durante todo el año, razón por la cual no es posible identificar estaciones térmicas. También se caracteriza por la presencia de períodos o estaciones de diferente pluviosidad en el año.

La franja comprendida entre las latitudes 0°N y 10°N y las longitudes 75°W y 80°W transporta aire muy húmedo proveniente del océano Pacífico, con presencia de brisa marina que penetra al Valle del Cauca a través del boquerón del Madroñal y por un sitio cercano a la población de Bolívar.

La temperatura promedio obedece a un patrón de variación directamente ligado al cambio de altitud, lo que permite establecer los diferentes pisos térmicos como son: cálido, templado, frío y páramo. Las tendencias de variación que presentan en promedio las temperaturas máximas, medias y mínimas a escala mensual, pueden considerarse relativamente uniforme durante todo el año, especialmente en la zona del Valle del Cauca.

Precipitación: La mayor parte de las lluvias que se presentan en la región del Valle del río Cauca pueden clasificarse como de origen convectivo u orográfico, teniendo en muchos casos fenómenos específicos de microclimas. Otro aspecto de interés relacionado con las precipitaciones es la duración de éstas: normalmente entre el 80 y 90% de las grandes lluvias ocurren en las tres primeras horas de la tormenta, lo que identifica el carácter torrencial de la mayor parte de afluentes al río Cauca en la zona. La vertiente de la cordillera Central presenta un mayor índice de precipitaciones en la región, aspecto concordante con el mayor número de ríos tributarios importantes de la margen derecha en esta zona de drenaje del río Cauca.

El promedio anual multianual de las lluvias en el área varía entre 1.376 mm en la cuenca del río Amaime y 3.084 mm en la cuenca del río Claro, igualmente se destaca la tendencia a ser mayores las lluvias en la zona alta de la cuenca con reducción gradual en la zona del Valle. Otra particularidad que se puede señalar es la relacionada con los altos índices pluviales que muestran las cuencas de los ríos Jamundí y Claro en su parte más alta, con precipitaciones anuales del orden de los 2.800 mm y 3.084 mm, respectivamente.

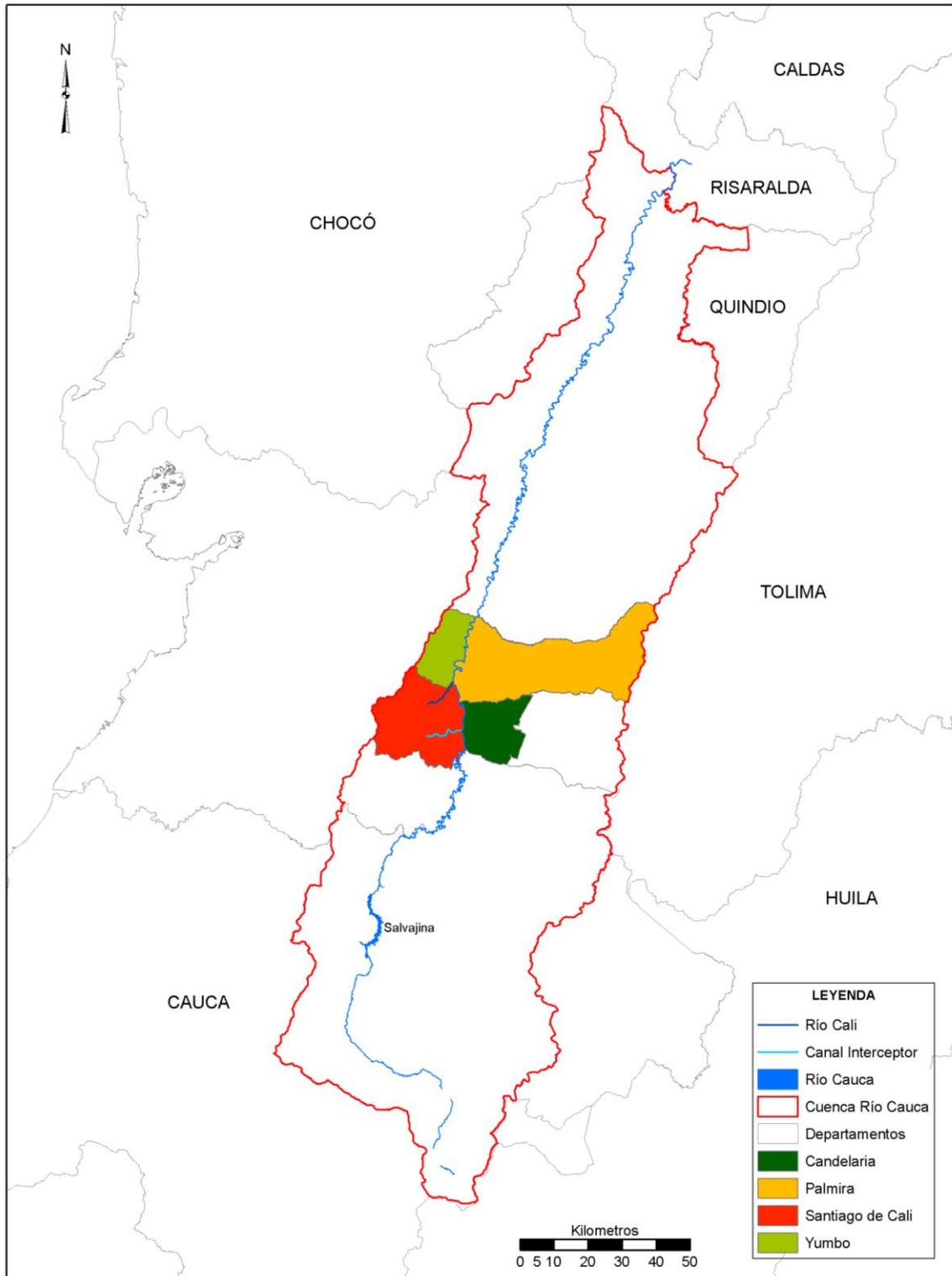


Figura 6.3. Cuenca del Valle Alto del río Cauca

6.3. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Se realizó la modelación matemática del río Cauca y sus afluentes tomando como base el modelo matemático implementado por la CVC y la Universidad del Valle en desarrollo del proyecto de Modelación del río Cauca PMC (ejecutado en el período comprendido entre los años 1997 y 2007) y el proyecto de Estudio de la Dinámica de Humedales en el Valle Alto del Río Cauca (ejecutado en el año 2009). El modelo fue construido utilizando el modelo MIKE 11 versión 2003 y abarcó el tramo del río Cauca en su valle alto de una longitud aproximada de 420 kilómetros comprendido entre las estaciones hidrométricas La Balsa y La Virginia.

La modelación matemática del río Cauca y sus afluentes se realizará utilizando el modelo matemático implementado por la CVC y la Universidad del Valle en desarrollo del proyecto de Modelación del río Cauca PMC (el cual fue ejecutado en el período comprendido entre los años 1997 y 2007) y el Estudio de la Dinámica de Humedales en el Valle Alto del Río Cauca (ejecutado en el año 2009). Para la implementación del modelo se consultaron los siguientes estudios:

- Modelación Matemática del Río Cauca. Tramo La Balsa – La Virginia, publicado en el año 2001. Proyecto PMC Fase I.
- Optimización y Aplicaciones de los Modelos Hidrodinámico, Sedimentológico y Morfológico del río Cauca. Tramo La Balsa – La Virginia, publicado en el año 2005. Proyecto PMC Fase II.
- Optimización del Modelo Hidrodinámico y Generación de Mapas de Inundación del río Cauca. Tramo Yumbo – Toro, publicado en el año 2007. Proyecto PMC Fase III.
- Modelación Matemática del Sistema Río Cauca - Humedales, publicado en el año 2009. Estudio de la Dinámica del Complejo de Humedales en el Valle Alto del Río Cauca.

La primera tarea consistió en revisar el modelo construido en el proyecto PMC, para lo cual se verificaron los archivos construidos para la esquematización del sistema río Cauca – tributarios – humedales y, posteriormente, analizar los resultados alcanzados.

6.3.1. Revisión y ajuste del modelo matemático básico del Río Cauca

Como se indicó previamente, la construcción del modelo matemático del río Cauca se inició durante el Proyecto de Modelación del río Cauca y se finalizó en el proyecto de Estudio de la Dinámica de Humedales en el Valle Alto del Río Cauca. Este modelo abarcó el tramo del río Cauca comprendido entre las estaciones hidrométricas La Balsa y La Virginia, el cual

tiene una longitud aproximada de 420 kilómetros. Las principales características de este modelo son las que se describen a continuación.

6.3.1.1. Red de Modelación

Se modeló el sistema constituido por el río Cauca, sus ríos tributarios y la planicie de inundación, incluyendo los humedales. En la Figura 6.4 se presenta la esquematización realizada del sistema río Cauca – tributarios – planicie -humedales.

En la Tabla 6.7 se presentan los ríos, humedales y canales en la planicie incluidos en la modelación.

6.3.1.2. Río Cauca

Se representó el río Cauca a través de 416 secciones transversales separadas entre sí 1,0 kilómetro, en promedio. En el tramo comprendido entre las estaciones La Balsa y Juanchito se utilizaron secciones transversales medidas por la CVC en el período comprendido entre los meses de Septiembre y Noviembre de 2005; en el tramo comprendido entre las estaciones Juanchito y La Virginia se emplearon las secciones transversales levantadas entre los meses de Octubre y Diciembre del año 2000 en desarrollo del proyecto PMC (CVC – Univalle, 2001).

6.3.1.3. Ríos Tributarios

Los 12 ríos tributarios principales fueron modelados como brazos laterales utilizando secciones transversales levantadas en desarrollo del proyecto PMC entre julio y septiembre del año 2003 (CVC – Univalle 2004). En la Tabla 6.8 se presentan los ríos principales modelados, la longitud considerada de cada uno de estos ríos, el número de secciones transversales utilizadas y el espaciamiento promedio entre secciones transversales.

6.3.1.4. Llanura de Inundación – Humedales

Las planicies de inundación fueron representadas o esquematizadas teniendo en cuenta las características que presentan los desbordamientos durante las crecientes del río Cauca. Se adoptaron tres tipos de esquematización diferentes: áreas de almacenamiento, secciones compuestas y canales independientes en la llanura de inundación conectados al cauce principal.

A continuación se describen los tres tipos de representaciones o esquematizaciones adoptadas para la planicie aluvial.

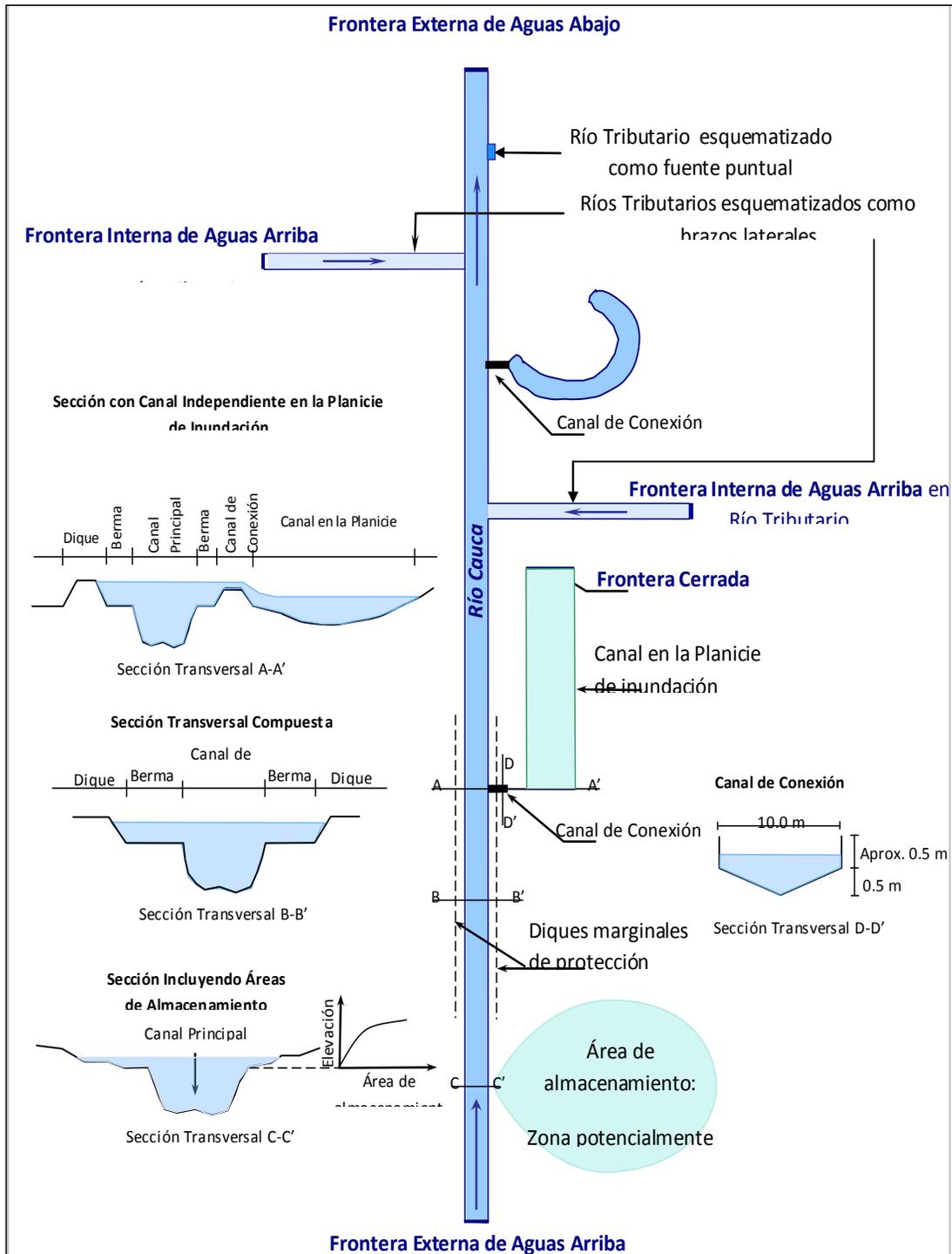


Figura 6.4. Esquematización del Sistema río Cauca – Tributarios – Planicie – Humedales

Tabla 6. 7. Fronteras definidas en la modelación Tramo La Balsa – La Virginia.

ABSCISA SOBRE EL RÍO CAUCA (KM)	RÍO / HUMEDAL EN EL QUE SE LOCALIZA LA FRONTERA	IDENTIFICACIÓN	TIPO DE FRONTERA
27.385	Cauca	Estación La Balsa	Abierta – Aguas Arriba
34.582	Humedal Guinea	Humedal Guinea	Cerrada
39.658	Humedal Guarinó	Humedal Guarinó	Cerrada
42.412	Cauca	Río Teta	Fuente Puntual
46.351	Cauca	Río Quinamayó	Fuente Puntual
45.467	Humedal El Avispal	Humedal Avispal	Cerrada
65.342	Cauca	Quebrada La Quebrada	Fuente Puntual
79.171	Claro	Río Claro	Abierta – Brazo Lateral
99.291	Palo	Río Palo	Abierta – Brazo Lateral
110.219	Jamundí	Río Jamundí	Abierta – Brazo Lateral
121.997	Cauca	Zanjón Oscuro	Fuente Puntual
121.504	Cauca	Desbaratado	Fuente Puntual
129.988	Cauca	Canal Sur	Fuente Puntual
143.730	Cauca	Canal General	Fuente Puntual
146.856	Cauca	Canal Oriental	Fuente Puntual
148.475	Cauca	Río Cali	Fuente Puntual
165.000	C161-165d ⁽¹⁾	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
165.000	C161-165d	Planicie de Inundación	Cerrada
163.000	C162-163i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
163.000	C162-163i	Planicie de Inundación	Cerrada
166.183	Cauca	Río Yumbo	Fuente Puntual
167.866	Guachal	Río Guachal	Abierta – Brazo Lateral
182.356	Amaime	Río Amaime	Abierta – Brazo Lateral
176.000	C173-176i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C173-176i	Planicie de Inundación	Cerrada
177.000	C175-177d	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C175-177d	Planicie de Inundación	Cerrada
179.000	C177-179d	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C177-179d	Planicie de Inundación	Cerrada
180.000	C179-180i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C179-180i	Planicie de Inundación	Cerrada
180.000	C180-180d	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C180-180d	Planicie de Inundación	Cerrada
184.037	Cauca	Río Vijes	Fuente Puntual
186.000	C184-186i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C184-186i	Planicie de Inundación	Cerrada
188.465	Cauca	Río Cerrito	Fuente Puntual
190.000	C189-190d	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C189-190d	Planicie de Inundación	Cerrada
193.829	Cauca	Río Zabaletas	Fuente Puntual
194.000	C192-194i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C192-194i	Planicie de Inundación	Cerrada
197.000	C193-197d	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C193-197d	Planicie de Inundación	Cerrada
199.245	Cauca	Río Guabas	Fuente Puntual
198.237	Humedal Videles	Humedal Videles	Cerrada

Tabla 6.7. Fronteras definidas en la modelación Tramo La Balsa – La Virginia (Cont.)

ABSCISA SOBRE EL RÍO CAUCA (KM)	RÍO / HUMEDAL EN EL QUE SE LOCALIZA LA FRONTERA	IDENTIFICACIÓN	TIPO DE FRONTERA
205.972	Cauca	Río Sonso	Fuente Puntual
212.328	Humedal Chiquique	Humedal Chiquique	Cerrada
214.105	Cauca	Río Yotoco	Fuente Puntual
216.000	C214-216i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C214-216i	Planicie de Inundación	Cerrada
217.000	C216-217i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C216-217i	Planicie de Inundación	Cerrada
219.000	C217-219d	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C217-219d	Planicie de Inundación	Cerrada
221.907	Cauca	Río Mediacanoa	Fuente Puntual
220.845	Cauca	Caño Nuevo	Fuente Puntual
221.000	C219-221i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C219-221i	Planicie de Inundación	Cerrada
222.000	Laguna sonso	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	Laguna sonso	Planicie de Inundación	Cerrada
222.000	C221-222i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C221-222i	Planicie de Inundación	Cerrada
225.000	C223-225i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C223-225i	Planicie de Inundación	Cerrada
222.000	C221-221i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C221-221i	Planicie de Inundación	Cerrada
225.115	Guadalajara	Río Guadalajara	Abierta – Brazo Lateral
230.000	C226-230i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C226-230i	Planicie de Inundación	Cerrada
248.304	Cauca	Quebrada La Negra	Fuente Puntual
254.000	C252-254i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C252-254i	Planicie de Inundación	Cerrada
258.000	C254-258i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C254-258i	Planicie de Inundación	Cerrada
260.000	C259-260i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C259-260i	Planicie de Inundación	Cerrada
262.000	C257-262d	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C257-262d	Planicie de Inundación	Cerrada
267.466	Cauca	Río Piedras	Fuente Puntual
281.000	C269-281d	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C269-281d	Planicie de Inundación	Cerrada
285.903	Riofrío	Río Riofrío	Abierta – Brazo Lateral
291.711	Tuluá	Río Tuluá	Abierta – Brazo Lateral
292.600	Humedal Bocas de Tuluá	H BocasTuluá	Cerrada
295.852	Cauca	Río Morales	Fuente Puntual
310.910	Cauca	Quebrada Robledo	Fuente Puntual
325.208	Bugalagrande	Río Bugalagrande	Abierta – Brazo Lateral
314.000	C310-314d	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C310-314d	Planicie de Inundación	Cerrada
317.636	Humedal La Herradura	H La Herradura	Cerrada
318.000	C317-318d	Planicie de Inundación	Fuente Puntual

Tabla 6.7. Fronteras definidas en la modelación Tramo La Balsa – La Virginia (Cont.)

ABSCISA SOBRE EL RÍO CAUCA (KM)	RÍO / HUMEDAL EN EL QUE SE LOCALIZA LA FRONTERA	IDENTIFICACIÓN	TIPO DE FRONTERA
-	C317-318d	Planicie de Inundación	Cerrada
320.000	C319-320d	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C319-320d	Planicie de Inundación	Cerrada
321.000	C316-321i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C316-321i	Planicie de Inundación	Cerrada
326.000	C324-326i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
326.685	Humedal Cementerio	H Cementerio	Cerrada
-	C324-326i	Planicie de Inundación	Cerrada
329.000	C327-329i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C327-329i	Planicie de Inundación	Cerrada
332.694	Cauca	Río Pescador	Fuente Puntual
333.000	C330-333i	Planicie de Inundación	Fuente Puntual
-	C330-333i	Planicie de Inundación	Cerrada
333.371	Paila	Río Paila	Abierta – Brazo Lateral
341.831	Cauca	Quebrada Las Cañas	Fuente Puntual
378.426	Cauca	Quebrada Los Micos	Fuente Puntual
393.378	Cauca	R.U.T.	Fuente Puntual
411.754	Cauca	Río San Francisco	Fuente Puntual
414.813	Cauca	Río Obando	Fuente Puntual
416.988	Cauca	Río Chanco	Fuente Puntual
424.672	Cauca	Río Catarina	Fuente Puntual
427.455	La Vieja	Río La Vieja	Abierta – Brazo Lateral
437.000	Risaralda	Río Risaralda	Abierta – Brazo Lateral
444.928	Cauca	Estación La Virginia	Abierta – Aguas Abajo

Fuente: Elaboración propia

⁽¹⁾ = Nomenclatura dada a los canales en la planicie. La letra C inicial indica que es un canal, los números siguientes muestran las abscisas aproximadas entre las que se encuentra el canal y la letra final indica la margen del Río Cauca en la que se encuentra el canal (margen derecha si la letra es una d y margen izquierda si la letra es una i)

Nota: La abscisa K0+000 se halla sobre el eje de la represa de Salvajina

Tabla 6. 8. Longitud y número de secciones transversales utilizadas en los ríos tributarios esquematizados como brazos laterales.

RÍO TRIBUTARIO	LONGITUD MODELADA (M)	Nº. DE SECCIONES UTILIZADAS	ESPACIAMIENTO MEDIO ENTRE SECCIONES TRANSVERSALES (M)
Claro	5000	15	333
Palo	7600	25	306
Jamundí	6500	20	323
Guachal	8000	20	400
Amaime	5000	20	250
Guadalajara	5000	22	227
Riofrío	5000	20	250
Tuluá	5000	20	250
Bugalagrande	8000	25	320
La Paila	5000	20	250
La Vieja	8000	21	381
Risaralda	5000	20	250

Fuente: Elaboración propia

6.3.1.4.1. Áreas de almacenamiento

Esta alternativa de esquematización de la planicie aluvial se utilizó en aquellos sectores donde no existen diques de protección contra inundaciones. En los sectores en los que se presentaron desbordamientos en el año 1999, se les asoció a cada sección transversal la relación nivel – área de almacenamiento obtenida a partir de la cartografía elaborada por la firma FAL en el año 1996 y la extensión de las áreas inundadas.

6.3.1.4.2. Secciones compuesta

En los sectores donde existen diques de protección contra inundaciones, la sección transversal del cauce, la berma y el dique se representaron por medio de secciones compuestas. La alineación y la altura de los diques en el sector comprendido entre los municipios de Yumbo y Tuluá fue extractada del informe “Levantamiento Topográfico de Ejes de Diques Marginales y Llanuras de inundación del río Cauca” (CVC – Universidad del Valle, 2006). En los restantes sectores esta información fue obtenida a partir de la cartografía elaborada por la firma FAL en el año 1998 y los informes de diseños de diques elaborados por la CVC.

6.3.1.4.3. Canales independientes en la llanura de inundación conectados al cauce principal.

Las madrevejas o humedales asociados al río Cauca y la sección de la planicie de inundación localizada más allá del dique de protección contra inundaciones fueron representadas o

esquemáticos como canales independientes conectados al río Cauca por medio de canales de conexión, denominados en el modelo MIKE 11 como *Link Channel*. Dado que no se dispone de un conocimiento detallado de la variación de la corona del dique, la geometría de los canales de conexión constituyó uno de los parámetros de calibración que permitió que el modelo reprodujera en forma aceptable el comportamiento del sistema río Cauca.

6.3.1.5. Fronteras del modelo

Las fronteras del modelo correspondieron a los límites superior (frontera aguas arriba), e inferior (frontera aguas abajo) de la zona de estudio, los afluentes esquematizados como brazos laterales y fuentes puntuales y los canales a través de los cuales se representaron las llanuras de inundación. En la Tabla 6.7 se presentan las fronteras empleadas en la modelación.

6.3.1.5.1. Frontera Aguas Arriba

La frontera superior o aguas arriba del modelo se localizaron en la estación hidrométrica de La Balsa, la cual se encuentra en la abscisa K 27 + 385. La abscisa K0+000 corresponde al eje de la presa de Salvajina. Para las diferentes simulaciones en esta frontera superior se introdujo, como condición hidrodinámica, la serie de caudales diarios (Figura 6.5)

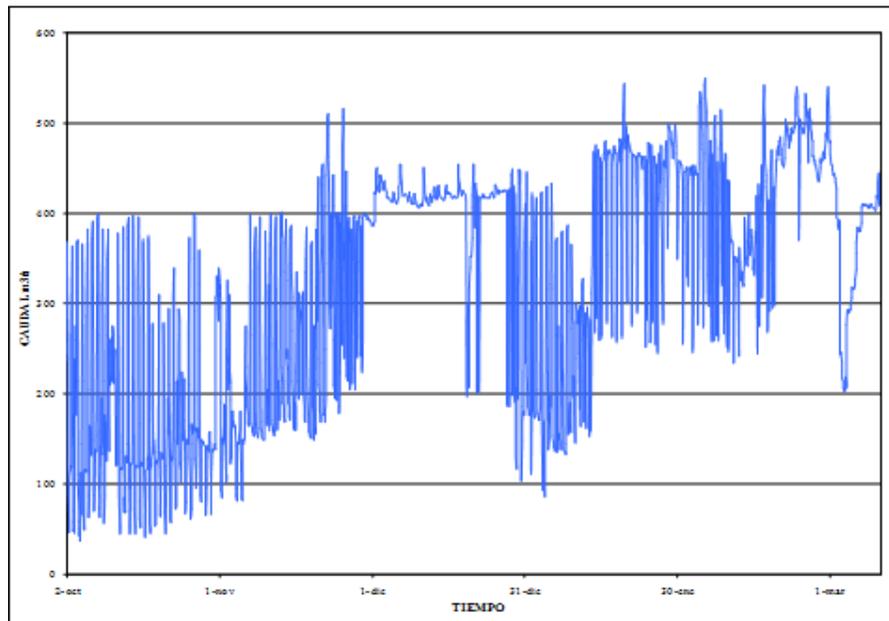


Figura 6.5. Condición hidrodinámica en la frontera aguas arriba Serie de caudales Estación: La Balsa. Periodo: Octubre 1998 - Marzo 1999

6.3.1.5.2. Fronteras Internas

En el modelo del sistema río Cauca – tributarios – humedales – planicie aluvial se consideraron 124 fronteras internas distribuidas de la siguiente manera:

- 12 brazos laterales: Los 12 ríos tributarios principales se representaron como brazos laterales. El modelo realiza el tránsito de los caudales introducidos en la frontera superior de cada uno de estos cauces.
- 69 fuentes puntuales: A través de esta alternativa se representaron 26 tributarios y descargas menores y 43 extracciones de agua de los canales en la planicie aluvial.
- 43 fronteras cerradas: Esta alternativa fue utilizada para representar los extremos finales de los canales en la planicie aluvial.

En la Tabla 6.9 se observan los caudales máximo estimados para un periodo de retorno de 100 años en los tributarios utilizados en la implementación del modelo Mike 11.

Tabla 6. 9. Caudales Máximos estimados para un periodo de retorno de 100 años en los Tributarios del río Cauca.

RÍO TRIBUTARIO	CAUDALES MÁXIMOS ESTIMADOS (M ³ /S)
Quinamayó	12.37
Teta	11.02
La Quebrada	20.35
Claro	100
Palo	145.2
Jamundí	58.09
Desbaratado	90
Canal Sur	15
Canal General	1
Canal Oriental	1.1
Cali	8.4
Guachal	97.35
Amaime	40
Zabaletas	1
Guabas	19
Sonso	1
Yotoco	1
Mediacanoa	0.83
Guadalajara	4
Quebrada La Negra	13.2
Piedras	1
Riofrio	39.2
Tuluá	43.2
Morales	23.2
Quebrada Robledo	14
Bugalagrande	43.2
Pescador	14
Paila	14
Quebrada Las Cañas	2.2
Quebrada Los Micos	1
R.U.T	36
San Francisco	35.7
Obando	0.53
Chanco	35
Catarina	2
La Vieja	121
Risaralda	63.68

6.3.1.5.3. Frontera Aguas Abajo

La frontera inferior o aguas abajo del modelo del río Cauca se localizaron en la estación hidrométrica de La Virginia. Como condición hidrodinámica de frontera se utilizó la curva de calibración nivel – caudal de esta estación (Figura 6.6).

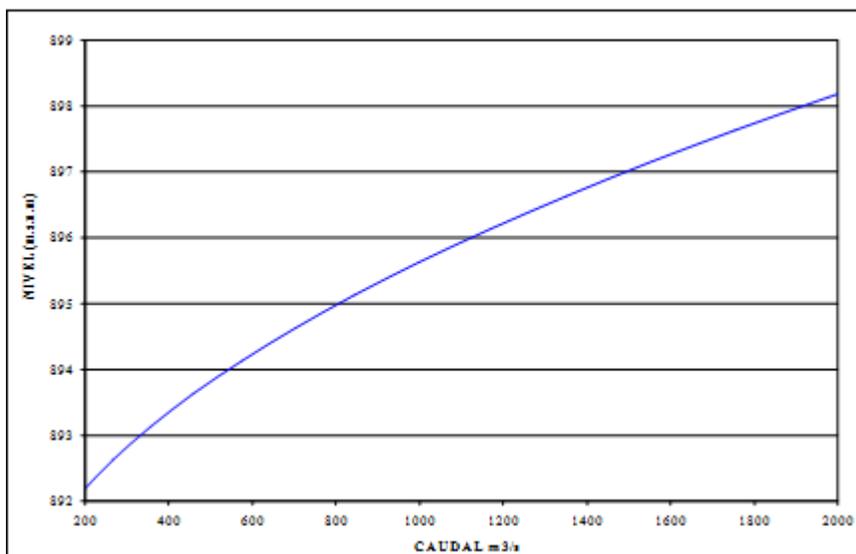


Figura 6.6. Condición hidrodinámica en la frontera aguas abajo curva de calibración
 Nivel Caudal Estación: La Virginia Periodo: Octubre 1998 – Marzo 1999

6.3.1.6. Malla computacional

El espaciamiento máximo admisible entre secciones transversales del río Cauca, Δx , adoptado fue de 1000 m, en tanto que el espaciamiento máximo entre secciones de los tributarios fue definido igual a 200 m. El intervalo de tiempo computacional entre soluciones sucesivas de las ecuaciones, Δt , se definió igual a 2 minutos. Estos valores de Δx y Δt permitieron describir adecuadamente el sistema modelado, garantizaron la estabilidad del modelo y arrojaron tiempos computacionales razonables.

Debe destacarse que mallas computaciones más refinadas (menores valores de Δx y Δt) no permitieron mejorar en forma significativa la precisión de los cálculos, pero incrementaron considerablemente el tiempo computacional.

6.3.1.7. Parámetros de calibración

La calibración del modelo fue alcanzada a través de un proceso riguroso de ajuste de diferentes parámetros numéricos y físicos que permitió alcanzar una adecuada representación del comportamiento del río. El procedimiento implementado fue el siguiente:

Tabla 6.10. Factores de rugosidad de Manning – Strickler (m^{1/3}/s) del río Cauca definidas durante la calibración del modelo hidrodinámico.

ZONA/ FACTOR DE RESISTENCIA	ESTACIÓN								
	La Balsa	La Bolsa	Hormiguero	Juanchito	Mediacanoa	Guayabal	La Victoria	Anacaro	La Virginia
Zona 1	20	20	25	37	34	39	35	39	35
Zona 2	29	29	27	33	34	39	35	39	35
Zona 3	38	38	31	32	34	39	35	39	35

Tabla 6.11. Niveles de Interface definidos del río Cauca durante la Calibración del Modelo Hidrodinámico.

NIVEL INTERFASE		ESTACIÓN								
		La Balsa	La Bolsa	Hormiguero	Juanchito	Mediacanoa	Guayabal	La Victoria	Anacaro	La Virginia
Nivel interface	Zona 1 Zona 2	982,50	958,00	950,00	944,00	930,50	908,00	903,00	897,00	892,00
Nivel interface	Zona 2 Zona 3	985,00	959,50	951,80	946,00	932,00	910,00	905,00	899,50	897,00
Nivel banca llena	-	985,30	960,00	952,46	946,72	932,02	911,10	907,85	902,84	-

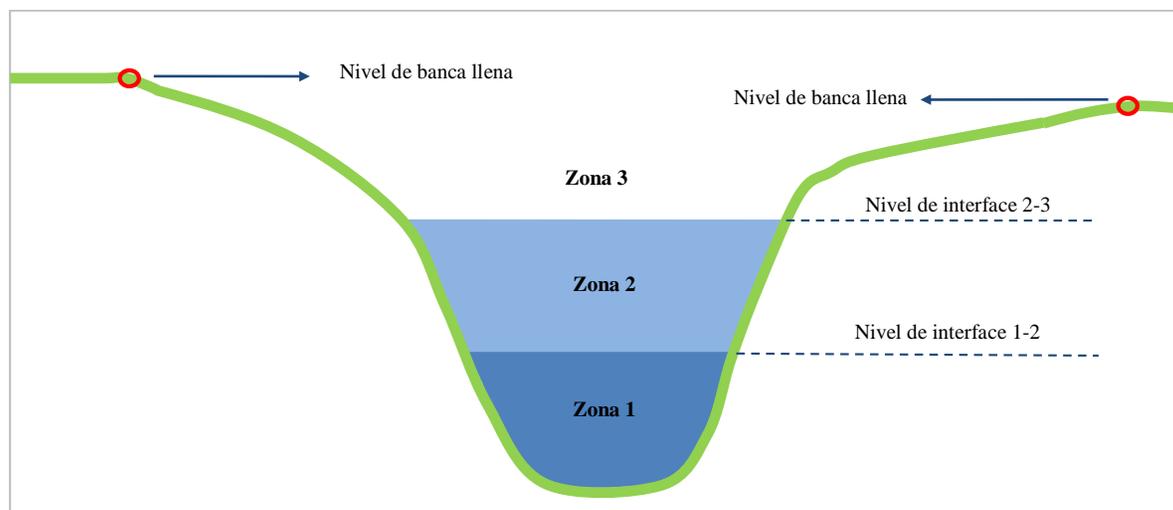


Figura 6.7. Zonas y niveles de interface en una sección típica del río Cauca

- Se realizaron varias simulaciones tomando como punto de partida las rugosidades encontradas a través de modelaciones anteriores. Estas rugosidades fueron definidas utilizando la herramienta del modelo que permite dividir las secciones transversales en tres zonas (triple zona) y asignarle a cada una de ellas un valor diferente (Figura 6.7). Los cálculos del modelo reprodujeron razonablemente las características hidrodinámicas

del río en algunos sectores, pero en otros se observó una diferencia importante entre los valores medidos en campo y los calculados por el modelo.

- Se modificaron los valores de la rugosidad y los niveles de los límites de la triple zona en aquellos sectores en los que el modelo no describía adecuadamente el comportamiento hidrodinámico del sistema, alcanzando de esta manera respuestas aceptables en varias zonas. Sin embargo, en algunos sectores persistían diferencias apreciables (Tabla 6.10).
- Se revisaron las secciones transversales y las conductancias en los sectores donde se mantenían las diferencias significativas entre los niveles de agua y los caudales medidos y calculados. Este análisis permitió reemplazar algunas secciones transversales consideradas no representativas del cauce del río Cauca; luego se ajustaron nuevamente las rugosidades y los límites de la triple zona hasta obtener diferencias aceptables entre las series calculadas por el modelo y las registradas en campo para caudales y niveles inferiores a los de banca llena. En la Tabla 6.11 se presentan los valores de rugosidad y los límites de la triple zona finalmente obtenidos.

Debe destacarse que los valores de rugosidad se variaron entre límites físicamente válidos de acuerdo con las características del sistema río Cauca – humedales.

Los resultados de la calibración los puede encontrar en el estudio “Zonificación de amenazas por inundaciones del Río Cauca en su valle alto y planteamiento de opciones de protección, convenio de asociación N°. 001 de 2013. ASOCAR, CVC, Universidad del Valle”.

6.4. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE AGUA EN LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR EN LA CIUDAD DE CALI

6.4.1. Determinación de niveles de agua en el río Cauca

Para determinar los niveles de agua en el río Cauca en el tramo de interés del estudio, comprendido entre las confluencias del Canal Interceptor Sur y el río Cali, es decir, a su paso por la ciudad de Cali, se implementó el modelo matemático hidrodinámico del río Cauca, previamente calibrado y ajustado, como se indicó en el capítulo anterior. Para ello inicialmente se determinaron los caudales correspondientes a la creciente en el río Cauca para un periodo de retorno de 100 años, teniendo en cuenta que éste corresponde al nivel de protección contemplado en la normatividad colombiana para centros poblados.

En el estudio “Análisis hidrológico de las crecientes históricas en el río Cauca”, realizado por el grupo de investigación IREHISA de la Universidad del Valle en desarrollo del proyecto Zonificación de amenazas por inundaciones del río Cauca en su valle alto y planteamiento de opciones de protección (Convenio de Asociación N°. 001 de 2013 ASOCAR-Universidad del Valle), por medio de un análisis de frecuencia se determinaron los caudales correspondientes a la creciente en el río Cauca para un periodo de retorno de 100 años.

El análisis efectuado permitió establecer que la función de distribución Log-Pearson III es la de mejor ajuste para las series de caudales máximos anuales en las diferentes estaciones hidrométricas existentes en el río a lo largo del departamento del Valle del Cauca, por cuanto arroja el menor EEA (Error estándar de Ajuste) y el CCG (Coeficiente de Correlación Graficada) más cercano a 1,0. En las Tablas 6.12 y 6.13 se presentan los resultados de los caudales estimados y las pruebas de ajuste realizadas para las tres distribuciones de probabilidad aplicadas (Gumbel, LogNormal y LogPearson III) en las estaciones La Balsa (frontera superior del modelo) y Juanchito (localizada en el tramo de estudio). En la Tabla 6.14 se presentan los caudales máximos estimados con la distribución de probabilidad LogPearson III para un periodo de retorno de 100 años en las estaciones hidrométricas del río Cauca.

Tabla 6.12. Caudales Máximos estimados para un periodo de retorno de 100 años y resultados de las pruebas de ajuste en la estación La Balsa según las distribuciones de Gumbel, LogNormal y Log-Pearson III.

PRUEBA DE AJUSTE	DISTRIBUCIÓN		
	GUMBEL	LOGNORMAL	LOGPEARSON III
CCG	0.97	0.98	0.98
EEA	30.54	25.70	21.51
Caudal (m³/s)	781	796	733

Fuente: CVC – Universidad del Valle (2013)

Por lo tanto, los caudales máximos de la creciente con un periodo de retorno de 100 años en la estación La Balsa (frontera superior o aguas arriba) del modelo hidrodinámico será 733 m³/s y en la estación Juanchito 1239 m³/s). El nivel del agua en la estación Juanchito correspondiente al caudal máximo estimado fue 951.22 msnm, el cual se determinó empleando la curva de calibración Nivel-Caudal de la estación (Figura 6.8).

Tabla 6.13. Caudales Máximos estimados para un periodo de retorno de 100 años y resultados de las pruebas de ajuste en la estación Juanchito según las distribuciones de Gumbel, LogNormal y LogPearson III

PRUEBA DE AJUSTE	DISTRIBUCIÓN		
	GUMBEL	LOGNORMAL	LOGPEARSON III
CCG	0.98	0.98	0.99
EEA	52.30	43.80	31.10
Caudal (m ³ /s)	1379	1435	1239

Fuente: CVC – Universidad del Valle (2013)

Tabla 6.14. Caudales Máximos estimados para periodo de retorno de TR=100 años en las Estaciones Hidrométricas del Rio Cauca.

Rio	Estación	Abscisa (Km)	Caudales máximos estimados (m ³ /s)
Cauca	La Balsa	27.385	733
	La Bolsa	79.547	889
	Hormiguero	115.443	930
	Juanchito	140.895	1239
	Mediacanoa	223.602	1286
	Guayabal	350.187	1356
	La Victoria	372.006	1360
	Anacaro	418.246	1416
	La Virginia	444.928	2064

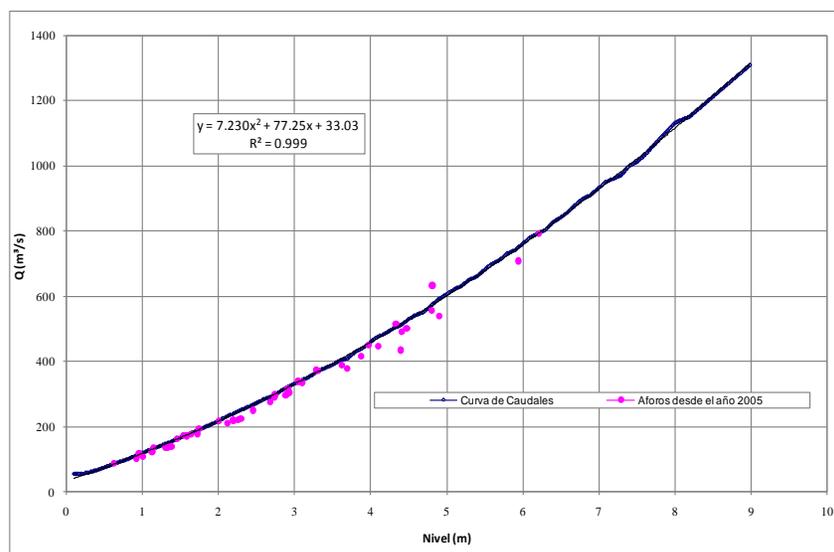


Figura 6.8. Curva de Calibración Nivel-Caudal en la Estación Juanchito

Una vez establecidas las condiciones hidrodinámicas de frontera se procedió a realizar la modelación matemática del río Cauca, obteniéndose los niveles de agua máximos a lo largo de su recorrido por el departamento del Valle del Cauca.

En la Tabla 6.15 se presentan los resultados de los niveles de aguay los caudales obtenidos de la modelación matemática, así como los niveles de la banca derecha y los niveles del thalweg del río Cauca en el tramo comprendido entre las descargas del Canal Interceptor Sur (abscisa K129+219) y el río Cali (abscisa K148+112).

Tabla 6.15. Niveles de agua y caudales calculados mediante la modelación matemática del río Cauca en el tramo Canal Interceptor –Río Cali para una creciente con periodo de retorno de 100 años

ABSCISA (km)	NIVEL DE AGUA (msnm)	NIVEL BANCA DERECHA (msmn)	NIVEL DEL THALWEG (msnm)	CAUDAL (m ³ /s)
129,219	953,515	951,02	940,63	1230,99
129,319	953,498	949,02	938,67	1230,99
129,418	953,482	947,05	936,73	1230,99
129,518	953,465	948,38	935,70	1230,99
129,618	953,449	949,71	934,66	1230,99
129,659	953,442	950,25	934,24	1230,99
129,759	953,422	950,41	934,37	1230,99
129,859	953,401	950,56	934,51	1230,98
129,959	953,381	950,72	934,64	1230,98
130,059	953,361	950,88	934,78	1230,98
130,097	953,353	950,94	934,83	1230,98
130,197	953,341	950,74	934,44	1230,98
130,297	953,329	950,55	934,05	1230,98
130,397	953,317	950,35	933,67	1230,98
130,497	953,305	950,16	933,28	1230,98
130,597	953,293	949,96	932,89	1230,98
130,623	953,290	949,91	932,79	1230,98
130,723	953,278	950,27	934,47	1230,98
130,823	953,266	950,64	936,15	1230,98
130,923	953,254	951,00	937,83	1230,98
131,023	953,243	951,37	939,51	1230,98
131,123	953,231	951,73	941,19	1230,98
131,162	953,226	951,87	941,83	1230,98
131,262	953,210	951,30	941,33	1230,98
131,362	953,195	950,73	940,82	1230,98
131,462	953,179	950,17	940,32	1230,98
131,562	953,164	949,60	939,81	1230,98
131,574	953,162	949,53	939,75	1230,98
131,674	953,146	949,70	939,99	1230,98
131,774	953,131	949,87	940,23	1230,98
131,874	953,115	950,05	940,47	1230,98
131,974	953,100	950,22	940,71	1230,98
132,074	953,084	950,39	940,96	1230,98

ABSCISA (km)	NIVEL DE AGUA (msnm)	NIVEL BANCA DERECHA (msnm)	NIVEL DEL THALWEG (msnm)	CAUDAL (m³/s)
132,174	953,069	950,56	941,20	1230,98
132,274	953,053	950,74	941,44	1230,98
132,374	953,038	950,91	941,68	1230,98
132,462	953,024	951,06	941,89	1230,98
132,562	952,975	950,70	940,40	1230,98
132,662	952,927	950,33	938,90	1230,98
132,762	952,878	949,97	937,41	1230,98
132,820	952,850	949,76	936,54	1230,98
132,920	952,801	949,47	937,90	1230,98
133,020	952,752	949,17	939,26	1230,98
133,080	952,723	949,00	940,07	1230,98
133,180	952,685	948,23	938,42	1230,98
133,280	952,648	947,46	936,77	1230,98
133,380	952,610	946,70	935,12	1230,98
133,480	952,573	945,93	933,47	1230,98
133,514	952,560	945,67	932,91	1230,98
133,614	952,520	946,72	933,45	1230,98
133,714	952,481	947,78	933,99	1230,98
133,814	952,441	948,83	934,54	1230,98
133,901	952,406	949,76	935,01	1230,98
134,001	952,378	949,83	936,05	1230,98
134,101	952,351	949,89	937,10	1230,98
134,201	952,323	949,96	938,14	1230,97
134,304	952,295	950,03	939,21	1230,97
134,404	952,278	950,31	939,21	1230,97
134,504	952,261	950,59	939,22	1230,97
134,604	952,244	950,88	939,22	1230,97
134,704	952,226	951,16	939,22	1230,97
134,804	952,209	951,44	939,23	1230,97
134,910	952,191	951,74	939,23	1230,97
135,010	952,163	951,24	938,88	1230,97
135,110	952,136	950,74	938,53	1230,97
135,210	952,108	950,24	938,18	1230,97
135,310	952,081	949,74	937,83	1230,97
135,410	952,053	949,24	937,48	1230,97
135,432	952,047	949,13	937,40	1230,97
135,532	952,013	948,38	936,94	1230,97
135,632	951,978	947,62	936,48	1230,97
135,732	951,944	946,87	936,01	1230,97
135,832	951,910	946,11	935,55	1230,97
135,932	951,875	945,36	935,09	1230,97
136,006	951,850	944,80	934,75	1230,97
136,106	951,825	945,56	935,35	1230,97
136,206	951,800	946,31	935,95	1230,97
136,306	951,775	947,07	936,54	1230,97
136,406	951,750	947,82	937,14	1230,97
136,506	951,725	948,58	937,74	1230,97
136,579	951,707	949,13	938,18	1230,97
136,679	951,682	947,21	937,38	1230,97

ABSCISA (km)	NIVEL DE AGUA (msnm)	NIVEL BANCA DERECHA (msnm)	NIVEL DEL THALWEG (msnm)	CAUDAL (m³/s)
136,779	951,657	945,29	936,58	1230,97
136,879	951,632	943,37	935,77	1230,97
136,979	951,607	941,46	934,97	1230,97
137,060	951,587	939,90	934,32	1230,97
137,160	951,572	940,66	935,02	1230,97
137,260	951,558	941,42	935,72	1230,97
137,360	951,543	942,18	936,43	1230,97
137,460	951,528	942,95	937,13	1230,97
137,565	951,513	943,74	937,86	1230,97
137,665	951,499	945,12	937,43	1230,96
137,765	951,486	946,50	936,99	1230,96
137,865	951,472	947,89	936,56	1230,96
137,965	951,458	949,27	936,12	1230,96
137,968	951,458	949,31	936,11	1230,96
138,068	951,451	949,07	935,97	1230,96
138,168	951,445	948,82	935,83	1230,96
138,268	951,438	948,58	935,69	1230,96
138,333	951,434	948,42	935,60	1230,96
138,433	951,428	948,72	935,62	1230,96
138,533	951,421	949,03	935,64	1230,96
138,633	951,415	949,33	935,66	1230,96
138,733	951,408	949,63	935,68	1230,96
138,829	951,402	949,92	935,70	1230,96
138,929	951,383	949,88	936,18	1230,95
139,029	951,364	949,85	936,65	1230,95
139,129	951,345	949,81	937,13	1230,95
139,229	951,326	949,77	937,60	1230,95
139,292	951,314	949,75	937,90	1230,95
139,392	951,288	948,22	936,67	1230,95
139,492	951,262	946,70	935,43	1230,95
139,557	951,244	945,69	934,62	1230,95
139,657	951,218	946,34	934,01	1230,95
139,757	951,192	946,98	933,41	1230,95
139,857	951,166	947,63	932,80	1230,95
139,970	951,136	948,36	932,12	1230,95
140,070	951,127	948,84	933,00	1230,95
140,170	951,117	949,32	933,88	1230,95
140,270	951,108	949,81	934,77	1230,95
140,370	951,099	950,29	935,65	1230,95
140,445	951,092	950,65	936,31	1230,95
140,545	951,083	950,38	936,75	1231,25
140,645	951,073	950,10	937,19	1231,55
140,745	951,064	949,83	937,63	1231,85
140,778	951,061	949,74	937,77	1231,95
140,878	951,031	949,55	937,13	1231,95
140,978	951,000	949,36	936,48	1231,95
141,078	950,970	949,18	935,84	1231,95
141,141	950,951	949,06	935,44	1231,95

ABSCISA (km)	NIVEL DE AGUA (msnm)	NIVEL BANCA DERECHA (msnm)	NIVEL DEL THALWEG (msnm)	CAUDAL (m³/s)
141,241	950,928	948,96	936,13	1231,95
141,341	950,905	948,86	936,83	1231,95
141,441	950,881	948,77	937,52	1231,95
141,541	950,858	948,67	938,21	1231,95
141,641	950,835	948,57	938,91	1231,94
141,741	950,812	948,47	939,60	1231,94
141,841	950,789	948,38	940,29	1231,94
141,941	950,766	948,28	940,99	1231,94
142,021	950,747	948,20	941,54	1231,94
142,121	950,702	948,21	940,36	1231,94
142,221	950,657	948,22	939,19	1231,94
142,321	950,612	948,24	938,01	1231,94
142,421	950,567	948,25	936,84	1231,94
142,521	950,521	948,26	935,66	1231,94
142,621	950,476	948,27	934,48	1231,94
142,663	950,457	948,28	933,99	1231,94
142,763	950,412	948,27	934,04	1231,94
142,863	950,367	948,27	934,08	1231,94
142,947	950,329	948,26	934,12	1231,94
143,047	950,303	947,98	934,39	1231,94
143,147	950,277	947,69	934,66	1231,94
143,247	950,251	947,41	934,93	1231,94
143,347	950,224	947,12	935,20	1231,94
143,447	950,198	946,84	935,47	1231,94
143,547	950,172	946,55	935,74	1231,94
143,609	950,156	946,38	935,91	1231,94
143,709	950,130	946,81	936,27	1231,79
143,809	950,104	947,24	936,64	1231,63
143,909	950,078	947,67	937,00	1231,47
144,001	950,054	948,07	937,34	1231,33
144,101	950,021	948,43	936,37	1231,74
144,201	949,987	948,79	935,41	1232,16
144,301	949,954	949,14	934,44	1232,57
144,414	949,916	949,55	933,35	1233,04
144,514	949,882	949,30	933,96	1234,33
144,614	949,849	949,04	934,57	1235,62
144,714	949,815	948,79	935,18	1236,91
144,764	949,799	948,66	935,48	1237,55
144,864	949,765	948,25	936,43	1238,15
144,964	949,732	947,83	937,38	1238,74
145,064	949,698	947,42	938,32	1239,33
145,100	949,686	947,27	938,67	1239,55
145,200	949,638	947,45	938,34	1240,01
145,300	949,590	947,64	938,00	1240,47
145,400	949,541	947,82	937,67	1240,93
145,508	949,490	948,02	937,31	1241,43
145,608	949,441	947,89	936,76	1241,43
145,708	949,393	947,76	936,20	1241,43
145,808	949,345	947,64	935,65	1241,43

ABSCISA (km)	NIVEL DE AGUA (msnm)	NIVEL BANCA DERECHA (msnm)	NIVEL DEL THALWEG (msnm)	CAUDAL (m ³ /s)
145,908	949,297	947,51	935,10	1241,43
145,937	949,283	947,47	934,94	1241,43
146,037	949,268	947,40	935,22	1241,43
146,137	949,252	947,34	935,50	1241,43
146,237	949,237	947,27	935,79	1241,43
146,337	949,221	947,21	936,07	1241,43
146,437	949,206	947,14	936,35	1241,43
146,469	949,201	947,12	936,44	1241,43
146,569	949,186	947,08	936,70	1241,43
146,669	949,170	947,03	936,97	1241,43
146,769	949,155	946,99	937,23	1241,43
146,869	949,139	946,94	937,49	1241,42
146,969	949,124	946,90	937,76	1241,42
147,069	949,109	946,85	938,02	1241,42
147,125	949,100	946,83	938,17	1241,42
147,225	949,084	946,82	937,71	1241,42
147,325	949,068	946,80	937,26	1241,42
147,425	949,052	946,79	936,80	1241,42
147,525	949,036	946,77	936,35	1241,42
147,625	949,020	946,76	935,89	1241,42
147,663	949,014	946,75	935,72	1241,42
147,763	948,994	946,89	935,94	1241,42
147,863	948,974	947,03	936,17	1241,42
147,963	948,954	947,17	936,39	1241,42
148,063	948,934	947,31	936,61	1241,42
148,112	948,924	947,38	936,72	1241,42

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 6.9 se presentan los resultados de los niveles de agua calculados en el río Cauca en el tramo modelado entre las estaciones hidrométricas de La Balsa y La Virginia.

En la Figura 6.10 se presentan los niveles de agua a lo largo del río Cauca en el tramo comprendido entre las confluencias del Canal Interceptor Sur y el río Cali, al igual que el nivel del Thalweg del río Cauca y el nivel del terreno a 60 m de la banca de la margen derecha del cauce principal del río Cauca; también se incluyen el nivel que deberá tener la corona del dique marginal de protección a proyectar, considerando una altura de borde libre de 1,0 m.

En la Figura 6.11 se presenta la altura que tendría el dique de protección sobre la margen derecha del río Cauca, ubicado a 60 m de la banca del cauce, en el tramo comprendido entre las desembocaduras del Canal Interceptor Sur y el río Cali. Se aprecia, como era de esperarse debido a la irregularidad natural del relieve del terreno, que la altura del dique de protección

requerido varía a lo largo del tramo de estudio en un rango amplio entre 1,0 m y 5,0 m, aproximadamente; sin embargo, se puede decir que en promedio la altura del dique de protección a construir en la margen derecha del río Cauca fluctúa entre cerca de 3,5 y 4,0 m.

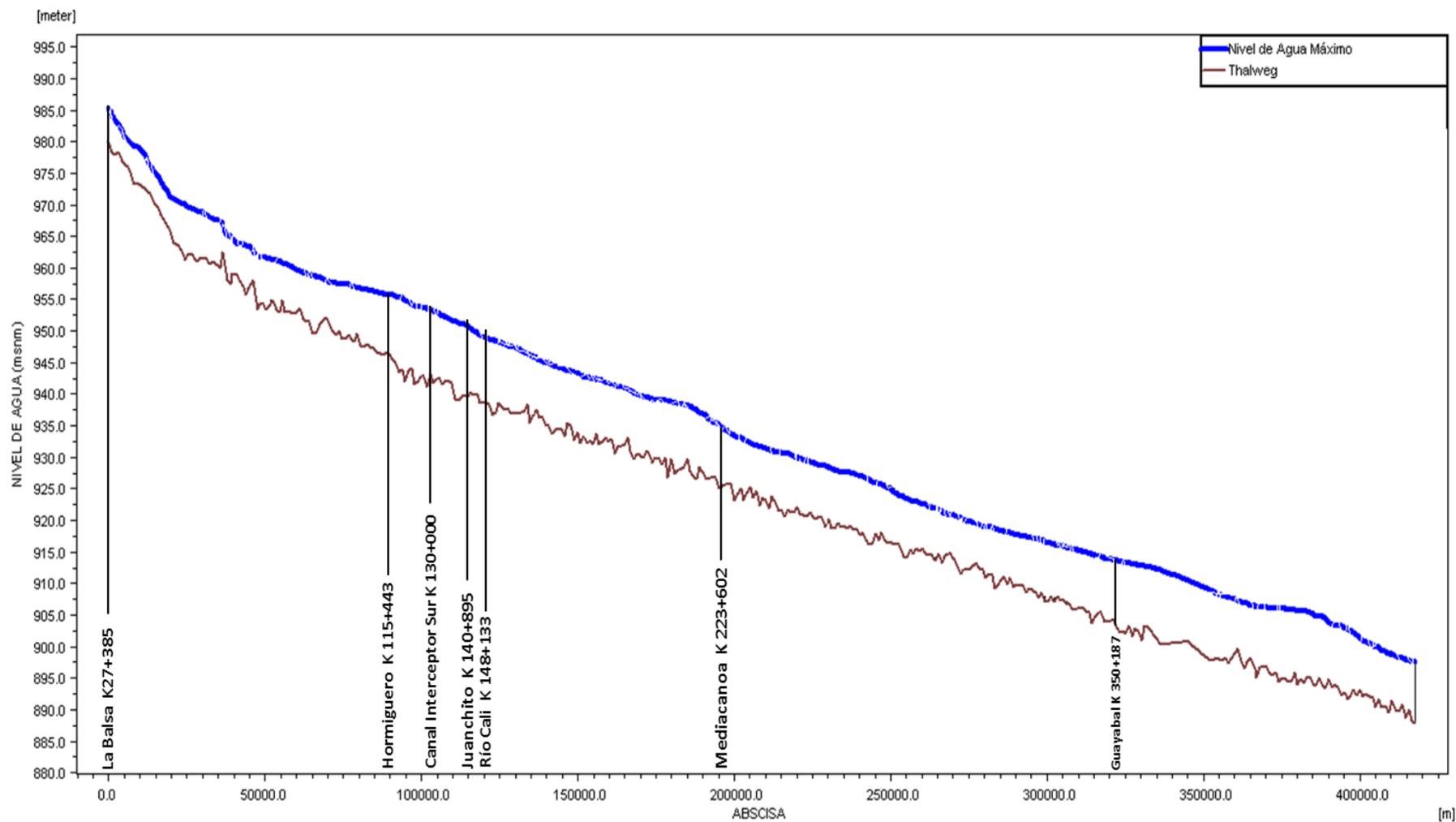


Figura 6.9. Niveles de agua en el río Cauca calculados mediante modelación matemática Tramo La Balsa – La Virginia Creciente con un período de retorno de 100 años.

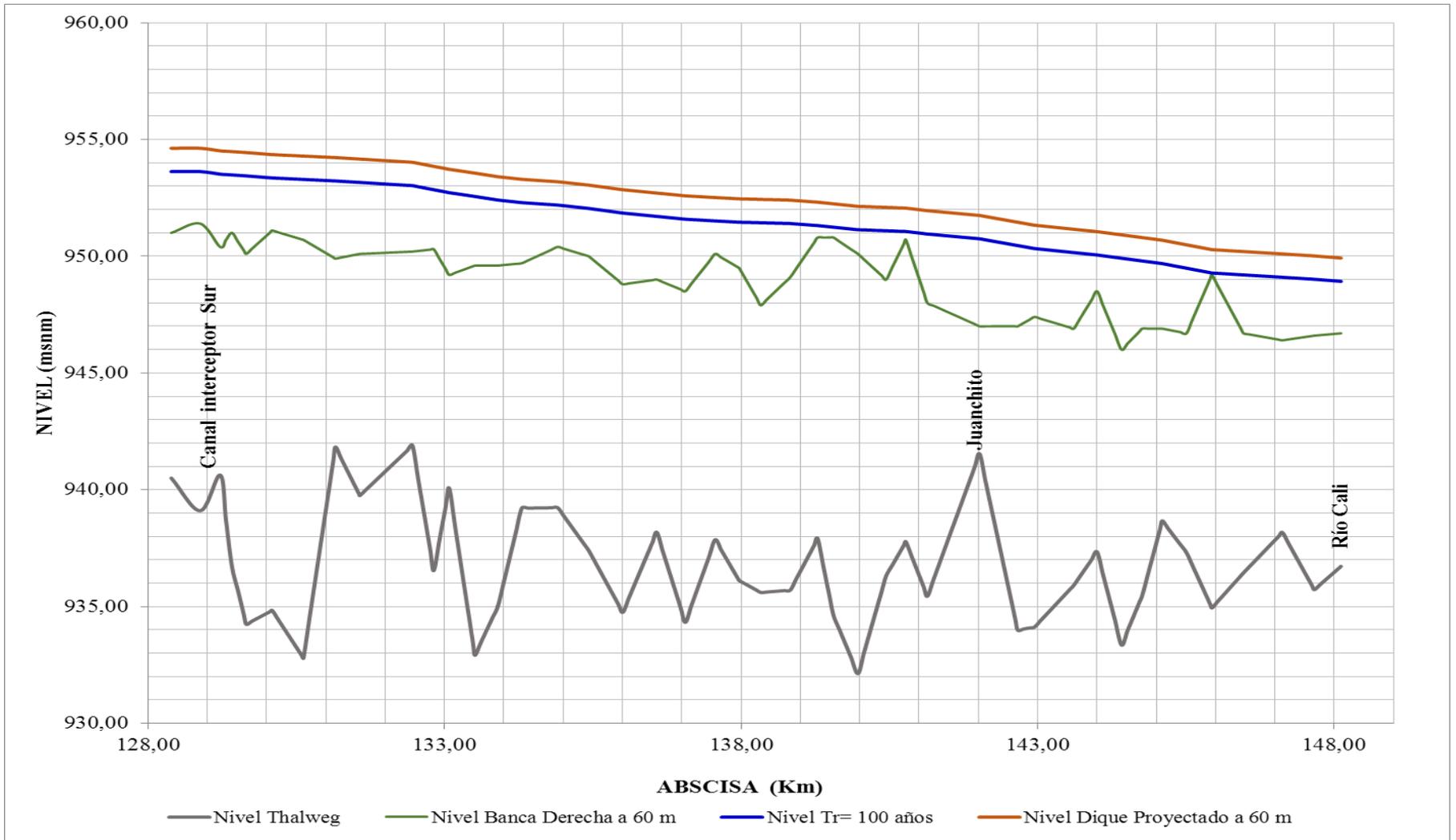


Figura 6. 10. Niveles de agua calculados mediante la simulación numérica en el río Cauca en el tramo Canal Interceptor Sur - Río Cali para una creciente con un período de retorno de 100 años.

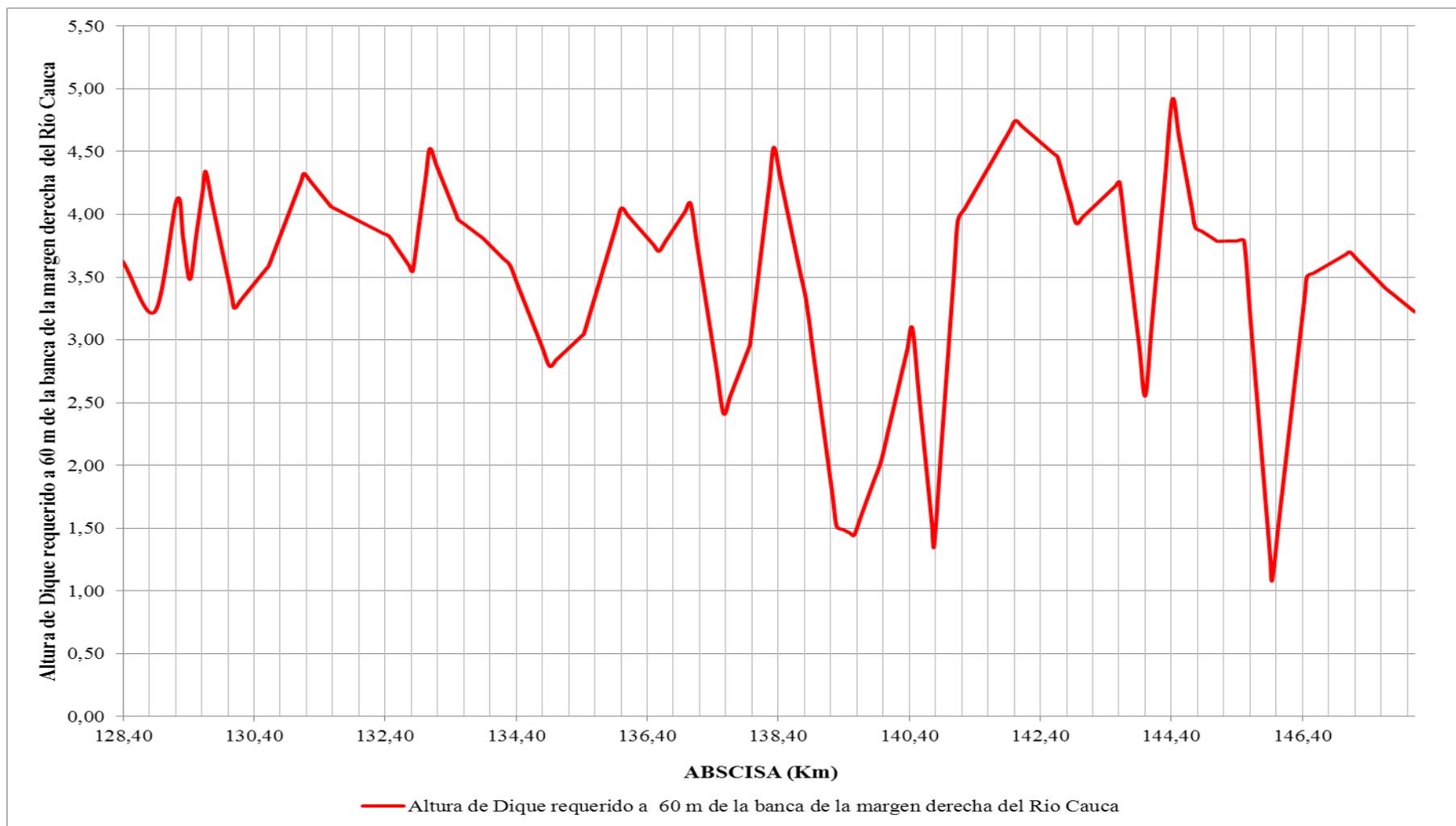


Figura 6.11. Altura de Dique requerido a 60 m de la banca de la margen derecha del río Cauca para una creciente con un periodo de retorno de 100 años en el tramo Canal Interceptor Sur – Río Cali

6.5. NIVELES DE AGUA EN EL CANAL INTERCEPTOR SUR

Los niveles de agua en el Canal Interceptor Sur se obtuvieron del estudio “Diseños de Reforzamiento y realce de los Diques: Margen izquierda del Canal Interceptor Sur y Río Cauca, Margen derecha del río Cali; y Diseño de obras de control de erosión marginal” realizado por el Consorcio Cali - Cauca 2013, en el cual realizaron la modelación matemática hidrodinámica del Canal Interceptor Sur utilizando el modelo HEC-RAS, considerando una creciente en el Canal con un periodo de retorno de 100 años y un nivel de agua en el río Cauca correspondiente a una creciente con un periodo de retorno de 500 años.

En la Figura 6.12 se presentan los niveles de agua a lo largo del Canal Interceptor Sur en el tramo comprendido entre la Calle 25 (Autopista Simón Bolívar) y su desembocadura en el río Cauca; también se presenta el nivel del Thalweg del Canal Interceptor Sur, el nivel del terreno a 30 m de la banca de la margen derecha del canal, al igual que el nivel que deberá tener la corona del dique marginal de protección a proyectar, considerando una altura de borde libre de 1,0 m.

En la Figura 6.13 se presenta la altura que deberá tener el dique de protección sobre la margen derecha del Canal Interceptor Sur, ubicado a 30 m de la banca del canal, en el tramo comprendido entre la Calle 25 (Autopista Simón Bolívar) y su desembocadura en el río Cauca. Debido a la irregularidad del terreno, la altura del dique de protección requerido varía a lo largo del tramo de estudio en un rango amplio entre 0,7 m y 4,7 m, aproximadamente; no obstante, es posible decir que en promedio la altura del dique de protección a construir sobre la margen derecha del Canal Interceptor Sur fluctúa entre unos 3,0 y 3,5 m.

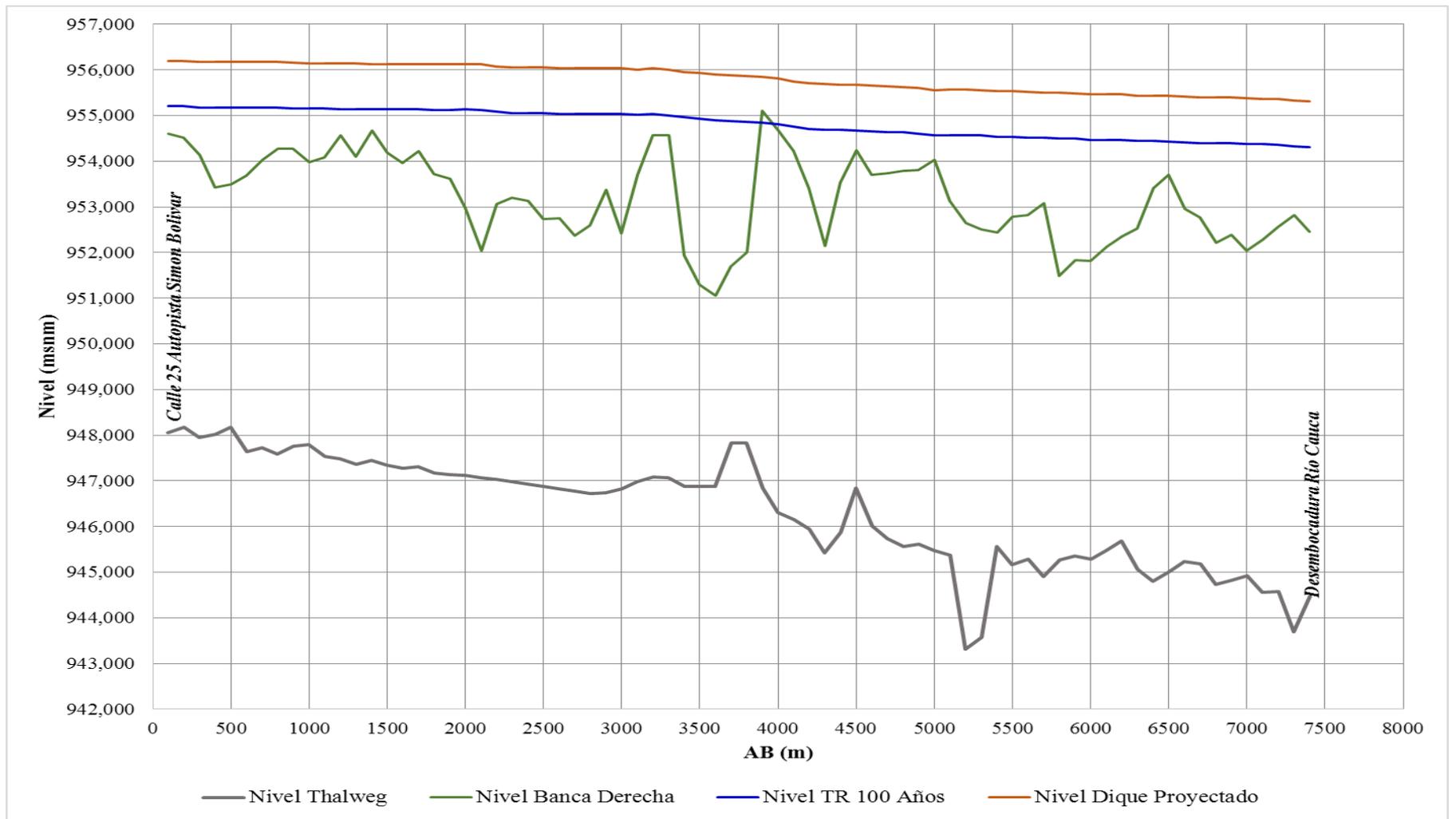


Figura 6. 12. Niveles de agua en el Canal Interceptor Sur en el tramo entre la Calle 25 y la desembocadura en el río Cauca para una creciente con un período de retorno de 100 años

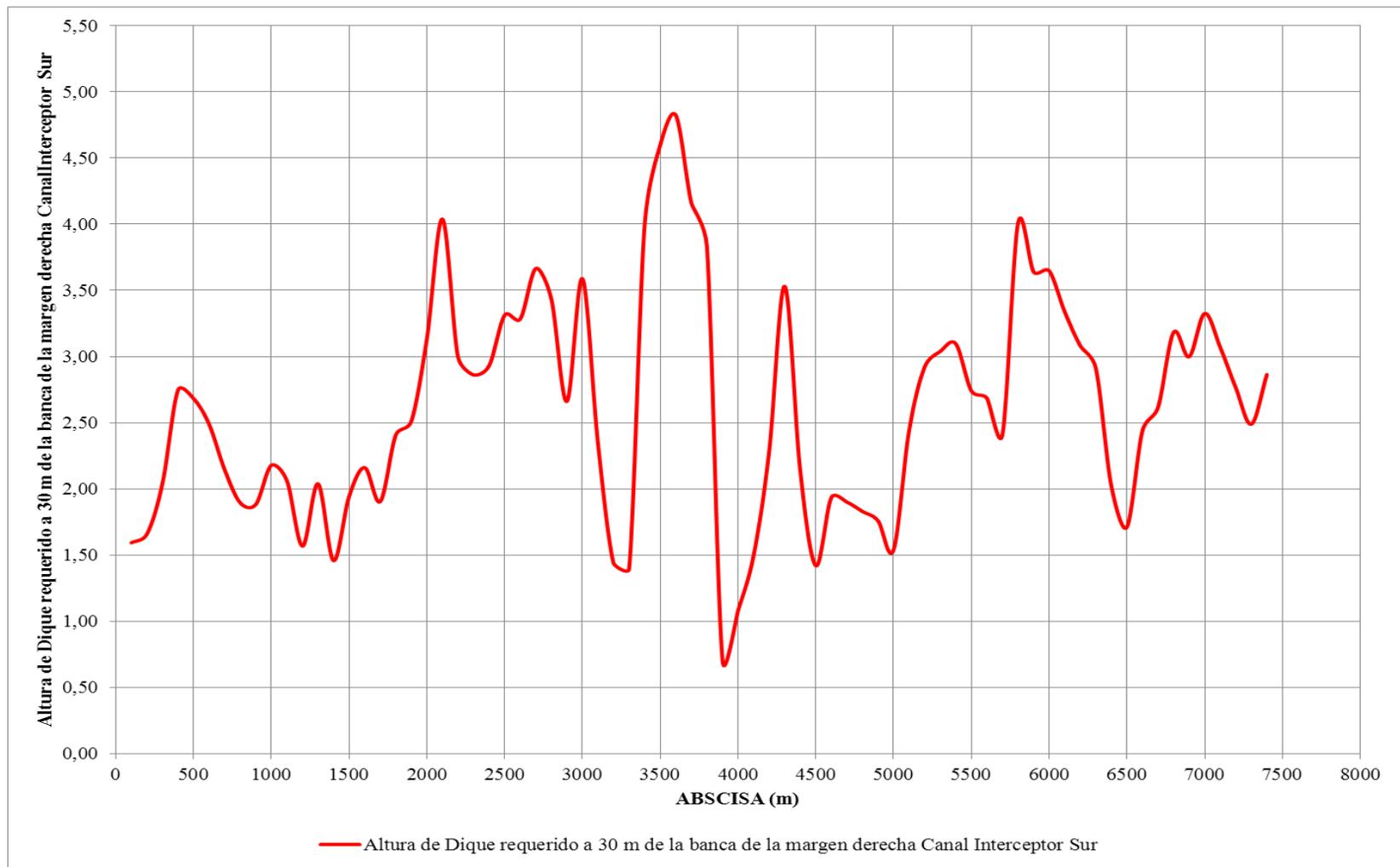


Figura 6.13. Altura de Dique requerido a 30 m de la banca de la margen derecha del Canal Interceptor Sur para una creciente con un periodo de retorno de 100 años

6.6. NIVELES DE AGUA EN EL RÍO CALI

Los niveles de agua en el río Cali se obtuvieron del estudio “Diseños de Reforzamiento y realce de los Diques: Margen izquierda del Canal Interceptor Sur y Río Cauca, Margen derecha del río Cali; y Diseño de obras de control de erosión marginal” realizado por el Consorcio Cali Cauca 2013, en el cual realizaron la modelación matemática hidrodinámica del río Cali utilizando el modelo HEC-RAS, considerando para ello una creciente en el río Cali con un periodo de retorno de 100 años y un nivel de agua en el río Cauca correspondiente a una creciente con un periodo de retorno de 500 años.

En la Figura 6.14 se presentan los niveles de agua a lo largo del río Cali en el tramo comprendido entre la Calle 70 y su desembocadura en el río Cauca; también se presenta el nivel del Thalweg del río Cali y el nivel del terreno a 30 m de la banca de la margen izquierda del canal, al igual que el nivel que deberá tener la corona del dique marginal de protección a proyectar, considerando una altura de borde libre de 1,0 m.

En la Figura 6.15 se presenta la altura que deberá tener el dique de protección sobre la margen izquierda del río Cali, ubicado a 30 m de la banca del río en el tramo comprendido entre la Calle 70 y su desembocadura en el río Cauca. Como puede apreciarse en la figura, la altura del dique de protección requerido varía a lo largo del tramo de estudio en un rango amplio entre 0,0 m y 5,0 m, aproximadamente; sin embargo, se puede decir que en promedio la altura del dique de protección a construir en la margen izquierda del río Cali fluctúa entre unos 2,5 y 3,0 m.

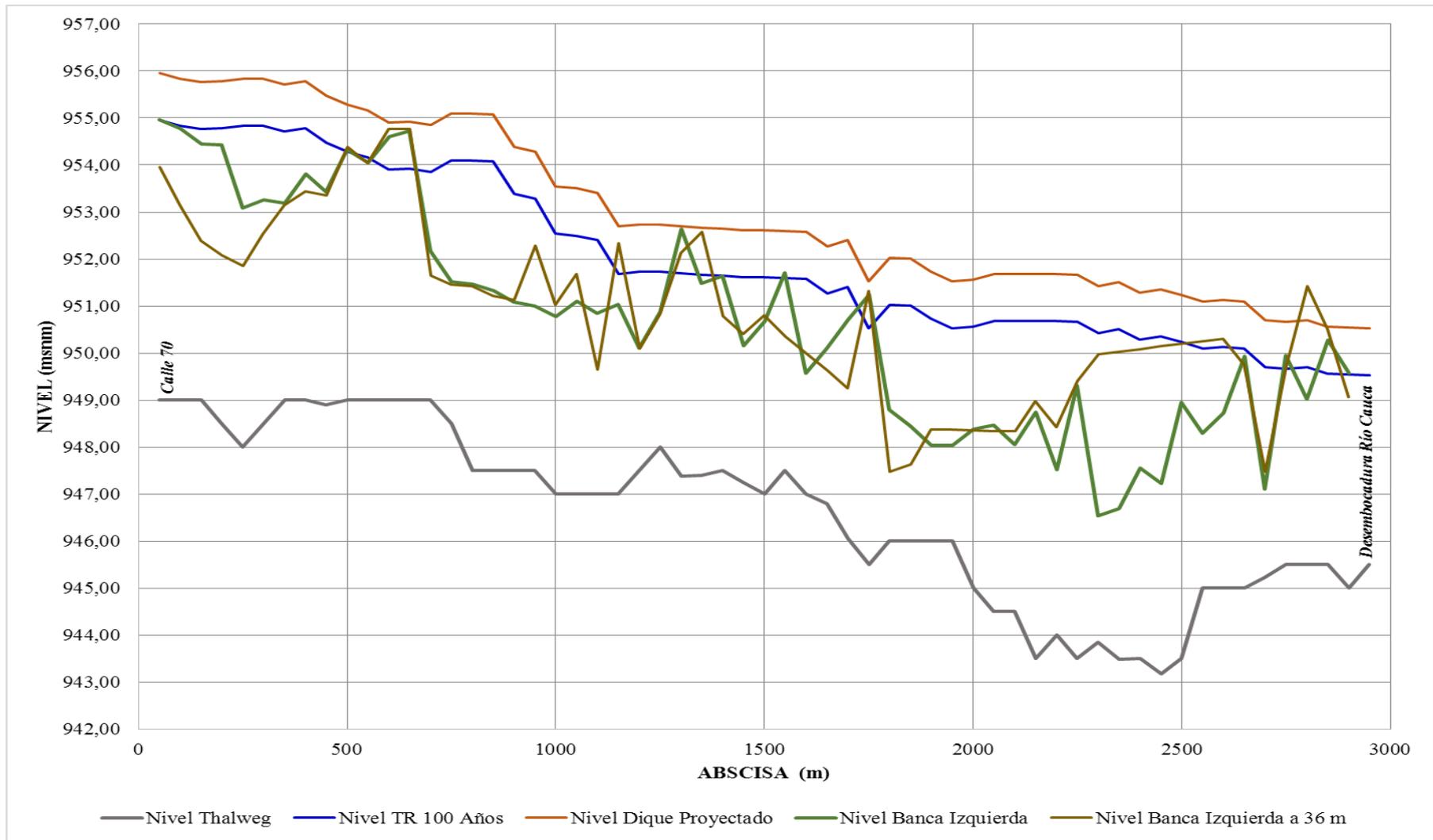


Figura 6.14. Niveles de agua el Río Cali y niveles del dique proyectado en el tramo entre la Calle 70 y la desembocadura en el río Cauca para una creciente con un período de retorno de 100 años

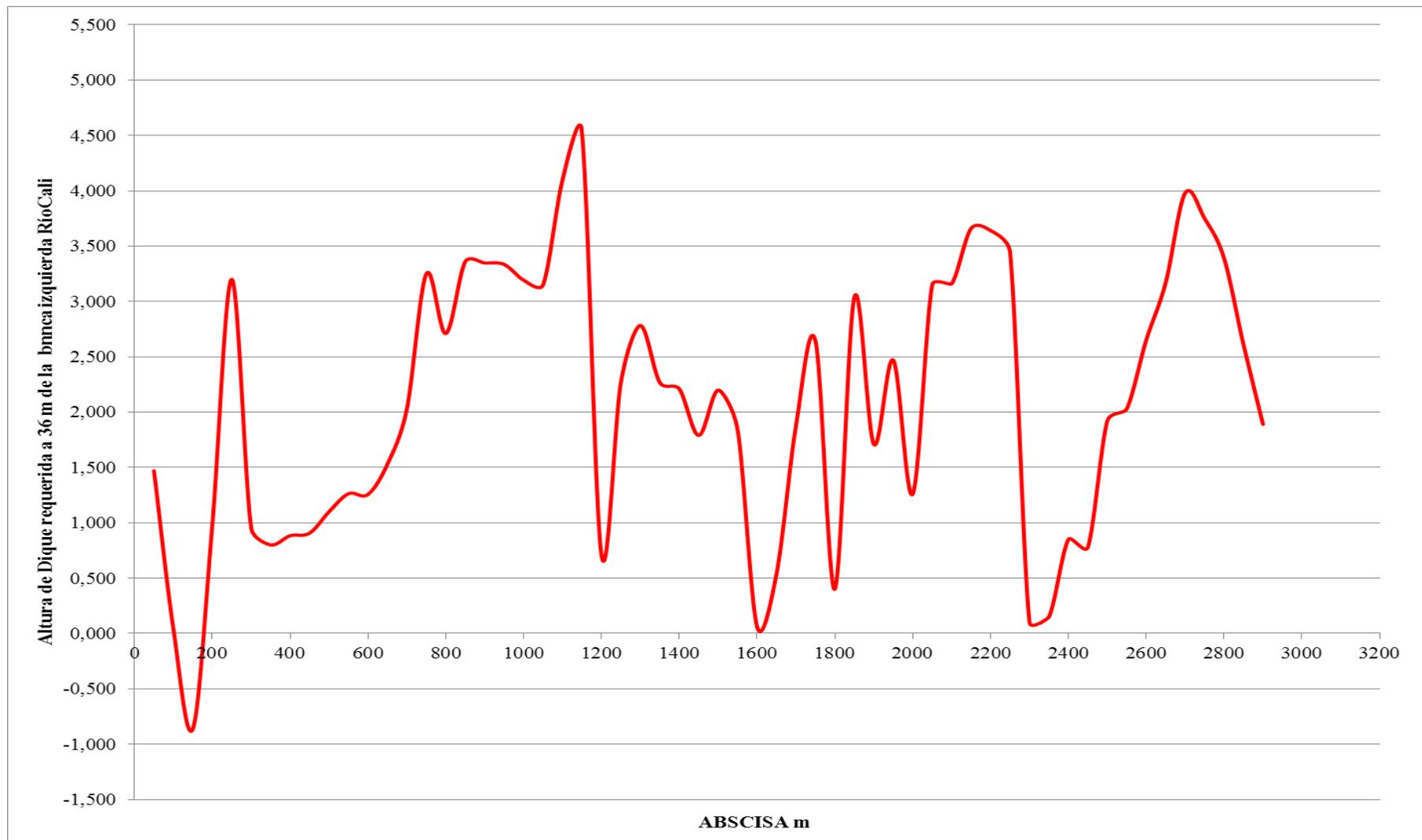


Figura 6.15. Altura del Dique requerido a 30 m de la banca de la margen izquierda del río Cali para una creciente con un periodo de retorno de 100 años

6.7. ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR INUNDACIONES CAUSADAS POR EL POSIBLE DESBORDAMIENTO DEL RIO CAUCA, CANAL SUR Y RIO CALI EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO PLAN JARILLÓN CALI

Las inundaciones causadas por el desbordamiento de ríos y canales durante los períodos invernales son uno de los fenómenos naturales que mayores daños causan a nivel mundial. El conocimiento adecuado de la amenaza por inundaciones a la cual está expuesta una determinada región representa una medida no estructural para propósitos de la gestión integral del riesgo por inundaciones. En la actualidad se dispone de diversas metodologías para establecer y clasificar la amenaza por inundaciones provocadas por el desbordamiento de ríos, las cuales han sido aplicadas en muchas regiones alrededor del mundo. Los estudios hidrológicos e hidráulicos, soportados en herramientas hidroinformáticas, permiten determinar la extensión de las inundaciones y las características de los flujos en las áreas afectadas. Para las autoridades y organismos competentes resulta conveniente la clasificación cualitativa de la amenaza en diferentes grados o niveles para facilitar la toma de decisiones y el ordenamiento territorial y, en general, para la gestión integral del riesgo por inundaciones.

Las metodologías disponibles clasifican la amenaza en función de la magnitud de la inundación (de una o más características del flujo en el área afectada, como profundidad, velocidad, caudal unitario) y de su frecuencia (en términos de los períodos de retorno de los caudales de las crecientes en los ríos). No obstante, algunas metodologías clasifican la amenaza solamente en función de la magnitud o de la frecuencia. Otras metodologías, incluso, denominan como mapas de riesgo a los mapas de amenaza, a pesar de que tales mapas sólo consideran la intensidad de la inundación y no los elementos expuestos y sus vulnerabilidades.

Generalmente se define la amenaza como la posibilidad de ocurrencia de un evento natural o antrópico potencialmente desastroso (sobre el hombre o sus actividades), al cual se le puede determinar su probabilidad, magnitud, intensidad y ubicación geográfica. Las inundaciones causadas por el desbordamiento de los ríos pueden ser de dos tipos: (i) dinámicas o rápidas y (ii) estáticas o lentas. Las inundaciones dinámicas se presentan en ríos o tramos de ríos de pendiente fuerte, donde las lluvias intensas en la cuenca originan aumentos drásticos de los caudales en periodos cortos de tiempo, causando crecientes intensas pero de corta duración, donde los niveles de agua ascienden rápidamente, pudiendo causar grandes daños debido a que el tiempo de respuesta disponible resulta muy reducido. Las inundaciones estáticas o lentas se presentan en tramos de ríos de pendientes muy pequeñas –ríos de valles- a causa de las lluvias continuas y prolongadas en la cuenca aferente, las cuales generan el incremento

gradual de los caudales y los niveles de agua hasta desbordarse, causando el anegamiento de la planicie adyacente (llanura o planicie de inundación).

En las últimas décadas se han puesto en marcha a nivel mundial numerosos planes, programas, proyectos y sistemas para la elaboración y el análisis de la cartografía de amenaza por inundaciones; sin embargo, casi ninguna de estas iniciativas sigue una metodología estandarizada que permita homogeneizar los mapas resultantes. Generalmente estas metodologías se fundamentan en la selección y determinación de valores límites (umbrales) de algunas características hidrodinámicas de los flujos en las zonas inundadas, tales como, la profundidad del agua, la velocidad del flujo y el caudal unitario, generando así una diferencia entre las metodologías al seleccionar diferentes parámetros hidrodinámicos y distintos umbrales en cada una de ellas.

En esta sección inicialmente se describe la metodología adoptada para la clasificación y zonificación de la amenaza por inundaciones causadas por el posible desbordamiento de ríos y canales, en la cual los expertos, según su conocimiento y experiencia, pueden definir:

- Los parámetros hidráulicos (y los límites y rangos correspondientes) que mejor describen la magnitud de la inundación, y
- Los períodos de retorno para establecer los caudales de las avenidas en los cauces que se utilizarán para los estudios hidrológicos e hidráulicos.

Los expertos definen los periodos de retorno de las crecientes en los ríos después de un análisis costo-beneficio, teniendo en cuenta las características socioeconómicas y ambientales en la zona de estudio. La metodología propuesta está basada principalmente en los estudios realizados por Ayala (2009), Ayala *et al.* (2009), CVC - Univalle (2010) y Asocars - Univalle (2013). La metodología se ha aplicado satisfactoriamente para zonificar y clasificar la amenaza por inundaciones causadas por el desbordamiento del río Cauca a su paso por el departamento del Valle del Cauca, al igual que en los municipios de Riofrío, Dagua, Buga y La Unión en el departamento del Valle del Cauca.

Es necesario precisar que los mapas de amenaza son dinámicos y deben actualizarse periódicamente, ya que las diferentes intervenciones que se realicen sobre el río y la planicie para propósitos de control, mitigación y aprovechamiento, así como la gran dinámica de los sistemas fluviales (erosión de orillas, corte de curvas, procesos de agradación y degradación del lecho, variación del régimen de caudales, etc.), pueden generar cambios en las condiciones hidrodinámicas fluviales y, por ende, en las características de los flujos desbordados y la extensión de las áreas inundadas. Debido a la dinámica misma de los sistemas fluviales.

Posteriormente, con base en los resultados de la modelación hidrodinámica y el Modelo Digital de Elevaciones del Terreno, MDT, se generan los mapas de inundaciones causadas por el desbordamiento del río Cauca en la zona de estudio. Finalmente, considerando la metodología de zonificación de amenazas adoptada para el presente estudio se generan los mapas de amenaza por inundaciones en las zonas vecinas.

6.7.1. Metodología para la zonificación de amenazas por inundaciones causadas por el desbordamiento de ríos y canales

Para generar los mapas de amenaza por inundaciones en una zona determinada por el desbordamiento de un río aluvial se deben realizar primero los estudios hidrológicos e hidráulicos correspondientes (incluyendo la modelación matemática), los cuales permitirán, determinar las características de los flujos en el cauce y en la planicie de inundación. Con base en los resultados de estos estudios se generan los mapas de inundaciones, los cuales suministran la información espacial sobre las características hidrodinámicas de los flujos en las áreas inundadas, tales como, la profundidad de inundación, la velocidad del flujo y el caudal unitario (velocidad del flujo x profundidad de inundación). Los eventos hidrológicos deben seleccionarse teniendo en cuenta las características. Los resultados obtenidos para los diferentes eventos considerados permitirán construir los mapas de amenaza. Finalmente, se establece el mapa global de amenaza que integra las condiciones más críticas de los diferentes escenarios considerados.

A continuación se describen los pasos a seguir para determinar la amenaza por inundación en un río aluvial:

6.7.1.1. Selección y delimitación del área de estudio

Se selecciona el área de acuerdo con los requerimientos y objetivos del problema. El área a seleccionar incluye no sólo la zona de objeto directo del estudio para la cual se requiere determinar los mapas de amenaza por inundación, sino también el área o las áreas de las cuencas aferentes hasta la zona objeto de estudio.

6.7.1.2. Recopilación de información de la zona de estudio

Se recopila información general, cartográfica, fisiográfica de la cuenca, batimétrica de los cauces, topográfica de la planicie, hidrológica, hidráulica, sedimentológica, geológica, geomorfológica, socio-económica, histórica sobre inundaciones y causas y efectos, intervenciones en el cauce y en la planicie inundable, etc.

6.7.1.3. Estudio hidrológico

Los análisis y estudios hidrológicos tienen como objetivo principal determinar los caudales máximos y las hidrógrafas de las crecientes correspondientes a los diferentes periodos de retorno seleccionados en los cauces con influencia en el área de interés principal del estudio. Cuando se dispone de información de caudales máximos anuales en los cauces se pueden obtener los caudales máximos para los diferentes periodos de retorno seleccionados mediante un análisis estadístico, considerando las diferentes funciones de distribución de probabilidades (Gumbel, LogNormal, Pearson III, Log-Pearson III, etc.) aplicadas a las series de caudales máximos, seleccionando aquella que presenta el mejor ajuste. Debe precisarse que las secciones, en las cuales se cuenta con registros de caudales deben estar localizadas en sitios próximos a las fronteras abiertas superiores de los cauces seleccionados para incluir en la posterior modelación hidráulica.

Cuando no se dispone de caudales en los ríos aferentes a la zona de interés del estudio se debe adelantar un estudio hidrológico completo a partir de la información disponible de los registros de las precipitaciones en las estaciones climatológicas existentes en las cuencas así como de las diferentes características fisiográficas de las cuencas hidrográficas, concluyendo con la modelación hidrológica, la cual permitirá generar los caudales máximos en las secciones de frontera en los cauces para la posterior hidráulica de los mismos. En este caso, en primer lugar se debe seleccionar y delimitar el área de estudio, la cual comprende todos los sectores potencialmente inundables en el municipio o la zona de interés, al igual que las cuencas aferentes o aportantes de los cauces que contribuyen a las inundaciones en la zona de principal interés del estudio. Luego se efectúa la recolección de la información meteorológica disponible en las estaciones climatológicas existentes en la cuenca, principalmente las series de tiempo de las precipitaciones.

Identificadas las estaciones que se encuentran en la cuenca, se procede a identificar la distribución espacial de precipitación, tanto anual como mensual, en la zona de estudio. Posteriormente, se realiza un análisis temporal de la precipitación, que comprende la estimación del régimen de humedad, por medio del cual se puede observar el comportamiento de las precipitaciones a lo largo del año. También se incluye generación de las curvas de variación estacional que permiten identificar la distribución de la precipitación en el tiempo y la probabilidad de que esta se presente. Además se calculan los valores de precipitaciones máximas, teniendo como base las series de datos de las estaciones en el área de estudio y las metodologías de distribución que se determine utilizar (Gumbel, Pearson, Normal y, Log-Normal). Finalmente, se construyen las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia, a partir de las cuales se pueden estimar las alturas máximas de precipitación.

Paralelamente a esta evaluación, teniendo como punto de partida la delimitación de la zona de estudio, se debe realizar un trabajo de reconocimiento en sitio que permita determinar con ayuda de información existente, como imágenes aéreas, planos y/o documentos, el tipo de cobertura de suelo presente en la zona de estudio, permitiendo de esta manera estimar la capacidad de infiltración y escurrimiento en los diferentes sectores de la zona de estudio. Una de las metodologías más utilizadas para determinar este parámetro, es el desarrollado por el *Soil Conservation Service* de los Estados Unidos, la cual permite calcular valores de Número de Curva (CN) de escurrimiento.

Con los datos obtenidos se procede a realizar la modelación hidrológica, por medio de la cual se estiman los hidrogramas, para los diferentes periodos de retorno definidos por los expertos (correspondientes a crecientes frecuentes, ocasionales y excepcionales), que va a ser utilizados como insumo en las fronteras del modelo hidráulico.

6.7.1.4. Estudio hidráulico

Los análisis y estudios hidráulicos tienen como objetivo principal determinar las condiciones hidrodinámicas (profundidad y velocidad) de los flujos en el cauce y la planicie de inundación para los eventos hidrológicos correspondientes a los periodos de retorno seleccionados. En primera instancia se deben seleccionar los tramos de los cauces, canales y zanjonés que pueden contribuir a generar las inundaciones en la zona objeto del estudio. Luego, se deberá realizar un estudio hidráulico básico y una modelación hidráulica de los cauces y las planicies adyacentes. Los hidrogramas de caudales y niveles en las fronteras de los cauces que contribuyen a las inundaciones, obtenidos previamente del estudio hidrológico, servirán como condiciones de borde para la modelación hidráulica. Los estudios hidráulicos comprenden las siguientes actividades:

6.7.1.5. Estudio hidráulico básico

Recopilación y análisis de información disponible:

- *Geométrica:* batimetría de los cauces y topografía de la llanura de inundación, niveles y geometría de estructuras en el cauce y en la planicie (diques, puentes, espolones, obras de protección de orillas y encauzamientos, construcciones en la llanura);
- *Hidráulica:* registros de aforos líquidos, incluyendo niveles de agua, velocidades del flujo y caudales en las diferentes estaciones hidrométricas existentes en los cauces de la zona de estudio, series de niveles y caudales horarios o diarios, curvas de calibración nivel-caudal, determinación de caudales a banca llena, características de los sedimentos del cauce, usos del suelo y cobertura vegetal en la llanura de inundación, estimación de

la rugosidad tanto del cauce como de la planicie, movilidad horizontal, cálculo de formas de fondo y sinuosidad).

- El análisis y procesamiento de la información recopilada permitirá establecer si se requiere o no diseñar y ejecutar un programa de mediciones de campo para fines de complementar y actualizar la información existente.

6.7.1.6. Selección del modelo hidráulico

La selección del modelo o los modelos hidráulicos más apropiados para describir los flujos en los cauces y las planicies adyacentes requiere especial atención. Para seleccionar el modelo más conveniente se deberán tener en cuenta diferentes factores, tales como, cantidad y calidad de la información existente, definición conceptual del esquema hidráulico y configuración o comportamiento de los flujos en el área de estudio (flujos unidimensionales y/o bidimensionales, flujos permanentes o no permanentes). En la literatura técnica se encuentran estudios en los cuales han optado por considerar el flujo como permanente en los diferentes cauces. Sin embargo, es preciso señalar que durante las crecientes en los ríos se presentan flujos no permanentes y al ocurrir los primeros desbordamientos las hidrógrafas de caudales y niveles en los cauces se deforman, a causa de los volúmenes y caudales que transitan hacia la planicie, lo cual incide en la intensidad y duración de las inundaciones en otros sectores localizados más aguas abajo. Adicionalmente, al plantear alternativas para el manejo de las inundaciones por medio de almacenamientos temporales en la llanura (a través de lagunas de laminación y humedales, por ejemplo), la duración de las crecientes y la magnitud de los volúmenes de agua transitados durante las mismas son determinantes para establecer la conveniencia o no de alguna(s) de las alternativa(s) propuestas. Por lo anterior, es altamente recomendable seleccionar un modelo matemático hidráulico que permita simular flujos no permanentes.

Para simular el tránsito de crecientes en los cauces y los correspondientes procesos de inundación en las llanuras adyacentes generalmente se emplean modelos unidimensionales y, en algunos casos, una combinación de modelos unidimensionales y bidimensionales, simulando los flujos en los cauces mediante un modelo unidimensional y los flujos desbordados en la planicie mediante un modelo bidimensional. Es preciso indicar que los flujos en las llanuras se pueden simular bien sea por medio de modelos unidimensionales o bidimensionales, aunque para la modelación bidimensional se requiere información topográfica más detallada, muchas veces no disponible con el grado de resolución o detalle requerido. Cuando las longitudes de los cauces son relativamente cortas (hasta de unas pocas decenas de kilómetros) y las áreas de las llanuras son relativamente pequeñas se puede utilizar un modelo bidimensional. En el caso de tramos de cauces muy largos y áreas de la planicie muy extensas, un modelo bidimensional puede demandar esfuerzos computacionales muy

grandes, es decir, tiempos computacionales muy largos, y los archivos de datos y resultados pueden resultar muy grandes. Finalmente, debe tenerse en cuenta que a mayor dimensionalidad del modelo mayor la exigencia en cuanto a la resolución de la información requerida para propósitos de esquematización y calibración del mismo.

Se debe señalar que cada modelo matemático tiene un conjunto de requerimientos, facilidades, herramientas y limitaciones particulares que deben ser analizadas y tenidas en cuenta por el modelador durante todo el proceso de construcción y aplicaciones del modelo.

6.7.1.7. Modelación hidráulica

Las actividades dentro del proceso de modelación hidráulica se pueden resumir en las siguientes: esquematización del sistema fluvial (cauces y planicie), implementación en el modelo, análisis de sensibilidad, calibración, verificación y modelación de alternativas de protección y manejo de inundaciones para diferentes escenarios hidrológicos.

6.7.1.8. Esquematización

Consiste en definir y precisar la representación del sistema fluvial en el modelo. En un modelo unidimensional se seleccionan tanto el espaciamiento como las secciones transversales del cauce y la planicie que mejor representan la batimetría y la topografía, respectivamente, mientras que en un modelo bidimensional se define el tamaño de las celdas de la malla computacional para representar convenientemente la topografía de toda el área de estudio. Para ello primero se definen las longitudes de los cauces a modelar y se delimita de manera precisa la extensión del área a modelar. Es conveniente señalar aquí la necesidad de ubicar los extremos o fronteras de los cauces suficientemente alejados de la zona principal de interés del estudio; esto con el fin de que los cambios que se requieran introducir posteriormente en el modelo para estudiar los posibles efectos de diferentes alternativas estructurales que se puedan plantear en procura de un mejor manejo de las inundaciones no lleguen a afectar las condiciones hidrodinámicas previamente establecidas en las fronteras del modelo, lo cual generaría un conflicto.

También se definen en la etapa de esquematización las condiciones hidrodinámicas en las fronteras del modelo; igualmente se definen los valores de la rugosidad de los cauces y de la llanura de inundación y, en modelos bidimensionales, la viscosidad turbulenta o alguna ecuación para determinarla, según los recursos disponibles en el mismo modelo.

6.7.1.9. Implementación o construcción del modelo

Consiste en introducir al modelo toda la información física esquematizada anteriormente según los requerimientos y herramientas disponibles en el mismo. Para representar la topografía de la planicie es conveniente generar un modelo digital de elevaciones del terreno (MDT), el cual facilitará los procesos de definición de la topografía en el modelo, tanto en un modelo unidimensional como en uno bidimensional. Para un modelo unidimensional la topografía de las secciones transversales seleccionadas puede obtenerse al interceptar las líneas de las secciones con el MDT. En un modelo bidimensional, generalmente los niveles de terreno en las celdas de la malla computacional que representa el área de estudio son obtenidos mediante interpolación a partir de la información contenida en el MDT. En el modelo se debe incluir la información de las obras existentes (coordenadas o abscisas y cotas topográficas), tales como, diques, puentes, canalizaciones, alcantarillas, etc. Posteriormente se introducen los valores de los parámetros físicos (rugosidad, viscosidad turbulenta - modelos bidimensionales -) en todos los tramos y celdas del modelo. Luego se introducen las condiciones hidrodinámicas en las fronteras del modelo, generalmente las hidrógrafas de caudales en las fronteras superiores de los diferentes cauces en el área de estudio, y la curva de calibración nivel-caudal o las hidrógrafas de niveles en las fronteras inferiores o de salida del modelo.

Finalmente, se seleccionan los parámetros numéricos del modelo. Principalmente el intervalo de tiempo computacional y el espaciamiento máximo en los cauces. Estos parámetros se establecen teniendo en cuenta diferentes aspectos, tales como, el grado de detalle o resolución requerido en los resultados del modelo, el tiempo computacional (no debe ser excesivamente grande) y especialmente, garantizar la estabilidad numérica del modelo y la precisión de los resultados. En este sentido, cada modelo matemático define, dependiendo del tipo de esquema numérico adoptado para resolver las ecuaciones hidrodinámicas, las condiciones que deben cumplirse para garantizar su estabilidad numérica; por ello, siempre debe chequearse el estricto cumplimiento de las mismas. Una vez concluido este proceso se realizan la primeras corridas o simulaciones en el modelo, siguiendo, preferiblemente y en su orden, las etapas de análisis de sensibilidad, calibración, verificación y explotación o aplicaciones del modelo para generar finalmente los niveles de agua y las condiciones hidrodinámicas para los eventos hidrológicos de interés del estudio, es decir, las crecientes correspondientes a los diferentes periodos de retorno seleccionados.

6.7.1.10. Análisis de sensibilidad

Consiste en realizar pruebas sistemáticas del comportamiento del modelo en respuesta a los cambios en los datos de entrada, las condiciones iniciales y los parámetros físicos (rugosidad,

viscosidad turbulenta) y numéricos (ΔX , ΔT). Es decir, se trata de establecer qué tanto cambian los niveles de agua, las profundidades, las velocidades del flujo y los caudales cuando se varía sistemáticamente algún parámetro de entrada del modelo. Este análisis de sensibilidad suministra información valiosa para diferentes fines, tales como:

- Establecer la precisión y detalle requeridos para los datos de entrada del modelo, las condiciones iniciales y los parámetros físicos,
- Determinar los parámetros que ejercen mayor influencia sobre las respuestas del modelo,
- Realizar la calibración del modelo.

6.7.1.11. Calibración del modelo

Es el proceso de ajuste de los elementos geométricos simplificados (batimetría, topografía, contornos de estructuras, etc.) y de los valores de los parámetros físicos y numéricos que aparecen en las diferentes ecuaciones (hidrodinámicas), de tal manera que los eventos simulados en el modelo reproduzcan de la manera más precisa los eventos de la naturaleza. Es una de las fases más importantes dentro del proceso de implementación del modelo. El objetivo de la calibración es, entonces, reproducir los procesos hidrodinámicos (niveles, velocidades, caudales, profundidades) en el sistema para una condición dada (real, disponiendo de datos e información de campo) a través del ajuste o modificación de los parámetros físicos y numéricos (rugosidad, viscosidad turbulenta (modelo bidimensional), batimetría, topografía, esquematización topológica) dentro de rangos físicamente válidos. Para fines de calibración y ajuste de los parámetros físicos y numéricos del modelo se utiliza la información y los registros disponibles de crecientes e inundaciones históricas (niveles de agua, caudales, áreas inundadas). Cuando esta información es escasa o no existe se debe recurrir a la experiencia del modelador y, en especial, al conocimiento que se puede tener del comportamiento del sistema fluvial en estudio o de sistemas de características similares a éste.

Muchas veces resulta necesario revisar, ajustar o sustituir alguna información batimétrica y/o topográfica procurando una mejor representación de la configuración de los niveles del lecho de los cauces y/o de la topografía de la planicie. Siempre los ajustes o modificaciones de los parámetros deberá hacerse con base en la física de los datos y en el conocimiento de los procesos hidrodinámicos en el sistema o área de estudio. Se debe hacer mayor énfasis o esfuerzo en lograr un buen ajuste en las hidrógrafas de los niveles de agua y luego en los caudales. La calidad de la calibración dependerá finalmente de la calidad y cantidad de los datos topográficos, batimétricos e hidrológicos disponibles para el sistema en estudio; igualmente dependerá de la esquematización topológica que se realice del sistema físico.

6.7.1.12. Verificación del modelo

Consiste en comprobar que el modelo reproduce razonablemente bien la hidrodinámica del sistema fluvial para otras condiciones hidrológicas, diferentes a las empleadas en el proceso de calibración. Algunas veces resulta necesario ajustar uno o más parámetros físicos o numéricos, lo cual obliga a revisar y afinar la calibración realizada previamente. En síntesis, el modelo deberá calibrarse y verificarse para todos los periodos y condiciones hidrológicas que se consideren importantes en el estudio.

6.7.1.13. Aplicaciones del modelo

Una vez calibrado y verificado el modelo hidráulico, se procede a realizar las diferentes simulaciones que permitirán generar las condiciones hidrodinámicas en los cauces y en la planicie, especialmente los niveles y velocidades del agua y la extensión de las áreas inundadas, para los diferentes eventos hidrológicos asociados a los periodos de retorno preestablecidos. En Colombia, generalmente, se consideran eventos con periodos de retorno de 30 años para definir la protección de zonas agrícolas y de 100 años para definir la protección de centros poblados. Para cada periodo de retorno se introducen al modelo las hidrógrafas de caudales correspondientes.

6.7.1.14. Elaboración de los mapas de inundaciones

Los mapas de inundación indican la extensión y localización de las zonas que resultan inundadas al presentarse desbordamientos como consecuencias de lluvias intensas y prolongadas. A partir de estos mapas es posible obtener la variación de la profundidad de la columna de agua a lo largo del área inundada (CVC, 2007)

Con base en los resultados de la modelación matemática hidráulica se generan los mapas de inundaciones para cada una de las crecientes en el cauce, correspondientes a las frecuencias de ocurrencia o periodos de retorno de los diferentes eventos hidrológicos seleccionados. Estos mapas suministran la información sobre las características hidrodinámicas de los flujos en las áreas inundadas (profundidad, velocidad del flujo y caudal unitario - velocidad x profundidad-). Para cada evento hidrológico se pueden generar mapas de profundidades de inundación, mapas de velocidades del flujo y mapas de caudales unitarios. Generalmente, en zonas relativamente planas las velocidades de los flujos y los caudales unitarios son muy bajos, por lo cual es posible excluir para el análisis y determinación de la amenaza las variables hidrodinámicas de velocidad del flujo y caudal unitario.

Algunos modelos matemáticos cuentan con las herramientas y las facilidades para generar de una manera más ágil los mapas de inundaciones; para poder realizarlo se debe disponer del MDT del área de estudio, el cual deberá ser importado al modelo hidráulico. Por ejemplo, el modelo hidráulico HEC-RAS cuenta con la extensión para SIG (específicamente para ArcView) denominada HEC-GeoRAS, la cual consiste de un conjunto de procedimientos, herramientas y utilidades diseñadas para procesar datos georreferenciados que permiten, bajo el entorno de los SIG, facilitar y complementar el trabajo con el modelo hidráulico. HEC-GeoRAS crea un archivo para importar a HEC-RAS datos de geometría del terreno, incluyendo los cauces de ríos y canales, secciones transversales, etc. Posteriormente los resultados del modelo hidráulico, como profundidades y velocidades del flujo, se exportan desde HEC-RAS a ArcView y pueden ser procesados para obtener los mapas de inundaciones. Para cada simulación hidrodinámica, en HEC-GeoRAS se genera un modelo digital de la superficie libre del agua. Este modelo digital y el MDT se convierten a formato GRID (datos raster), los cuales se interceptan para generar los mapas de inundaciones.

Cuando el modelo hidráulico utilizado no dispone de este tipo de herramientas y utilidades, para generar los mapas de inundaciones se puede hacer uso de programas y herramientas de SIG, como puede ser el programa ArcGIS. Para ello los resultados de la modelación hidrodinámica deberán exportarse en un archivo y conjuntamente con el archivo del modelo digital de elevaciones del terreno son llevados al programa ArcGIS, por ejemplo, donde los niveles de agua obtenidos se cruzan con los niveles del terreno para obtener los mapas de profundidades de inundación.

6.7.1.15. Análisis y selección del método de clasificación de la amenaza por inundaciones

Con base en los resultados de los estudios hidrológicos e hidráulicos y teniendo en cuenta las características de las inundaciones históricas y las afectaciones correspondientes se selecciona el método de clasificación de la amenaza por inundaciones más apropiado para la zona de estudio. En este análisis se considerará tanto la magnitud y/o intensidad de la inundación como la frecuencia de ocurrencia (o periodo de retorno) del evento hidrológico.

6.7.1.16. Elaboración de los mapas de amenaza por inundaciones

Con base en los mapas de inundaciones generados anteriormente y considerando los criterios o métodos de clasificación de la amenaza adoptados (según los análisis y el criterio y el conocimiento de los expertos de la zona de estudio) se procede a generar los mapas de amenaza por inundaciones. Se genera un mapa de amenaza para cada evento hidrológico, es decir, para cada período de retorno definido inicialmente.

6.7.1.17. Mapa general o global de amenaza por inundaciones

Con base en los mapas de amenaza construidos para los diferentes períodos de retorno considerados se genera el mapa global de amenaza por inundaciones. Este mapa global contiene los resultados más críticos obtenidos, es decir, en cada subárea de la zona de estudio se asigna el nivel de amenaza más crítico establecido para los diferentes periodos de retorno considerados en el estudio. Este mapa global se realiza con el objetivo de facilitar los procesos de planificación territorial de la zona de estudio, teniendo como base un único mapa de amenaza.

6.7.1.18. Método de clasificación de la amenaza por inundaciones

- Factores que determinan el nivel de amenaza.

La amenaza por inundaciones ocasionadas por el desbordamiento de un cauce aluvial puede definirse teniendo en cuenta dos factores, que son: la magnitud o intensidad de inundación y la frecuencia de ocurrencia de la creciente que origina la inundación.

6.7.1.18.1. Magnitud o intensidad del evento de inundación

Para establecer la intensidad o magnitud del evento de inundación es posible considerar diferentes rangos de profundidades de inundación, velocidades del flujo y/o caudales unitarios (velocidad x profundidad). En la Tabla 6.16 se presentan algunas opciones de clasificación de la magnitud de la inundación planteando diferentes combinaciones de las variables hidrodinámicas, donde los umbrales o límites para tales variables son definidos según el juicio o criterio de los expertos.

Tabla 6.16. Clasificación de la magnitud o intensidad de la inundación según la profundidad de agua, la velocidad del flujo y/o el caudal unitario en las zonas inundadas

MAGNITUD O INTENSIDAD DE LA INUNDACIÓN	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3	OPCIÓN 4
	Rangos de profundidad de agua en el área inundada	Rangos de profundidades y velocidades de flujo en el área inundada	Rangos de profundidades y caudales unitarios en el área inundada	Rangos de profundidades, velocidades del flujo y caudales unitarios en el área inundada
Alto	$H \geq H_2$	$H \geq H_2$ ó $V \geq V_2$	$H \geq H_1$ ó $H*V \geq (H*V)_2$	$H \geq H_2$ ó $V \geq V_2$ ó $H*V \geq (H*V)_2$
Medio	$H_1 \leq H < H_2$	$H_1 \leq H < H_2$ ó $V_1 \leq V < V_2$	$H_1 \leq H < H_2$ ó $(H*V)_1 \leq H*V < (H*V)_2$	$H_1 \leq H < H_2$ ó $V_1 \leq V < V_2$ ó $(H*V)_1 \leq H*V < (H*V)_2$
Bajo	$H < H_1$	$H < H_1$ y $V < V_1$	$H < H_1$ y $H*V < (H*V)_1$	$H < H_1$ y $V < V_1$ y $H*V < (H*V)_1$

Nota: H = Profundidad de agua

V = Velocidad de flujo.

H₁, H₂= Umbrales de profundidad de agua
velocidad de flujo.

V₁, V₂= Umbrales de

6.7.1.18.2. Frecuencia de ocurrencia de la creciente que origina la inundación

A cada escenario o evento hidrológico analizado se le asigna un nivel de frecuencia en términos cualitativos en función de la probabilidad de recurrencia (o el período de retorno) de la creciente en el río (Tabla 6.17). Estos periodos de retorno pueden variar de acuerdo con el criterio de los expertos, teniendo en cuenta los diferentes aspectos sociales, económicos y ambientales en la zona de estudio.

Tabla 6.17. Clasificación de la frecuencia de la inundación según el período de retorno de la creciente en el río

FRECUENCIA	NIVEL DE FRECUENCIA DE LA INUNDACIÓN
Tr ≤ Tr ₁ (Años)	Alto
Tr ₁ (Años) < Tr ≤ Tr ₂ (Años)	Medio
Tr ₂ (Años) < Tr ≤ Tr ₃ (Años)	Bajo

Cuando se presenta un evento hidrológico en el río con una frecuencia de ocurrencia alta se pueden inundar las áreas más próximas al río; se dice, entonces, que estas áreas inundadas corresponden o están asociadas a una frecuencia de inundación alta (período de retorno Tr₁) (Figura 6.16).

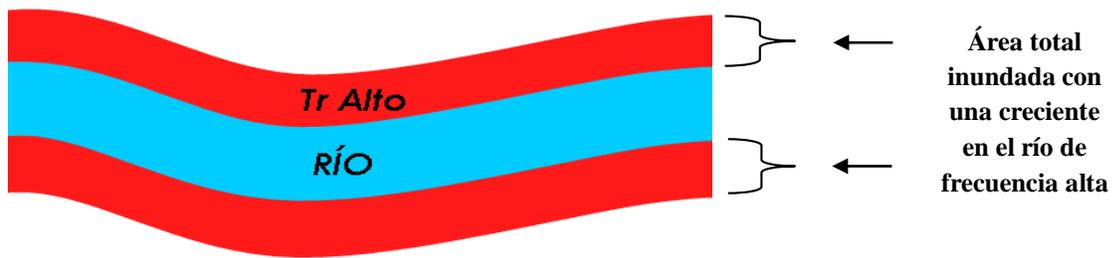


Figura 6.16. Área inundada en la planicie cuando se presenta en el río una crecida de frecuencia alta.

Cuando se presenta un evento con una frecuencia de ocurrencia media (la cual corresponde a unos caudales mayores en el río a los considerados anteriormente), se inunda un área de mayor extensión que en el caso anterior (para la frecuencia alta). En este caso una parte del área inundada tiene asociada una frecuencia de inundación alta (común a ambas frecuencias de ocurrencia alta y media) y la otra parte tiene asociada o corresponde solamente al evento de frecuencia media, tal como ilustra en la Figura 6.17.

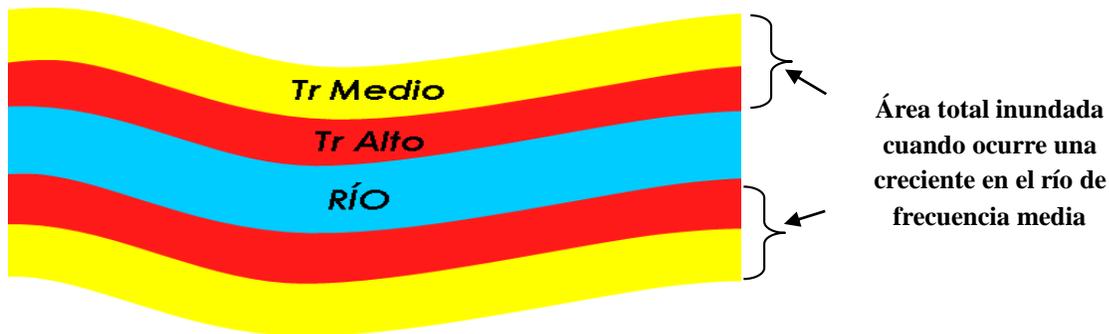


Figura 6.17. Área inundada en la planicie cuando se presenta en el río una crecida de frecuencia media

De manera similar, cuando se presenta un evento con una frecuencia de ocurrencia baja (correspondiente a caudales en el río superiores a los considerados anteriormente, período de retorno Tr_3), se inundará un área superior a las inundadas en los dos casos anteriores. En este caso, una fracción del área inundada es común a los tres eventos de frecuencias de ocurrencia (alta, media y baja), por lo cual se puede decir que esta área está asociada o presenta una frecuencia de inundación alta; otra fracción del área inundada es solamente común a los eventos de frecuencias media y baja, por lo cual se puede afirmar que esta área corresponde o está asociada a un nivel de frecuencia de inundación media; y finalmente, el área restante

es afectada únicamente por el evento de frecuencia baja, por lo cual esta área corresponde únicamente al nivel de frecuencia de inundación baja (Figura 6.18).



Figura 6.18. Área inundada en la planicie cuando se presenta en el río una crecida de frecuencia baja.

6.7.1.19. Metodología de clasificación de la amenaza por inundaciones

La amenaza por inundaciones puede clasificarse de múltiples formas, considerando generalmente tanto la magnitud o intensidad de la inundación como la frecuencia de ocurrencia de la misma. Considerando estos dos factores se presentan a continuación varios métodos para clasificar la amenaza por inundaciones debido al desbordamiento de un río aluvial.

- Según la magnitud o intensidad de la inundación.
- Según la frecuencia de ocurrencia de la crecida que origina la inundación.
- Según la magnitud o intensidad de la inundación y la frecuencia de ocurrencia de la crecida que origina la inundación. En este documento se presentan tres formas diferentes de clasificar o definir los niveles de amenaza de acuerdo con esta condición.

La clasificación de los niveles de amenaza, independiente de la metodología que se establezca para definirla, permite generar los mapas de amenaza por inundación para cada evento considerado mediante la implementación de un sistema de información geográfica. La selección de la metodología para determinar esta clasificación depende del juicio y el conocimiento que pueden tener los expertos sobre las características y los efectos de las crecientes históricas en la zona de estudio.

Las metodologías que se presentan en este documento, clasifican la amenaza por inundaciones en alta, media y baja; donde el nivel de amenaza alto corresponde a aquellos

sectores en los que la ocurrencia de la inundación podría generar daños importantes en la infraestructura y los diferentes elementos expuestos, en el nivel de amenaza medio los daños que podrían ocurrir serían de una magnitud moderada y en el nivel de amenaza bajo la inundación podría generar daños menores. Las diferentes metodologías propuestas y aplicadas en diferentes regiones alrededor del mundo clasifican la amenaza según la magnitud de la inundación, la frecuencia de ocurrencia de la misma o considerando los dos factores anteriores.

6.7.1.19.1. Nivel de amenaza según la magnitud o intensidad del evento de inundación

La clasificación de la amenaza de acuerdo con esta metodología depende únicamente de la magnitud de la inundación, por lo cual un evento de magnitud o intensidad de inundación alta tiene asociado el nivel de amenaza alto; de igual manera, los niveles de amenaza medio y bajo se asocian a las magnitudes o intensidades de inundación media y baja, respectivamente (Tabla 6.18).

Tabla 6.18. Metodología 1 para la clasificación de la amenaza según la magnitud de la inundación

MAGNITUD O INTENSIDAD DE LA INUNDACIÓN	NIVEL DE LA AMENAZA
Alta	Alta
Media	Media
Baja	Baja

6.7.1.19.2. Nivel de amenaza según la frecuencia de ocurrencia de la creciente que origina la inundación

La clasificación de la amenaza de acuerdo con esta metodología depende solamente de la frecuencia de la inundación. La totalidad del área inundada durante la creciente con una frecuencia de ocurrencia alta presenta un nivel amenaza alta (debido a que se inunda frecuentemente, independiente de la magnitud de la inundación). El área inundada durante el evento hidrológico de frecuencia media menos el área inundada durante el evento de frecuencia alta se considera que se encuentra en amenaza media. Finalmente, el área inundada durante la creciente con una frecuencia de ocurrencia baja menos el área inundada durante la creciente con una frecuencia de ocurrencia media presenta un nivel de amenaza bajo (Tabla 6.19).

Tabla 6.19. Metodología 2 para la clasificación de la amenaza según la frecuencia de ocurrencia del evento de inundación

FRECUENCIA DE LA INUNDACIÓN	NIVEL DE LA AMENAZA
Alta	Alta
Media	Media
Baja	Baja

6.7.1.19.3. Nivel de amenaza según la frecuencia de ocurrencia y la magnitud del evento de inundación

Las metodologías para definir el nivel de amenaza que tienen en cuenta tanto la frecuencia de ocurrencia como la magnitud del evento de inundación permiten establecer diferentes formas de clasificar y definir los niveles de amenaza, de acuerdo con el juicio de los expertos. Por ejemplo, una inundación asociada a una frecuencia de ocurrencia baja pero de una alta intensidad podría ser considerada por unos expertos como amenaza alta, debido a que los daños en los elementos expuestos pueden ser apreciables; sin embargo, otros expertos podrían el evento como amenaza media debido a que la frecuencia de ocurrencia es baja.

A continuación se presentan tres (3) metodologías de clasificación de la amenaza en función de los factores de frecuencia de ocurrencia e intensidad o magnitud de la inundación.

La primera metodología, que se presenta en la Tabla 6.20 es una metodología que se puede considerar equilibrada, ya que presenta la misma cantidad de calificaciones para cada nivel de amenaza: tres (3) calificaciones de amenaza alta, tres (3) de amenaza media y tres (3) de amenaza baja.

La segunda metodología (Tabla 6.21) corresponde a una metodología poco conservadora ya que se presentan más calificaciones de amenaza baja, siendo para este caso dos (2) de amenaza alta, tres (3) de amenaza media y cuatro (4) de amenaza baja. En consecuencia, esta metodología de clasificación de la amenaza resulta menos restrictiva para el uso del territorio que las otras dos metodologías.

La tercera y última metodología (Tabla 6.22) corresponde a una metodología más conservadora ya que se presentan más calificaciones de amenaza alta, siendo para este caso cuatro (4) de amenaza alta, tres (3) de amenaza media y dos (2) de amenaza baja. Debido a esto, muy seguramente habrá mayores restricciones para el uso del territorio en esta metodología con respecto a las dos primeras.

Tabla 6.20. Metodología 3 para la clasificación de la amenaza según la magnitud y la frecuencia de ocurrencia de la inundación

MAGNITUD DE LA INUNDACIÓN	NIVEL DE LA AMENAZA		
	FRECUENCIA DE LA INUNDACIÓN		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Alta	Media	Baja
Baja	Media	Baja	Baja

Tabla 6.21. Metodología 4 para la clasificación de la amenaza según la magnitud y la frecuencia de ocurrencia de la inundación

MAGNITUD DE LA INUNDACIÓN	NIVEL DE LA AMENAZA		
	FRECUENCIA DE LA INUNDACIÓN		
	Alta	Media	Baja
Alta	Alta	Alta	Media
Media	Media	Media	Baja
Baja	Baja	Baja	Baja

Tabla 6.22. Metodología 5 para la clasificación de la amenaza según la magnitud y la frecuencia de ocurrencia de la inundación

MAGNITUD DE LA INUNDACIÓN	NIVEL DE LA AMENAZA		
	FRECUENCIA DE LA INUNDACIÓN		
	ALTA	MEDIA	BAJA
Alta	Alta	Alta	Alta
Media	Alta	Media	Media
Baja	Media	Baja	Baja

6.7.1.20. Metodología de clasificación de la amenaza por inundaciones adoptada en el presente estudio

Para este estudio se adoptó la metodología 5 descrita previamente. Como se indicó, esta metodología clasifica la amenaza en alta, media y baja, considerando para ello tanto la magnitud de la inundación como la frecuencia de la misma. Puesto que el estudio se realizó para zonificar la amenaza por inundaciones solamente para una creciente en los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur con un periodo de retorno de 100 años (es decir, para un evento de frecuencia baja), entonces los niveles de amenaza serán alto, medio y bajo, según la magnitud de la inundación sea alta, media y baja, respectivamente.

6.7.1.20.1. Clasificación de la magnitud de la inundación

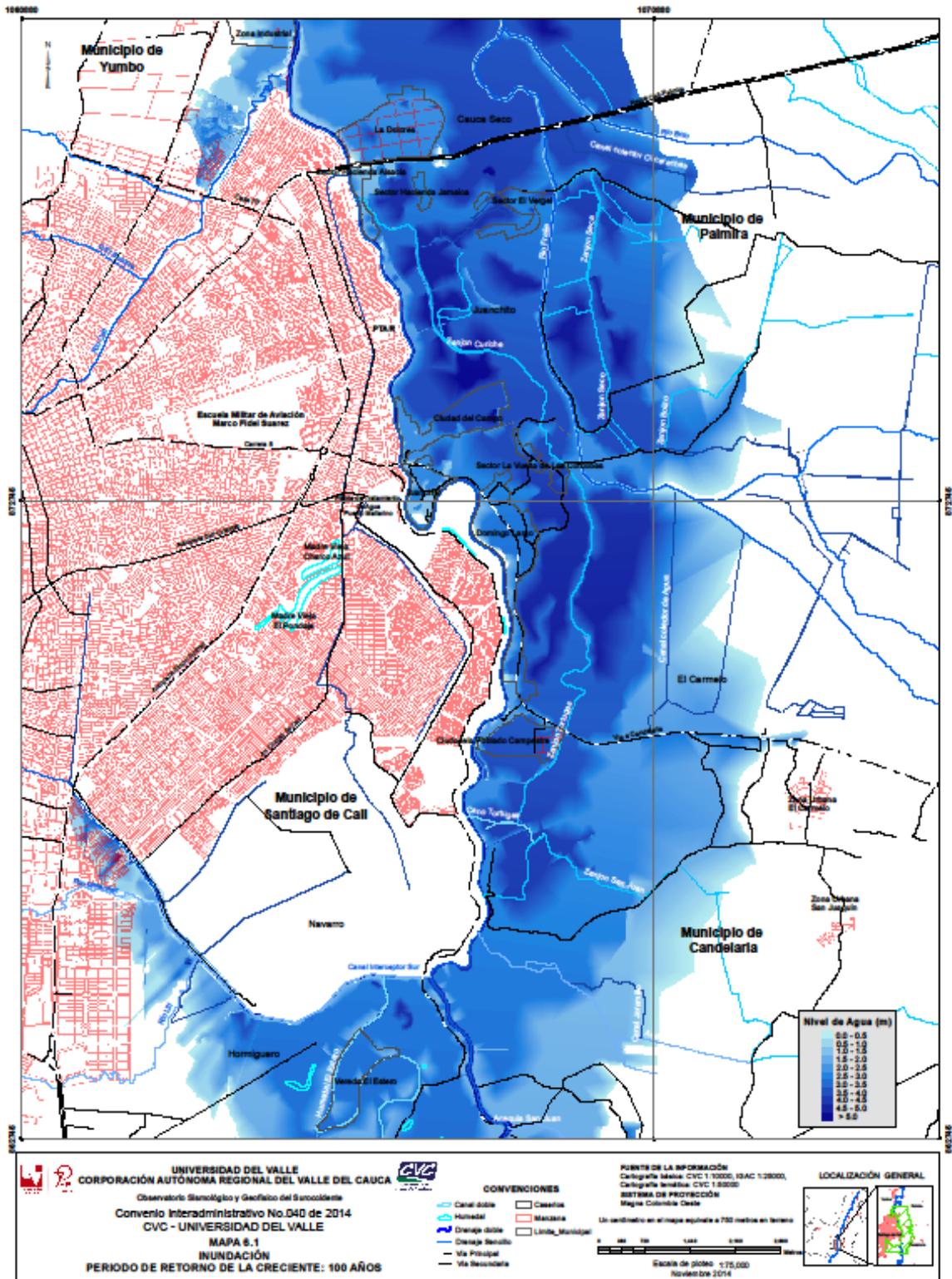
El río Cauca a su paso por el departamento del Valle del Cauca presenta unas velocidades relativamente bajas en su cauce principal y aún menores en la planicie de inundación cuando se presentan los desbordamientos. Además, las crecientes en el río Cauca son del tipo lentas debido a que el incremento en los caudales y los niveles de agua durante la fase ascendente es gradual y no repentino o súbito. Por lo anterior, se adoptó como criterio para clasificar la magnitud o intensidad de la inundación en el valle alto del río Cauca solamente la profundidad de agua en el área inundada. Los niveles de intensidad o magnitud de la inundación y los respectivos rangos de profundidades de agua establecidos se presentan en la Tabla 6.23

Tabla 6.23. Clasificación de la magnitud de la inundación según la profundidad de agua en el área afectada por el desbordamiento de los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur

MAGNITUD DE LA INUNDACIÓN	RANGOS DE PROFUNDIDAD DE AGUA (H) EN EL ÁREA INUNDADA
Alto	$H \geq 1$ m
Medio	$0.5 \text{ m} \leq H < 1$ m
Bajo	$H < 0.5$ m

6.8. MAPA DE INUNDACIONES EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO PLAN JARILLÓN DE CALI PARA UNA CRECIENTE CON UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR

Con base en los resultados de la modelación matemática para las crecientes en los ríos Cauca y Cali y el canal Interceptor Sur con un periodos de retorno de 100 años y en el modelo digital de elevaciones del terreno, se implementó la metodología descrita previamente para generar el mapa de inundaciones causadas en las áreas vecinas al Proyecto *Plan Jarillón de Cali* por el posible desbordamiento de los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur. El mapa de inundaciones obtenido se presenta en la Mapa 6.1.

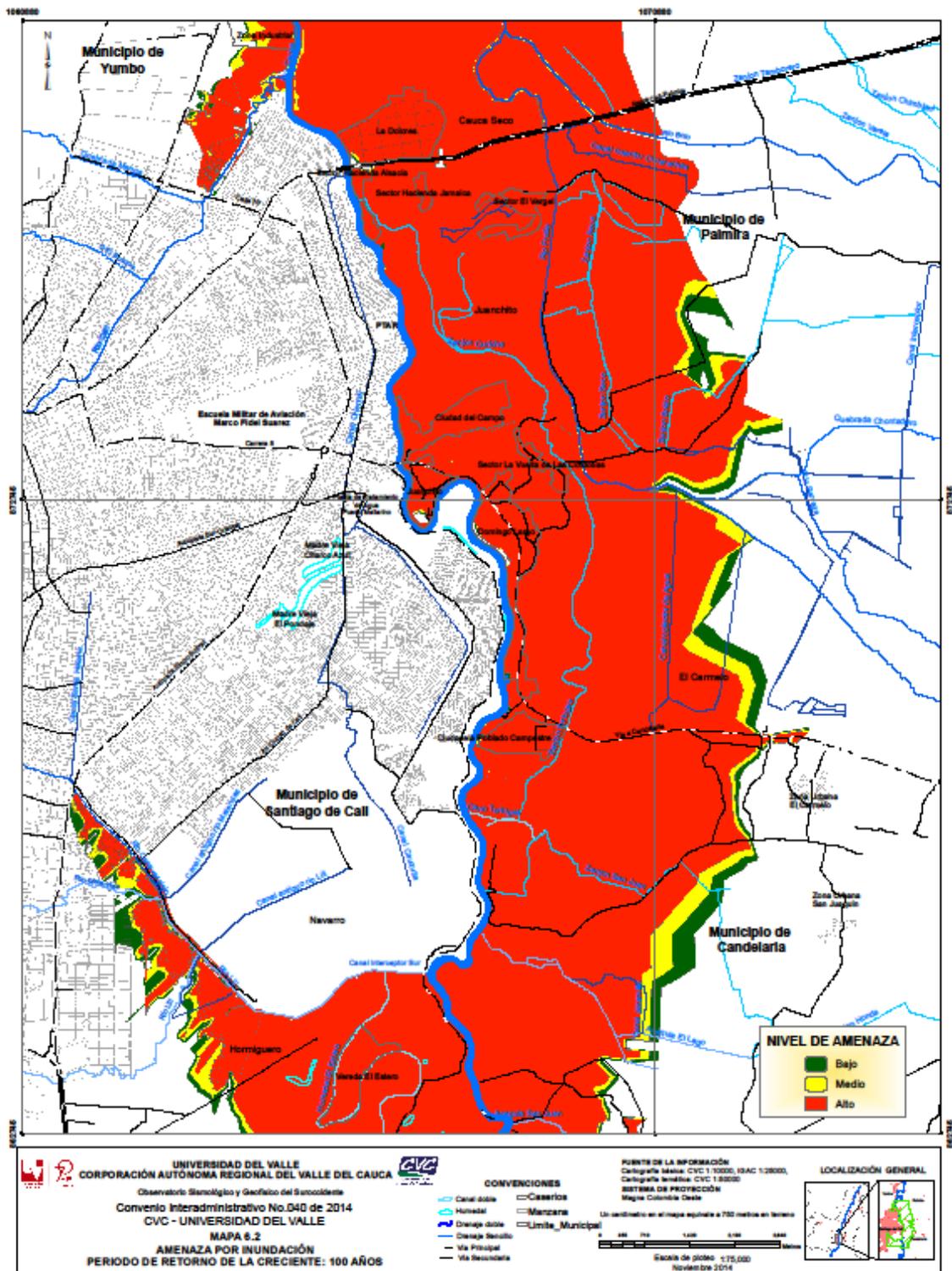


Mapa 6 1 Inundaciones áreas vecinas al Proyecto Plan Jarillón de Cali para una creciente con un periodo de retorno de 100 años en los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur

6.9. MAPA DE AMENAZA POR INUNDACIONES EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO PLAN JARILLÓN DE CALI PARA UNA CRECIENTE CON UN PERIODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR

El mapa de amenaza por inundaciones en las áreas vecinas al Proyecto *Plan Jarillón de Cali* causadas por el posible desbordamiento de los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur durante una creciente con un periodo de retorno de 100 años se generó a partir del mapa de inundación obtenido anteriormente e implementando la metodología para la clasificación de la amenaza por inundaciones establecida en la sección anterior. El mapa de zonificación de la amenaza por inundaciones obtenido se presenta en la Mapa 6.2.

En las Tablas 6.24 y 6.25 se presentan, respectivamente, las extensiones y los porcentajes de las áreas de los municipios de Cali, Candelaria, Palmira y Yumbo (áreas vecinas al Proyecto *Plan Jarillón de Cali*) expuestas a los niveles de amenaza alta, media y baja por inundaciones causadas por el posible desbordamiento de los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur durante una creciente con un periodo de retorno de 100 años.



Mapa 6.2. Amenaza por inundaciones áreas vecinas al Proyecto *Plan Jarillón de Cali* para una creciete con un periodo de retorno de 100 años en los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur

Tabla 6.24. Extensiones de las Áreas Amenazadas por Inundaciones en los Municipios de Cali, Candelaria, Palmira y Yumbo.

	ÁREA DE AMENAZA POR INUNDACIONES (ha)			
	NIVEL DE AMENAZA			
	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
SANTIAGO DE CALI	115,86	100,66	1392,92	1609,44
CANDELARIA	187,13	201,55	3858,39	4247,07
PALMIRA	58,01	68,17	3969,17	4095,35
YUMBO	17,46	69,58	157,61	244,65

Tabla 6.25. Porcentajes de Áreas Amenazadas por Inundaciones en los Municipios de Cali, Candelaria, Palmira y Yumbo.

MUNICIPIO	PORCENTAJE DE ÁREA DE AMENAZA POR INUNDACIONES (%)			
	NIVEL DE AMENAZA			
	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
SANTIAGO DE CALI	7,2.	6,25	86,55	100,00
CANDELARIA	4,41	4,75	90,85	100,00
PALMIRA	1,42	1,66	96,92	100,00
YUMBO	7,14	28,44	64,42	100,00

En la Figura 6.18 se presentan los porcentajes de las áreas totales de los 4 municipios que se encuentran en zonas de amenaza alta, media y baja. Según estos resultados, el 92,0% del área total afectada se encuentra en zona de amenaza alta y tan sólo el 4,3% en zona de amenaza media y el 3,7% en zona de amenaza baja.

Finalmente en la Figura 6.19 se presenta la distribución porcentual de las áreas amenazadas por inundaciones en los municipios de Candelaria, Cali, Palmira y Yumbo en la zona de estudio. Como se aprecia, el municipio de Candelaria es el que presenta la mayor superficie amenazada por la posible inundación causada por el desbordamiento del río Cauca (41,7%, 4247,07 ha); le sigue el municipio de Palmira (40,2%, 4095,35 ha); luego sigue el municipio de Cali (15,8%, 1609,44 ha), y finalmente el municipio de Yumbo (2,46%, 244,65 ha).

Todos los resultados anteriores muestran la necesidad de aplicar medidas para reducir o mitigar el riesgo por inundaciones en estos municipios.

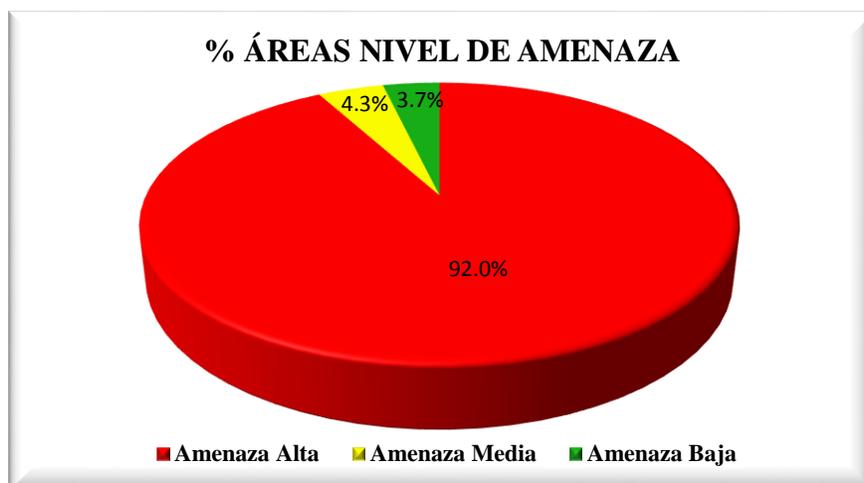


Figura 6.1. Porcentaje de Áreas Según el Nivel de Amenaza por Inundaciones

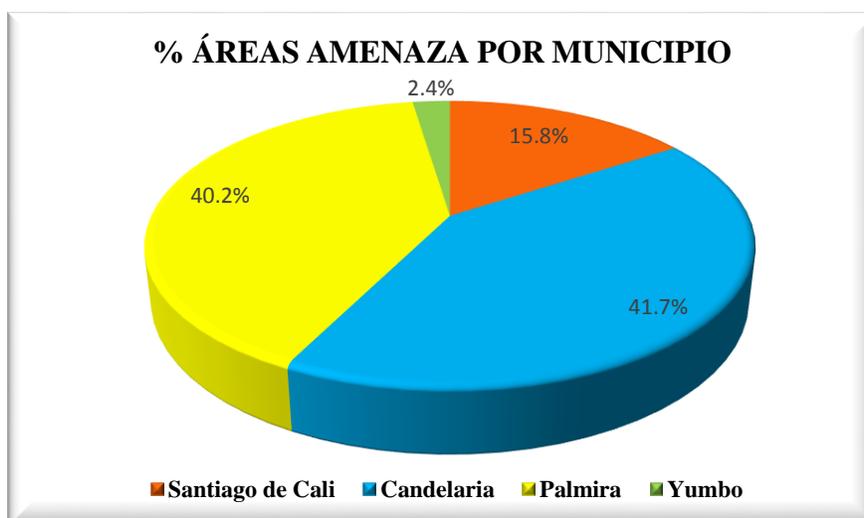


Figura 6.2. Porcentajes de Áreas Amenazadas por Inundaciones en los Municipios de Candelaria, Cali, Palmira y Yumbo en la zona de Estudio.

7. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD CORPORAL Y ESTRUCTURAL

7. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN

Los fenómenos naturales no se constituyen por sí mismos en un riesgo, sino que se transforman en tal cuando interactúan con una comunidad expuesta. La presencia de personas y bienes materiales en áreas sujetas a procesos naturales potencialmente desastrosos dan lugar a que se produzcan daños y pérdidas relativas; esto significa que en la medida en que se genere un aumento de los elementos expuestos (nuevas construcciones y aumento de población), habrá un incremento considerable en los posibles daños a ser provocados.

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

$$R = A * V_{(E)}$$

Donde:

R: Riesgo

A: Amenaza

V: Vulnerabilidad

E: Exposición

El presente informe pretende aportar elementos de juicio para la toma de decisiones y medidas para la prevención de daños debido al fenómeno de inundación, para ello se realiza un acercamiento integral al riesgo desde el análisis de la vulnerabilidad y los posibles escenarios de afectación que se presentan en las áreas vecinas al *Plan Jarillon de Cali* en los municipios de Santiago de Cali, Palmira, Candelaria y Yumbo; para modelar tales factores se hace uso de técnicas y herramientas de análisis espacial de Geoestadística y los Sistemas de Información Geográfica, SIG, los cuales facilitan una mayor comprensión de los resultados enfocados a la gestión local del riesgo.

7.1. USO ACTUAL DEL SUELO

Para la evaluación del uso actual del suelo en la zona de estudio correspondiente a los municipios de Santiago de Cali, Palmira; Candelaria y Yumbo, se realizó un reconocimiento en campo de los principales usos del suelo las cuales se compararon posteriormente con la imagen del LIDAR e imágenes satelitales del visor de Google Earth del año 2014.

A continuación se caracterizan las principales categorías para la evaluación del uso actual del suelo de acuerdo al estudio áreas vecinas *Plan Jarillon de Cali* donde las categorías fueron previamente establecidas con personal técnico de la Corporación Autónoma del Valle del Cauca-CVC.

- **Agropecuaria:** Las tierras, aguas y bosques cuyo uso corresponde a las actividades del sector primario de manera permanente, por lo que son susceptibles de explotación renovable agrícola, pecuaria, piscícola o forestal.
- **Dotación:** Corresponde a las instalaciones donde se desarrollan actividades requeridas para las necesidades de la comunidad. Se consideran como usos condicionados, requiriendo para su aprobación, la revisión de su localización, la determinación de las características del uso propuesto y su compatibilidad con los usos circundantes, asegurándose de que no cause perjuicio a los vecinos.
- **Industrial:** Es la unidad económica de producción o transformación de materias primas; propiedad de uno o varios individuos acreditada como tal por constancia o certificación del Ministerio de Industria. Las actividades industriales se clasifican en diferentes categorías, que van desde la industria artesanal hasta la industria pesada.
- **Comercial:** Entiéndase por uso comercial la actividad destinada al intercambio de bienes y servicios.
- **Residencial:** Todo terreno que de acuerdo con el concepto general de urbanización se adecue específicamente para el uso principal de la vivienda, constituye un desarrollo urbanístico residencial; éstos se podrán desarrollar en cualquier parte del área urbana y rural con excepción de las zonas que específicamente se restringen por razones de incompatibilidad con otros usos asignados, riesgo, seguridad u otras razones ambientales.
- **Lote no edificado:** Son predios que en el IGAC tiene esa categoría y que en campo no se evidencio un uso.

- **Público:** Son predios de propiedad del municipio destinados a parques, zonas verdes, zonas deportivas, vías públicas, separadores, zonas de protección, entre otras.

Al establecer las categorías que van a ser asignadas para la realización del mapa de usos de suelo, y con base en las observaciones de la visita a campo donde se desarrolló el levantamiento de información espacial, se obtiene información georeferenciada de los predios con sus respectivos atributos, la cual fue digitalizada para su respectivo análisis.

7.1.1. Caracterización del uso del suelo en la zona de estudio

Se realizó una caracterización del uso del suelo de la zona de estudio adquirido mediante visita de campo, debido a su importancia para la evaluación de la Vulnerabilidad Corporal, Estructural y Agrícola. Los municipios de Santiago de Cali, Palmira, Candelaria y Yumbo presentan una ocupación o uso muy heterogéneo al localizarse zonas industriales, comerciales, residenciales y agrícolas por tal motivo se realizó una caracterización de cada uno de los municipios en las áreas vecinas al *Plan Jarillon de Cali*.

Es así como el sector de Acopi del municipio de Yumbo, presenta un uso del suelo comercial e industrial; también se localiza la zona industrial de Palmira en los corregimientos de La Dolores y Caucaseco, en ellos predomina el uso industrial y comercial mientras que el uso residencial se presenta en una proporción baja; hacia el corregimiento de Juanchito se localizan varias empresas de reciclaje y talleres, aunque predomina una ocupación residencial al encontrarse las Urbanizaciones Pereira y Ciudad del Campo.

Igualmente se encuentra la zona industrial del municipio de Candelaria en los corregimientos de Juanchito y El Carmelo, en el primero la ocupación principalmente es comercial e industrial, en este sector se localizan Discotecas y Moteles, en Domingo Largo el uso es más de tipo industrial al encontrarse el Condominio Industrial La Nubia, el uso residencial se presenta en una baja proporción; el segundo se caracteriza en su mayoría por uso residencial al localizarse la Urbanización Poblado Campestre.

Por último, se encuentra el municipio de Santiago de Cali al caracterizarse principalmente por uso residencial, ya que el área objeto de estudio es la comuna 2 en el barrio Brisas de los Álamos, en la comuna 16 en los barrios Brisas del Limonar y Ciudad 2000 y la comuna 17 el barrio El Caney, en la zona urbana y en las zonas rurales predomina el uso agrícola en los corregimientos el Hormiguero, en el área de expansión de la ciudad y Navarro en la vereda El Estero.

En el siguiente registro fotográfico se muestran los diferentes usos del suelo presentes en la zona de estudio de las áreas vecinas al *Plan Jarillon de Cali*.

Las Fotografías 7.1, 7.2 y 7.3 evidencian la actividad agrícola predominante de la zona que es el monocultivo de la caña de azúcar.



Foto.7 1. Cultivo de caña en el corregimiento del Carmelo en Candelaria



Foto.7 2. Cultivo de caña en el corregimiento Caucaseco en Palmira



Foto.7 3. Cultivo de caña en la Vereda el Estero corregimiento de Navarro en Santiago de Cali

Fuente: Fotos propias tomadas para el proyecto.

En la Fotografía 7.4 se muestra uno de los predios donde el uso está definido por el IGAC como lote urbanizado, pero que en campo no se logró establecer el uso.



Foto.7 4. Lote Urbanizado Acopi Yumbo

En las siguientes Fotografía se muestran los predios que son de uso Dotacional como Centros de Salud y Caseta Comunal (Fotos 7.5-7.8), Centros Religiosos (Fotos 7.9-7.13), Instituciones Educativas (Fotos 7.14-7.23), Estaciones de Policía, Iglesias, Casetas Comunales, etc.

Centros de Salud y Caseta Comunal



Foto.7 5. Centro de Salud del corregimiento de La Dolores en Palmira



Foto.7 6. Centro de Salud de Urb. Pereira - corregimiento de Juanchito en Palmira



Foto.7 7. Centro de Salud de la Urb. Poblado Campestre en Candelaria



Foto.7 8. Caseta Comunal del Barrio Brisas de los Álamos en Santiago de Cali

Centros Religiosos (Iglesias)



Foto.7 9. Iglesia del Barrio Brisas de los Álamos en Santiago de Cali



Foto.7 10. Iglesia de Ciudad 2000 en Santiago de Cali



Foto.7 11. Iglesia de la Urb. Poblado Campestre en Candelaria



Foto.7 12. Iglesia de la Urb. Pereira en el corregimiento de Juanchito en Palmira



Foto.7 13. Iglesia de la Urb. Ciudad del Campo del corregimiento de Juanchito en Palmira

Instituciones Educativas



Foto.7 14. I.E Santa Cecilia Sede Brisas de los Álamos en el barrio Brisas de los Álamos - Santiago de Cali



Foto.7 15. I.E. Rodrigo Lloreda Caicedo Sede Primitivo Crespo en el barrio Brisas del Limonar –Santiago de Cali



Foto.7 16. Colegio Santa Isabel de Hungría en el barrio Ciudad 2000 en Santiago de Cali



Foto.7 17. I.E Sebastián de Belalcazar Sede Julia Saavedra de Villafañe en la Urb. Pereira del corregimiento de Juanchito en Palmira



Foto.7 18. I.E Navarro Sede Juan del Corral en la vereda El Estero en el corregimiento de Navarro en Santiago de Cali



Foto.7 19. I.E Sebastián de Belalcazar Sede Alfredo Vásquez Cobo en el corregimiento de Caucaseco en Palmira



Foto.7 20. I.E Panabianco Americano Sede Atanasio Girardot en la Urb. Poblado Campestre en el corregimiento El Carmelo en Candelaria



Foto.7 21. I.E Panabianco Americano Sede Santa Rita de Casia en el corregimiento de Juanchito en Candelaria



Foto.7 22. I.E Panabianco Americano Sede José María Córdoba corregimiento de Caucaseco en Candelaria



Foto.7 23. I.E Panabianco Americano Sede Enrique Olaya Herrera en la vereda de Domingo Largo en el corregimiento de Juanchito en Candelaria

En las Fotografías 7.24, 7.25, 7.26 y 7.27 se pueden evidenciar algunos espacios públicos como zonas verdes, canchas, parques con que cuenta el área de estudio.

Parque, Zonas Verdes, Canchas Deportivas



Foto.7 24. Cancha de fútbol en la Urb Pereira en Juanchito de Palmira



Foto.7 25. Zona verde en Ciudad 2000 en Santiago de Cali



Foto.7 26. Cancha de fútbol en Caucaseco en Palmira



Foto.7 27. Parque en la Urb. Poblado Campestre en Candelaria

Tabla 7. 1. Clasificación y distribución de los usos del suelo actual de las áreas vecinas al proyecto *Plan Jarillon de Cali*

USO	ÁREA M ²	%
Agropecuario	88160652.133	92.81
Comercial	996634.1886	1.05
Habitacional	3382578.976	3.56
Dotacional	387700.767	0.41
Industrial	1628488.462	1.71
Lote Urbanizado	10361.34368	0.01
Público	429157.3603	0.45
Total	94995573.230	100

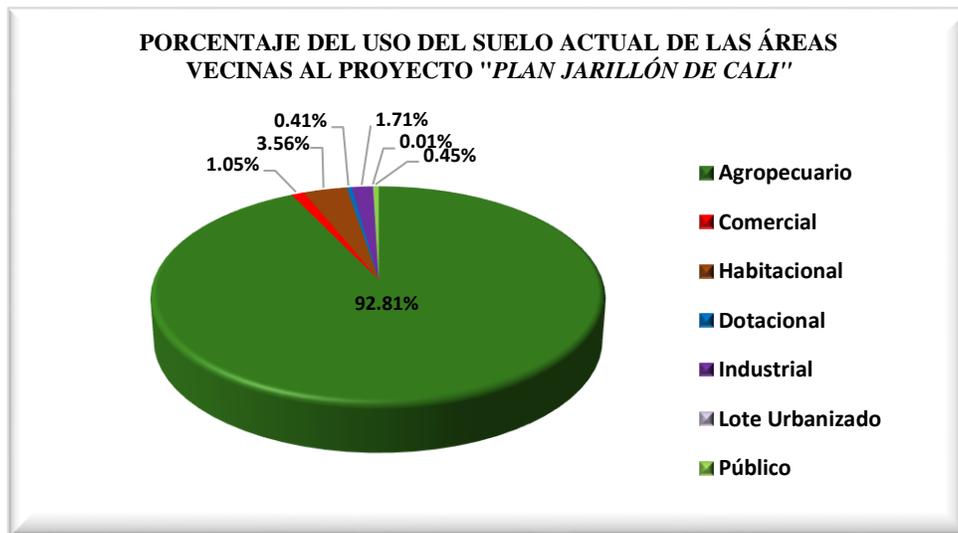
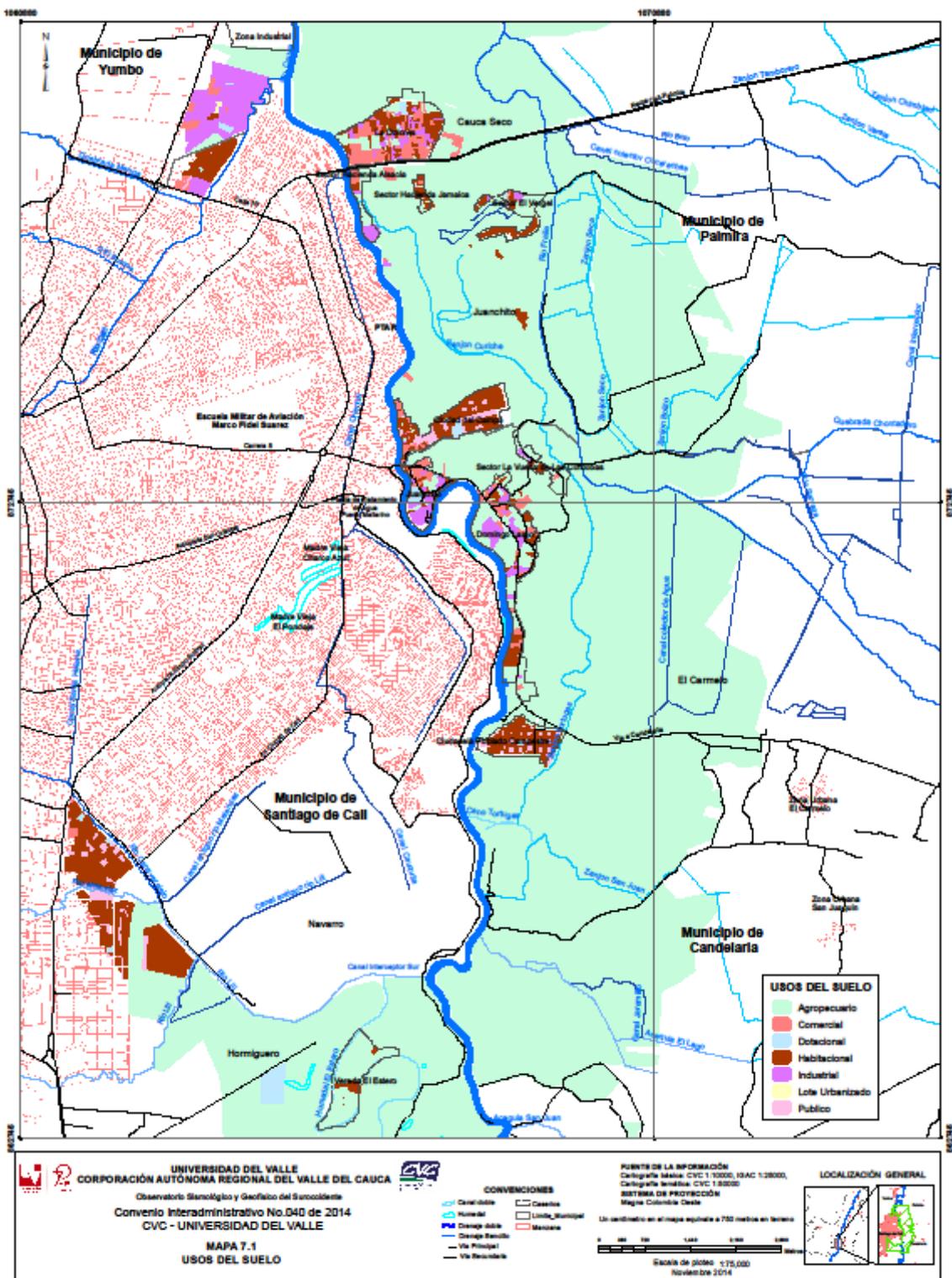


Figura 7.1. Porcentaje del uso del suelo actual de las áreas vecinas al proyecto *Plan Jarillon de Cali*

Fuente: Elaboración propia con datos recolectados en campo

En la Tabla 7.1 y la Figura 7.1 se muestra la proporción que representa cada uno de los diferentes usos del suelo y las respectivas áreas en la zona de estudio, siendo el uso agropecuario predominante en la zona objeto del levantamiento con el 92.81% del total del área, seguido por el uso habitacional con el 3.56 %. El uso industrial y comercial con el 1,71% y el 1.05 %, respectivamente. Finalmente están los predios de usos público con el 0.45%, el dotacional con el 0.41% y el de lote urbanizado con el 0.01%.

Con el fin de hacer una evaluación de los elementos expuesto tanto corporales como estructurales en el área de estudio se elabora un mapa de usos del suelo de acuerdo con la información recolectada en Campo (Mapa 7.1).



Mapa 7. 1. Uso del Suelo actual de las Áreas vecinas al proyecto Plan Jarillon de Cali en los municipios de Santiago de Cali, Palmira, Candelaria y Yumbo.

7.2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ESCENARIOS DE AFECTACIÓN

La vulnerabilidad ha sido definida en este proyecto como una condición intrínseca de una comunidad en términos del grado de exposición y del nivel de fragilidad frente a la ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente dañino; la exposición hace alusión al grado de sometimiento de un determinado elemento frente a un nivel de peligrosidad dada, es decir la zona de contacto entre el elemento expuesto y la amenaza; por su parte, la fragilidad es una medida de la capacidad de un elemento para anticipar y responder ante los efectos causados por un fenómeno.

Conceptualmente, el análisis del riesgo o afectación se representa en la Figura 7.2, a continuación:

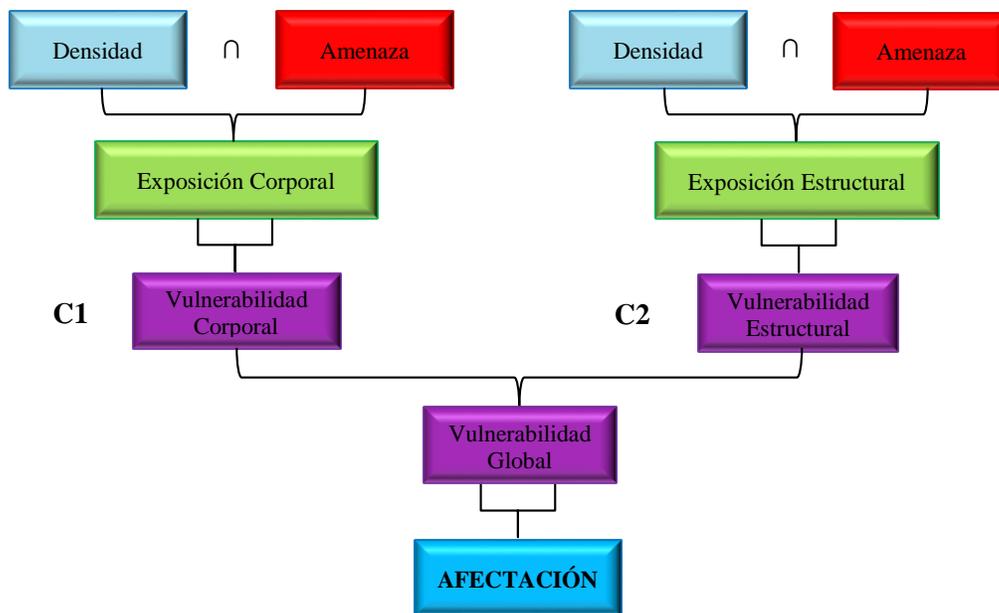


Figura 7.2. Diagrama conceptual para la evaluación de la afectación

Se considera como elementos expuestos la población, las edificaciones y los cultivos⁶ haciendo la caracterización de la zona de estudio mediante un muestreo para luego hacer una interpolación en los predios vecinos.

Metodológicamente se ha tomado como punto de partida una expresión lineal que ha sido ampliamente desarrollada y aplicada en otras regiones (Londoño, 2007; Barrenechea et al., 2000; Cardona, 2001), y que este estudio se introducen con algunas modificaciones

La metodología para el cálculo de la vulnerabilidad y la afectación o riesgo, se fundamenta en una visión integral del riesgo planteado como un problema complejo.

Se adoptó la siguiente expresión lineal para evaluar la vulnerabilidad:

$$V = C_1[(\mathbf{Exp}_{(corp)}) + (\mathbf{Frag}_{(corp)} - \mathbf{Cap}_{(corp)})] + C_2[(\mathbf{Exp}_{(est)}) + (\mathbf{Frag}_{(est)}) - \mathbf{Cap}_{(est)}]$$

V = Vulnerabilidad

Exp_{est} = grado de exposición de las estructuras

$Frag_{estr}$ = fragilidad de las estructuras

Cap_{estr} = capacidad de los elementos estructurales

Exp_{corp} = grado de exposición de la población

$Frag_{corp}$ = fragilidad de la población

Cap_{corp} = capacidad de la población

C_1 y C_2 coeficientes de ponderación para cada vulnerabilidad normalizada

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

Se asumen los valores de 6 para C_1 y 4 para C_2 , lo cual significa que la vulnerabilidad corporal es “fuertemente más importante”, mientras que la vulnerabilidad estructural es “moderadamente más importante” (Tabla 7.2 y Tabla 7.3).

⁶ La evaluación de la vulnerabilidad y afectación de los cultivos se hizo asignándoles un valor constante por exposición ante la amenaza y con datos obtenidos de los informes elaborados por CENICANÑA para las pérdidas por inundación en los eventos ocurridos durante el 2010-2011.

Tabla 7. 2. Asignación de importancias relativas entre variables

JUICIO DE IMPORTANCIA	PUNTAJE
Extremadamente más importante	10
	9
Muy fuertemente más importante	8
	7
Fuertemente más importante	6
	5
Moderadamente más importante	4
	3
Igualmente más importante	2
	1

Tabla 7. 3. Ponderación de la Exposición

	DENSIDAD HABITANTES	AMENAZA	ASIGNACIÓN DE VALORES	DESCRIPCIÓN		PESO EXPO CORP	PESO EXPO ESTR
			I			I	I
Exposición	Vmin≤Clase1≤ CN1	Alta	6	Alta		0,35	0,30
		Media	5	Media			
		Baja	2	Baja			
	Corte1<Clase2≤ CN2	Alta	7	Alta			
		Media	6	Media			
		Baja	3	Baja			
	Clase3>CN2	Alta	8	Alta			
		Media	7	Media			
		Baja	4	Baja			

V_{mín}: Valor mínimo registrado; *CN*: Corte Natural (ver métodos de clasificación en el anexo 2.2)

Peso Expo Corp: peso de la exposición del elemento corporal ante el fenómeno amenazante

Peso Expo Estr: peso de la exposición del elemento estructural ante el fenómeno amenazante

I: Inundaciones (fenómeno amenazante)

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

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

$$Exp_e = Dens_e \cap A$$

Donde:

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

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

\cap : Representa la operación matemática de intersección.

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

$$\text{Frag}_e = \sum_{x=1}^n (\text{indvar} * \text{par})$$

Frag_e = Fragilidad del elemento expuesto.

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ = variables

La Capacidad de una comunidad se mide a partir de una serie de indicadores de la variable cuyos valores nominales se jerarquizan de 1 a 10

$$\text{Cap}_e = \sum_{x=1}^n (\text{indvar} * \text{par})$$

Cap_e = Capacidad del elemento expuesto.

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ = variables

Tanto la Fragilidad como la Capacidad se ponderan según la amenaza a la que está expuesta, en una escala que va de 0 a 1, donde los mayores valores indican una mayor importancia de la variable dentro del conjunto. El proceso de jerarquización y ponderación, se realizó dentro de un panel de expertos mediante un método heurístico basado en la experiencia y el criterio profesional de cada uno y el resultado se muestra en las Tabla 7.4, 7.5, 7.6 y 7.7 de la Fragilidad y Capacidad del elemento expuesto

Los criterios empleados por los expertos a la hora de asignar los valores numéricos jerarquizados a los valores nominales de cada una de los indicadores, tanto corporal como estructural, son la respuesta al nivel de importancia relativa que tienen unos valores respecto a otros en términos de fragilidad y capacidad.

7.2.1. Vulnerabilidad Corporal

7.2.1.1. Exposición Corporal

La Exposición Corporal ante la amenaza hace referencia a los elementos corporales que son potencialmente afectables por dicha amenaza particular. Desde el punto de vista de la

planificación y gestión del riesgo, es necesario contar con el aporte de la exposición de los elementos, para determinar quiénes, cuántos y dónde están distribuidos dichos elementos y en qué condiciones de amenaza se encuentran.

La exposición para el fenómeno de inundación es la relación entre la amenaza y el elemento expuesto en contacto directo con la misma y a partir de la densidad poblacional (número de personas por unidad de área de predio en metros cuadrados).

A continuación se describe los indicadores considerados para evaluar el nivel de Fragilidad y Capacidad Corporal (alta, media y baja.) que la población tiene ante la ocurrencia de un fenómeno natural.

7.2.1.1.1. Indicadores Fragilidad Corporal

Se jerarquizaron los valores de los indicadores correspondientes a la exposición corporal; así, para las variable “*Sexo del jefe de hogar*” se asignaron valores que indican de 1-10 que las mujeres jefes de hogares monoparentales son mucho más frágiles en términos socioeconómicos, puesto que, ante situaciones de emergencia les cuesta un poco más de trabajo desplazarse con sus hijos o personas a cargo y huir fácilmente del peligro; por lo general son hogares donde se dan los casos de viudez o separaciones. En términos de fuerza física, un hombre puede resistir mucho más el impacto de un fenómeno natural (inundaciones) que una mujer.

En cuanto al indicador “*Edad del jefe de hogar*” los valores de 1-10 indican que un joven menor de edad cabeza de hogar es mucho más frágil o vulnerable que un adulto, puesto que no tiene ni la solidez económica ni la experiencia necesaria para afrontar situaciones de emergencia en las cuales deba tomar decisiones determinantes para resguardar su vida y la de los suyos. Los valores asignados al indicador “*escolaridad del jefe de hogar*” sugieren que los más altos corresponden a hogares cuyos jefes no han alcanzado los niveles educativos básicos necesarios que le garanticen una fácil comprensión y entendimiento de las distintas situaciones de emergencia que puedan presentarse para, de esta forma, lograr una buena respuesta ante las mismas.

Para el indicador “*Afiliación al sistema de salud*” los valores de 1-10 indican que una persona es mucho más frágiles si no cuenta con una afiliación a salud que una que si lo este, ya sea en el sistema subsidiado (SISBEN) o contributivo, garantizando una atención medica sin que se vea afectada drásticamente la economía familiar. El indicador “*Estado de salud de jefe del hogar*” está relacionada con la anterior puesto que los valores asignados entre 1-10 indican que si el jefe del hogar padece una enfermedad no está afiliado al sistema de salud no cuenta

con un tratamiento adecuado y oportuno siendo más frágil que uno que padezca una enfermedad y esté en tratamiento.

El indicador “*Número de Personas que Integran el Hogar*” y “*el Número de Personas que Trabajan*” se relacionan puesto que los valores altos de 1-10 sugieren que hogares donde el promedio de personas que integran la familia es mayor a cuatro (4) y que solo se cuente con el ingreso del jefe del hogar y además, si estos no superan los 2 smlv son más frágiles, debido a que el hogar no contaría con recurso económicos para satisfacer las necesidades básicas por varios días en caso de presentarse un evento. A lo anterior se relaciona el indicador “*Tipo de Contrato*” los valores altos 1-10 sugieren que el hogar es más frágil si el jefe del hogar el contrato laboral es a término fijo, es decir a un determinado tiempo, por tal motivo el hogar no cuenta con una estabilidad económica que le asegure destinar una parte de sus ingresos para ahorro y estar preparado en caso de la ocurrencia de un evento, en lugar de esto lo debe destinar para sobrevivir y satisfacer las necesidades del hogar por el tiempo que esté desempleado.

El indicador “*Ocupación*” donde los valores altos 1-10 indican que los hogares donde sus integrantes estén en edad escolar y los que estén en edad laboralmente activa se encuentren desempleados son más frágiles debido a que, en el momento de la ocurrencia de un evento no contarán con recursos económicos para satisfacer las necesidades del hogar.

En cuanto al indicador “*Dependencia*” los valores altos de 1-10 sugieren que hogares cuyos índices de dependencia se encuentran por encima de 7 son muchos más frágiles debido a la “carga” social y económica que ello representa para un adulto a cargo; en otras palabras, es mucho más difícil resguardar y proteger la vida de 3 niños o más que la de uno o dos niños, así como también la de un adulto mayor durante situaciones de emergencia.

Para el indicador *Discapacidad* si en el hogar tienen un integrante con alguna discapacidad física o mental son mucho más frágiles, puesto que en caso de presentarse una emergencia producto de un evento se tiene dificultad para trasladarlo.

7.2.1.1.2. Indicadores Capacidad Corporal

En el indicador “*Conoce si hay sistemas de alertas tempranas SAT en el sector*” los valores altos entre 1-10 sugieren que los hogares y la comunidad que cuente con estos sistemas están en la capacidad de evacuar la zona antes de la ocurrencia de un fenómeno natural.

En el indicador “*Capacitación para la prevención y atención de emergencias*” los valores altos entre 1-10 sugieren que los integrantes del hogares en el momento de la ocurrencia de un evento están preparados para afrontar una emergencia.

En el indicador “*Existencia de planes para la gestión del riesgo conocidos por la comunidad y articulados PMGR*” los valores altos entre 1-10 sugieren que los hogares y la comunidad están preparados ante la ocurrencia de un fenómeno natural.

En el indicador “*Tiempo de vida en el sector*” los valores altos entre 1-10 sugieren que entre mayor sean los años de vida en el sector se puede conocer las dinámicas históricas del fenómeno que puede afectar a su comunidad, siendo de gran ayuda en el momento de la ocurrencia de un evento identificando las zonas seguras del sector donde se puedan refugiar mientras pase el evento y no poner en riesgo su integridad física y la de los suyos.

Los valores altos entre 1-10 la “*Pertenencia a grupos o asociaciones*” sugieren cuales son los círculos de apoyo con que cuenta el hogar y/o la comunidad para afrontar un fenómeno natural.

Los indicadores “*Ingresos del Hogar*”, “*Recepción de giros provenientes de familiares en Colombia o el Exterior*”, “*Ahorros o rentas adicionales*”, “*Predio Propio*” “*Vivienda Asegurada*” son de gran importancia, ya que los valores altos entre 1-10 sugieren que el hogar está en buenas condiciones económicas para afrontar un fenómeno natural.

7.2.2. Vulnerabilidad Estructural

7.2.2.1. Exposición Estructural

La Exposición Estructural ante la amenaza hace referencia a los elementos estructurales (edificaciones) que son potencialmente afectables por dicha amenaza. Desde el punto de vista de la planificación y gestión del riesgo, es necesario contar con el aporte de la exposición de los elementos, para determinar que, cuántos y dónde están distribuidos dichos elementos y en qué condiciones de amenaza se encuentran.

La exposición para el fenómeno de inundación es la relación entre la amenaza y el elemento expuesto en contacto directo con la misma y a partir de la densidad de edificaciones.

A continuación se describe los indicadores considerados para evaluar el nivel de Fragilidad y Capacidad Estructural (alta, media y baja.) que las edificaciones tienen ante la ocurrencia de un fenómeno natural.

7.2.2.1.1. Indicadores Fragilidad Estructural

Los indicadores correspondientes a la exposición estructural se jerarquizaron bajo los mismos criterios que los indicadores corporales; así, para los valores correspondientes al indicador “*Tipo de Vivienda*” se asignaron valores entre 1- 10 los valores altos indican una mayor fragilidad frente a la ocurrencia de un fenómeno natural, cuando las edificaciones son precarias.

Para el indicador “*Estado de la Edificación*”, los valores altos entre 1-10 indican claramente que una edificación que se encuentra en mal estado es mucho más frágil desde el punto de vista estructural, razón por la cual no tiene la capacidad suficiente de resistir el impacto que caracteriza determinado fenómeno natural; en contraste con lo que ocurre en viviendas cuyo estado estructural es relativamente bueno, lo que garantiza una mayor resistencia física ante un fenómeno potencialmente dañino

El indicador “*Edad de la Edificación*” los valores altos entre 1-10 sugieren que a mayor edad es más frágil, ya que si la edificación tiene más de 10 años de haber sido construida los materiales están en deterioro natural por la exposición a las condiciones ambientales

Para el indicador “*Materiales de las Paredes*”, los valores altos entre 1-10 indican que las edificaciones cuyas paredes han sido levantadas con materiales rústicos, son más frágiles ante la acción provocada por el fenómeno natural estudiado, en contraste con las edificaciones cuyos materiales son de concreto, los cuales son mucho más resistentes a dicha acción.

De igual forma sucede para el indicador “*Materiales de los Techos*”, en el cual los valores altos entre 1-10 indican donde aquellas edificaciones cuyos techos están contruidos de materiales livianos o entrepuestos, siendo mucho más frágiles e incapaces de resistir la acción del fenómeno, contrario con lo que sucede en las edificaciones cuyas cubiertas son mucho más firmes y resistentes, tipo losas de concreto, las cuales pueden resistir mucho más la acción de los fenómenos naturales

Por su parte, en el indicador “*Materiales de los Pisos*” los valores altos entre 1-10 señalan que aquellas edificaciones cuyos pisos están en tierra o tabla son mucho más frágiles que aquellos que se encuentran contruidos en cemento o cerámica.

7.2.2.1.2. Indicadores Capacidad Estructural

Para el indicador “*Servicios Públicos Domiciliarios*”, los valores altos entre 1-10 sugieren que el hogar y la comunidad que cuenten con estos servicios van a ser menos frágiles, puesto que en el momento en que se presente una crecienta del río Cauca y sus afluentes son menos frágiles que en los lugares que no existan.

En los indicadores “*Existencia de diques*” y “*Existencia de Plantas de Bombeo Funcionales*” los avalores altos entre 1-10 sugieren que el hogar y la comunidad que cuente con ellos y esté funcionando correctamente en el momento en que se presente un desbordamiento del río Cauca o sus afluentes debido a una crecienta están en la capacidad de evacuar el agua lo más pronto posible impidiendo que el agua se estanque e inunde el área.

El indicador “*Existencia de planes de monitoreo y mantenimiento de diques*” los avalores altos 1-10 sugiere que el hogar y la comunidad en el momento en que se presente una crecienta del río Cauca y sus afluentes están preparados y capacitados para afrontar el fenómeno natural.

En el indicador la existencia de “*Alcantarillado Pluvial o Combinado*” los avalores altos entre 1-10 muestran que el hogar y la comunidad en el momento de presentarse una crecienta del río Cauca y sus afluentes el agua puede drenar y no se estanque son menos frágiles que en los lugares que no existan.

Tabla 7. 4. Ponderación de la Fragilidad Corporal

N°	VARIABLES	PARÁMETRO	TIPO	VARIABLE	PESO	DESCRIPCIÓN	PESO
					INDVAR /INUN		PARAM/ INUN
1		Jefe del Hogar	III	Mujer	10	Vulnerabilidad Alta si el jefe del hogar es mujer	0.045
			II	Hombre	7	Vulnerabilidad Moderada si el jefe del hogar es hombre	
2		N° de Personas en el Hogar	III	> 7	10	Vulnerabilidad Alta si la familia está conformada por más de 7 personas	0.045
			II	4 y 6	8	Vulnerabilidad Moderada si la familia está conformada entre 4 y 6 personas	
			I	1 y 3	5	Vulnerabilidad Baja si la familia está conformada entre 1 y 3 personas	
3		N° Personas que trabajan en el hogar	III	1	10	Vulnerabilidad Alta si en la familia solo trabaja 1 persona	0.05
			II	2	5	Vulnerabilidad Moderada si en la familia trabaja 2 personas	
			I	> 3	2	Vulnerabilidad Baja si en la familia trabaja 3 o más personas	
4		Tipo de familia	III	Extendida	10	Vulnerabilidad Alta si la familia se compone de los padres o uno de ellos, su descendencia y otros familiares	0.05
			II	Monoparental	7	Vulnerabilidad Moderada si la familia se compone de uno de los padres y su descendencia	
			I	Nuclear	3	Vulnerabilidad Baja si la familia se compone de madre, padre e hijos	
5		Edad de las Personas que Habitan en el hogar.	III	< 5 y > 60	10	Vulnerabilidad Alta para menores niños y adultos mayores	0.06
			II	> 6 y < 25	7	Vulnerabilidad Moderada para menores de edad hasta los 25 años	
			I	> 25 y < 60	3	Vulnerabilidad Baja para población en edad productiva	
6		Nivel de Escolaridad	III	Sin Escolaridad	10	Vulnerabilidad Alta para la población que no tiene ningún nivel de estudio	0.055
			II	Ed. Primaria o Ed. Secundaria	6	Vulnerabilidad Moderada para la población que el nivel de estudio primaria o bachiller	
			I	Técnico, Tecnólogo o Universitaria	2	Vulnerabilidad Baja para población que tiene un nivel de educación técnica, tecnológica o Universitaria	
7		Afilación a Sistema de Salud	III	No afiliado	10	Vulnerabilidad Alta cuando no se cuenta con servicio de salud	0.05
			II	Subsidiado	7	Vulnerabilidad Moderada cuando se cuenta con SISBEN	
			I	Cotizante o Beneficiario	3	Vulnerabilidad Baja cuando se cuenta con Seguridad Social	
8		Discapacitados en el hogar	III	Si	10	Vulnerabilidad Alta cuando se tiene un miembro con discapacidad	0.05
			I	No	2	Vulnerabilidad Baja cuando no se tiene miembro con discapacidad	
9		Ocupación	III	Desempleado o Estudiante	10	Vulnerabilidad Alta cuando se está desempleado o estudiante	0.05
			II	Independiente	8	Vulnerabilidad Moderada cuando se es independiente	
			I	Empleado	5	Vulnerabilidad Baja cuando se es Empleado	
10		Tipo de contrato	III	Definido	10	Vulnerabilidad Alta cuando se tiene un contrato a término fijo	0.045
			II	Indefinido	7	Vulnerabilidad Moderada cuando se tiene un contrato a término indefinido	

Tabla 7.4. Continuación...

N°	VARIABLE	INDICADOR	TIPO	DESCRIPCION DEL INDICADOR	PESO	PARÁMETRO	PESO
					INDVAR /INUN		PARAM/I NUN
11	CONDICIONES FAMILIARES	Nivel de Dependencia se obtiene entre Personas que trabajan en el hogar /N° personas en el hogar)	III	Alto	10	Vulnerabilidad Alta cuando jefe del hogar es el soporte económico del hogar	0.045
			II	Medio	6	Vulnerabilidad Moderada cuando algunos integrantes del hogar genera algún tipo de ingresos	
			I	Bajo	2	Vulnerabilidad Baja cuando más de 2 integrantes aportan en la economía del hogar	
12		¿Cuántas personas permanecen en la vivienda?	III	N° P. Nocturno	10	Vulnerabilidad Alta en tanto existe una menor capacidad de reacción	0.045
			II	N° P. Diurno	7	Vulnerabilidad Moderada en tanto existe una mejor capacidad de reacción	
13		Estado de salud del jefe del hogar	III	Una o varias enfermedades y discapacidades físicas y mentales y no estén bajo tratamiento médico	10	Vulnerabilidad Alta el jefe del hogar padece una o varias enfermedades y no se encuentra en tratamiento medico	0.06
	II		Con alguna enfermedad o discapacidad física y mental que se encuentren en tratamiento médico	7	Vulnerabilidad Moderada el jefe del hogar padece una o varias enfermedades y se encuentra en tratamiento medico		
	I		Sin enfermedades crónicas o discapacidades físicas y mentales permanentes.	3	Vulnerabilidad Baja el jefe del hogar no padece enfermedades		

Tabla 7. 5. Ponderación de la Capacidad Corporal

N°	VARIABLE	INDICADOR	TIPO	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	PESO		PARÁMETRO	PESO	
					INDVAR/INUN			PARAM/INUN	
1	PREPARACIÓN PARA PREVENIR Y ATENDER EMERGENCIAS	Conoce si hay sistemas de alertas tempranas SAT en el sector.	III	No	3	Vulnerabilidad Alta	0.040		
			II	Si	7	Vulnerabilidad Moderada			
2		Capacitación para la prevención y atención de emergencias.	III	No	3	Vulnerabilidad Alta no se ha capacitado en prevención y atención de emergencias	0.050		
			I	Si	7	Vulnerabilidad Baja se ha capacitado en prevención y atención de emergencias			
3		Existencia de planes para la gestión del riesgo conocidos por la comunidad y articulados PMGR	III	No	3	Vulnerabilidad Alta	0.040		
			I	Si	7	Vulnerabilidad Baja			
4		Tiempo de vida en el sector	III	entre 0 y 1 año	3	Vulnerabilidad Alta	0.040		
			II	entre 1 y 5 años	5	Vulnerabilidad Moderada			
			I	> 5 años	8	Vulnerabilidad Baja			
5		COHESIÓN SOCIAL	Pertenencia a grupos o asociaciones.	III	No	5	Vulnerabilidad Alta	0.050	
	II			Si	10	Vulnerabilidad Moderada			
6	ACTIVOS Y FUENTES DE CAPITAL	Ingresos del Hogar	III	< a 1 SMLV	2	Vulnerabilidad Alta	0.040		
			II	1 a 2 SMLV o 3 a 4 SMLV	4	Vulnerabilidad Moderada			
			I	5 a 6 SMLV o 7 o más SMLV	6	Vulnerabilidad Baja			
7		Recepción de giros provenientes de familiares en Colombia o el Exterior	III	No	3	Vulnerabilidad Alta no se cuenta con este tipo de ayudas	0.030		
			II	Si	7	Vulnerabilidad Moderada se cuenta con este tipo de ayudas			
8		Ahorros o rentas adicionales	III	No	5	Vulnerabilidad Alta no se cuenta con ingresos adicionales	0.030		
			II	Si	10	Vulnerabilidad Moderada se cuenta con ingresos adicionales			
9		¿Predio Propio?	III	No	3	Vulnerabilidad Alta porque se incrementan los gastos del hogar	0.030		
			II	Si	7	Vulnerabilidad Moderada porque la vivienda propia cuenta como activo del hogar			
10		¿Vivienda Asegurada?	III	No	5	Vulnerabilidad Alta cuando la Vivienda no cuenta con seguro	0.030		
	II		Si	10	Vulnerabilidad Moderada cuando la Vivienda cuenta con seguro				

Tabla 7. 6. Ponderación de la Fragilidad Estructural

N°	VARIABLE	INDICADOR	TIPO	DESCRIPCION DEL INDICADOR	PESO	PARÁMETRO	PESO
					INDVAR/INUN		PAR/INUN
1	CONDICIONES INMOBILIARIA	Tipo de Vivienda	III	Precaria	10	Vulnerabilidad Alta para las vivienda que su construcción sea Precaria	0.070
			II	Interés Social	8	Vulnerabilidad Moderada para las vivienda de Interés Social	
			I	Tradicional o Construcción Técnica	2	Vulnerabilidad Baja para las viviendas Tradicional y Construcción Técnica.	
2		Estado de la Edificación	III	Mal Estado	10	Vulnerabilidad Alta si presenta, agrietamientos, humedades y cimentación en los elementos portantes	0.070
			II	Regular Estado	8	Vulnerabilidad Moderada si presenta leves fisuras o descascaramientos de los elementos portantes.	
			I	Buen Estado	5	Vulnerabilidad Baja si la edificación no presenta fisuras y grietas	
3		Edad	III	Tiempo de Construcción de la Edificación >10 años	10	Vulnerabilidad Alta si presenta, agrietamientos, humedades y cimentación en los elementos portantes	0.070
			II	Tiempo de Construcción de la Edificación entre 6 y 10 años	8	Vulnerabilidad Moderada si presenta leves fisuras o descascaramientos de los elementos portantes.	
			I	Tiempo de Construcción de la Edificación entre 0 y 5 años	5	Vulnerabilidad Baja si la edificación no presenta fisuras y grietas	
4	Geometría de la Edificación	III	1 Piso	10	Vulnerabilidad Alta si la edificación es de un solo piso	0.070	
		II	2 Pisos	5	Vulnerabilidad Moderada si la edificación es de 2 o más pisos		
5	Materiales Predominantes en paredes exteriores	III	Rustica	10	Vulnerabilidad Alta para desechos plásticos, cartón, esterilla, guadua, madera burda, bahareque y zinc	0.070	
		II	Mampostería	5	Vulnerabilidad Moderada para Adobe, ladrillo, piedra, roca pulida y cantos		
		I	Concreto	2	Vulnerabilidad Baja para Armado, En masa y Ordinario		
6	Materiales predominantes de los Techos	III	Paja, Palma o Similar	10	Vulnerabilidad Alta	0.070	
		II	Teja de Barro, Asbesto, Madera y Lámina metálica	5	Vulnerabilidad Moderada		
		I	Cemento o Concreto	2	Vulnerabilidad Baja		
7	Características del piso interior	III	Sin Recubrimiento o Tabla	10	Vulnerabilidad Alta	0.070	
		II	Concreto (Losa), Concreto Esmaltado o Baldosín	5	Vulnerabilidad Moderada		
		I	Cerámica	2	Vulnerabilidad Baja		
8	CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA	Tipo de Vías	III	Terciaria	10	Vulnerabilidad Alta para las vías sin capa asfáltica o concreto	0.070
			II	Secundaria	5	Vulnerabilidad Moderada para vías con capa asfáltica o concreto de doble carril	
			I	Primaria	2	Vulnerabilidad Baja para vías con capa asfáltica o concreto de doble calzadas.	

Tabla 7.6. Continuación...

N°	VARIABLE	INDICADOR	TIPO	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	PESO	PARÁMETRO	PESO
					INDVAR/INUN		PAR/INUN
9	CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA	Estado de las Vías	III	Mal Estado	10	Vulnerabilidad Alta se puede transitar con dificultad	0.070
			II	Regular Estado	7	Vulnerabilidad Moderada presenta grietas y huecos	
			I	Buen Estado	2	Vulnerabilidad Baja no presenta grietas ni huecos	
10	CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURA	Estado de los Puentes	III	Mal Estado	10	Vulnerabilidad Alta si presenta, agrietamientos y deterioro grave en los elementos portantes.	0.070
			II	Regular Estado	7	Vulnerabilidad Moderada si presenta deterioro en los elementos portantes.	
			I	Buen Estado	2	Vulnerabilidad Baja	

Tabla 7.7. Ponderación de la Capacidad Estructural

N°	VARIABLE	PARÁMETRO	TIPO	DESCRIPCIÓN DEL INDICADOR	PESO	DESCRIPCIÓN	PESO
					INDVAR/INUN		PARAM/INUN
1	Condiciones	Servicios Públicos Domiciliarios	III	Insuficientes	3	Vulnerabilidad Alta no se cuenta con Acueducto y Alcantarillado	0.060
			II	Aceptables	5	Vulnerabilidad Moderada se cuenta con Acueducto y Energía	
			I	Suficientes	7	Vulnerabilidad Baja se cuenta con Acueducto, Alcantarillado, Energía, Gas y Telecomunicaciones	
2	OBRAS DE MITIGACIÓN	Existencia de diques	III	No	3	Vulnerabilidad Alta no existe Diques en el sector	0.060
II			Si	7	Vulnerabilidad Moderada existe Diques pero no cuenta con las especificaciones requeridas para evitar las inundaciones		
3		Existencia de planes de monitoreo y mantenimiento de diques.	III	No	3	Vulnerabilidad Alta no existe Planes de monitoreo	0.060
			I	Si	7	Vulnerabilidad Baja el sector cuenta con Planes de monitoreo	
4		Alcantarillado Pluvial o Combinado	III	No	3	Vulnerabilidad Alta el sector no cuenta con ningún tipo de Alcantarillado	0.060
			II	Si	7	Vulnerabilidad Moderada el sector cuenta con algún tipo de Alcantarillado Pluvial o Combinado	
5		Existencia de Plantas de Bombeo Funcionales	III	No	3	Vulnerabilidad Alta no existe Plantas de Bombeo y si las hay no funciona	0.060
			I	Si	7	Vulnerabilidad Baja existe Planta de Bombeo y funciona	

Peso_indvar: peso del indicador de la variable

Peso_par: peso del parámetro

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

Una vez obtenida la vulnerabilidad, se adopta una escala numérica que indica los grados de esta, por rangos que expresan niveles de fragilidad (Alto Medio y bajo). Ello se realiza aplicando una clasificación usando el método de Corte Natural (herramienta de Arcgis 10.2).

Esta herramienta permite organizar la información de acuerdo a unas clases que muestran agrupaciones de datos con valores similares al mismo tiempo maximizan las diferencias de las clases (Tabla 7.8).

Tabla 7. 8. Escala Numérica - Grados la Vulnerabilidad

GRADO DE VULNERABILIDAD	RANGO	DESCRIPCIÓN
Baja (I)	[22.060 - 35.115]	Elementos que presentan un nivel de exposición relativamente bajo ante un determinado fenómeno, con una condición de fragilidad baja caracterizada por una tipología estructural resistente y en buen estado y una población socioeconómicamente capaz de responder ante un cambio drástico en su medio
Media (II)	(35.116 - 48.415]	Elementos que presentan un nivel de exposición moderado ante la amenaza, con unos niveles de fragilidad intermedio caracterizados por elementos estructurales cuyo estado físico y resistencia son aceptables y una población con limitaciones desde el punto de vista socioeconómico para responder y adaptarse a los cambios generados por un evento
Alta (III)	(48.416 - 61.695]	Elementos que presentan un nivel de exposición elevado ante una amenaza y condiciones de fragilidad elevadas caracterizadas por elementos estructurales poco dúctiles, sistemas constructivos inadecuados y estado de deterioro avanzado y una población incapaz de sobreponerse por sí mismos a los efectos provocados por un fenómeno

Posteriormente, se procede a la determinación de los niveles y modos de afectación, lo cual permite evaluar los modos de daño o grados de afectación esperados para los elementos expuestos según el nivel o grado de amenaza dado. Se proponen tres opciones (Tabla 7.9)

Tabla 7. 9. Índices de riesgo

	GRADO DE VULNERABILIDAD				MODO DE DAÑO Ó AFECTACIÓN
	I	II	III		
GRADO DE AMENAZA	I	I	I	II	
	II	I	II	III	
	III	II	III	III	

Tabla 7. 10. Modo de daño o afectación por Fenómenos de Inundaciones

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

El siguiente paso es la modelación de escenarios de afectación, cuantificación de daños y pérdidas potenciales. Esta etapa recoge la información necesaria para modelar los escenarios de afectación y cuantificar los daños y pérdidas esperadas para el fenómeno ya caracterizado. Debido a la complejidad del fenómeno de inundación, y la dinámica que presentan los elementos corporales expuestos en función del espacio-tiempo, existe una variedad de posibilidades de manifestación del daño. En este sentido se adoptará la propuesta de complementar el análisis mediante la concepción de escenarios de afectación, lo que permitirá aproximarnos al daño específico en función del número o porcentaje de personas damnificadas y edificaciones afectadas. Para generar dicho modelo se efectuará el cruce de información correspondiente al modo de daño con la densidad de personas en la edificación, tal como se muestra en la Tabla 7.11

Tabla 7. 11. Relación entre modo de daño y densidad de población

		DENSIDAD DE POBLACIÓN		
		ALTA	MEDIA	BAJA
MODO DE DAÑO	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO
	MEDIO	ALTO	MEDIO	BAJO
	BAJO	MEDIO	BAJO	BAJO

7.3. SELECCIÓN DE LA MUESTRA Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

7.3.1. Muestreo Estratificado

Se denomina estratificación a un proceso mediante el cual se asignan las unidades poblacionales a cada grupo en que se ha dividido una población, de acuerdo con unos criterios prefijados con anticipación. Cada grupo se llamará ESTRATO. El proceso de muestreo una vez encasilladas las unidades poblacionales (estratificada), permitirá realizar en cada estrato un muestreo independiente, lo cual facilitará la aplicación de diferentes métodos de muestreo de acuerdo con la información disponible, el costo y las razones que motivaron la estratificación de la población.

Una población heterogénea con N unidades $\{U_i\}$, con $i = 1, 2, 3, \dots, N$, se divide en L grupos lo más homogéneos posibles no solapados (sin intersección) denominados estratos.

$$\{U_{hi}\}, \text{ con } h = 1, 2, 3 \dots L; i = 1, 2, 3, \dots, N_h$$

Donde N_h : Tamaño del estrato h .

La muestra estratificada de tamaño n , se conforma seleccionando n_h unidades ($h = 1, 2, 3, \dots, L$) en forma independiente de cada uno de los L estratos en que se subdivide la población. Se pueden utilizar diferentes formas para seleccionar la muestra dentro de cada estrato.

Si la selección dentro de cada estrato se hace mediante un Muestreo Aleatorio Simple (MAS), entonces el muestreo se llama: Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE).

Para un estrato en particular pueden pertenecer todas sus unidades a la muestra final n . El número de las unidades que se extraigan de cada estrato depende de los objetivos de la investigación (Figura 7.3)

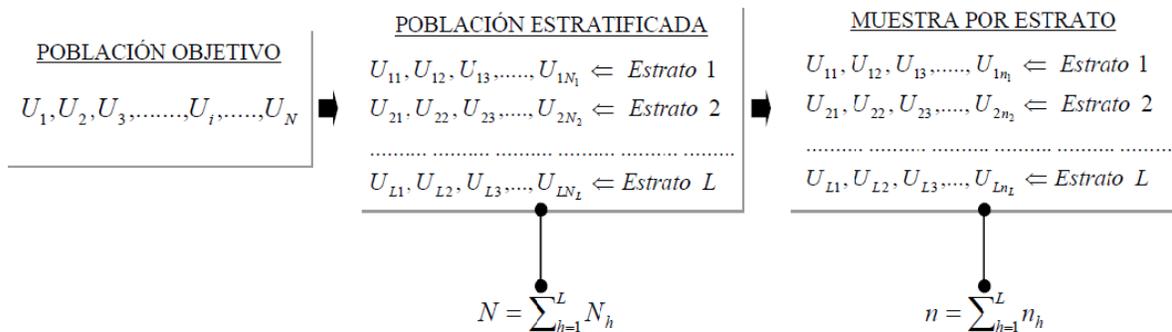


Figura 7.3. Esquema de la Estratificación de una Población.

Por ejemplo se tiene como Población Objetivo los Municipios, los Corregimientos como Población Estratificada y la Muestra son los Predios.

7.3.1.1. Procedimiento para seleccionar una MAE

1. Seleccione un marco de muestreo adecuado.
2. Seleccione las características que servirán de base para la estratificación y defina el número de estratos L .
3. Divida la población en L estratos, con base en las características definidas y distribuya los elementos en cada estrato.
4. Cada unidad poblacional debe pertenecer a uno y solo uno de los estratos establecidos.
5. Enumere las unidades en cada estrato, de 1 hasta N_h , (N_h será el número de unidades que contiene el estrato h).
6. Determinar el tamaño de muestra global n y realizar la afijación o repartición de esta en cada estrato de acuerdo con la regla que se haya escogido previamente.

7.3.1.2. Asignación ó Afijación de la Muestra

En el muestreo aleatorio estratificado una vez determinado el tamaño de muestra n , se debe definir o asegurar la participación en dicha muestra de todos los estratos previamente definidos, mediante una cuota de unidades de cada estrato.

La forma de repartir la muestra total n entre los diferentes estratos depende de las necesidades del investigador. Debe tenerse en cuenta que la forma de repartir la muestra incide en la precisión del estimador, de tal manera que se escoge aquella repartición que de la menor varianza (dispersión o variabilidad en los datos).

7.3.1.3. Asignación de Mínima Varianza (Neyman)

En esta forma de asignación se da importancia al tamaño de cada estrato y también a la variabilidad del mismo. Teniendo como objetivo minimizar la varianza del estimador de la media poblacional $V(\bar{y}_{ES})$, bajo la condición de que: $n = \sum_{h=1}^L n_h$.

7.3.1.3.1. Población Estadística

Se identificará con este nombre al conjunto de elementos de interés en un estudio, sobre los cuales se desea información y hacia los cuales se extenderán las conclusiones (Behar y Yepes 2007).

7.3.1.3.2. Variable

El término variable se define como las cualidades, propiedades o características de los sujetos de estudio que pueden ser enumeradas o contadas (sexo, raza) o medidas cuantitativamente (peso, estatura) y cuyo valor varía de una a otra (Behar y Yepes 2007).

7.3.1.3.3. Variable Cualitativa

Las variables cualitativas o categóricas, son las que se refieren a propiedades de los elementos, que no pueden ser medidas, en términos de cantidad de propiedad presente, sino que sólo determina la presencia o ausencia de ella. Sus elementos de variación, no son valores numéricos, son cualidades que corresponden a categorías de la variable (sexo: masculino o femenino, estado civil: soltero, casado, viudo, divorciado, separado).

Estas categorías se construyen expresando una distribución de atributos sin implicar ningún orden entre ellas (sexo: masculino o femenino), o expresando diferencias que implican un orden ascendente o descendente (nivel de educación: primario, secundario, técnico, universitario); son entonces, variables categóricas ordinales

7.3.1.3.4. Variable Cuantitativa

Las variables cuantitativas, son aquellas cuya magnitud puede ser medida y expresada en términos numéricos. Su distribución es escalar, por lo que a cada una se le puede asignar un valor mayor o menor (número de eritrocitos, peso, talla). A su vez, éstas pueden ser continuas o discontinuas. Continuas son las variables que pueden adoptar cualquier valor, dentro de un determinado rango, donde es posible dividir la unidad de medida utilizada infinitamente. Discontinuas o mejor dicho, discretas, son las variables que pueden tener sólo un número limitado de valores enteros, pues la unidad de medición no puede ser fraccionada (número de hijos, número de piezas dentarias), pues ninguna de ellas admite valores decimales.

7.3.1.3.5. Parámetro

Un Parámetro es la obtención de un valor único “verdadero” mediante una fórmula que depende de los valores obtenidos al observar determinada característica en todas las unidades estadísticas que conforman una población.

La precisión de una estimación puede expresarse generalmente a través de dos elementos: el error tolerable (ϵ) y la confianza (α) o confiabilidad. El error tolerable es la diferencia que estamos dispuestos a aceptar entre el verdadero valor poblacional (θ) y el calculado con la

muestra ($\hat{\theta}_n$) y la confianza es justamente, la probabilidad de que el error tolerable no sea sobrepasado.

7.3.1.3.6. Nivel de Confianza

El nivel de confianza suele ser 0,95 (95%) ó 0,99 (99%). La interpretación práctica es sencilla, por ejemplo si el nivel de confianza es del 95%, significa que en el 95% de las veces que repitiéramos el experimento, el intervalo de confianza calculado contendría al verdadero valor del parámetro y en el 5% restante el intervalo no contendría el verdadero valor (Vicente 2000).

Una vez que el intervalo de confianza ha sido particularizado para una muestra concreta, el intervalo obtenido contiene o no contiene al verdadero valor del parámetro, con probabilidad 1, por esa razón, cuando ya tenemos un valor concreto hablamos de confianza y no de probabilidad, confiamos en que el intervalo que hemos calculado sea del 95% que contiene el verdadero valor.

7.3.1.3.7. Nivel de Significancia

El nivel de significación de un test es un concepto estadístico asociado a la verificación de una hipótesis. En pocas palabras, se define como la probabilidad de tomar la decisión de rechazar la *hipótesis nula* cuando ésta es verdadera (decisión conocida como error tipo I, o "falso positivo").

7.3.2. Metodología

Este proyecto de investigación busca determinar la Vulnerabilidad Estructural y Corporal en la que se encuentran algunos sectores de 4 municipios del Valle que están cercanos al río Cauca, como lo son (Candelaria, Palmira, Yumbo y Cali). Para determinar dicha Vulnerabilidad se desea conocer algunas características de la población objeto de estudio; existen diferentes métodos para obtener dicha información, para este proyecto se cuenta con una encuesta sociodemográfica, con la cual se obtendrá la información necesaria tanto estructural como corporal para determinar el objetivo del estudio.

Se cuenta con una base de datos de cada uno de los municipios obtenida mediante el Geoportal del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), las Secretarías de Planeación de Candelaria y Palmira, Oficina de Catastro y Departamento Administrativo de Planeación de Cali, la cual contiene información de los predios.

Lo que se busca con esta información es que de acuerdo a la variabilidad existente en las características que presenta cada una de estas poblaciones, poder determinar el grado de vulnerabilidad en que se encuentra las zonas de estudio.

Esto se determina a través del análisis de las variables (características) de interés, las cuales serán obtenidas por medio de una encuesta ya menciona anteriormente. Debido a la cantidad de información con la que se cuenta, el tiempo, el presupuesto y las condiciones de los terrenos, se plantea la siguiente metodología para el correcto análisis de la información.

Inicialmente se plantea una metodología en 3 fases:

1. Análisis y depuración de las bases de datos suministradas por los entes gubernamentales de cada uno de los municipios (Candelaria, Palmira, Yumbo y Santiago de Cali), teniendo en cuenta los registros y los datos correspondientes a las características de cada predio, lo que se busca es dejar la información de las variables que son de interés para el estudio. Además también se hará la revisión y validación de la encuesta diseñada para la obtención de la información que se requiere para el estudio.
2. Una vez definida y delimitada la población objeto de estudio en la investigación se procede a realizar un estudio de las características de cada municipio, que responda a los objetivos planteados en el proyecto, dado que se cuenta con un número grande de población y que no se cuenta con el tiempo suficiente ni los recursos, lo que se busca es hacer estimación sobre dicha población objeto de estudio, por lo tanto se decide tomar una muestra a través de las técnicas de muestreo. Debido a que la información está contenida entre los municipios y a la vez dentro de sus corregimientos y que estos son homogéneos (similares) entre sí, se hará uso de la técnica del Muestreo Aleatorio Estratificado, determinando el tamaño de muestra a través de la asignación por mínima varianza, esta asignación es debido a que en cada estrato existen diferentes tamaños de población y además diferente variabilidad en las características; al determinar este tamaño de muestra se procederá a hacer la selección aleatoria de la muestra a través de un MAS.
3. Al obtener la información de la encuesta se organiza la información en una base de datos para proceder a la revisión, depuración y análisis descriptivo y exploratorio.

Para el análisis de los datos y resultados se hará uso del programa Excel de Microsoft Office y del software estadístico *R*.

7.3.3. Resultados

En la primera etapa se desarrolla el proceso de depuración de las bases de datos de cada uno de los municipios, donde finalmente se identifica las variables de interés (características del predio) para la realización del muestreo que determina el tamaño de muestra de los predios a los cuales se le aplica la encuesta con la que se obtiene la información para el desarrollo del proyecto. La información de las variables que se definieron como de interés son: Número predial, Uso del suelo, Área construida (m²), Coordenadas y Distancia al río (500, 1000 y más de 1000 m).

En esta primera fase se tuvo en cuenta la revisión y estructuración de la encuesta diseñada para la obtención de los resultados, lo que se hizo fue organizar la estructura de la encuesta de acuerdo a cada sección de preguntas.

Según Klinger (2010) son muchos los factores que determinan que en una investigación sobre una población determinada se requiera del uso de la metodología del muestreo para llevarla a cabo. Entre las razones que obligan a ello, se pueden enumerar las siguientes:

- La población objeto de estudio es infinita o muy grande.
- La observación o medición de la característica analizada pone en peligro la existencia de la unidad misma.
- El costo de la medición, la dificultad de ubicación de las unidades objeto de estudio.
- El tiempo requerido para la realización del trabajo de campo (ubicación y medición de las unidades objeto de estudio).
- La ausencia de marcos muestrales específicos en los cuales se puedan ubicar detalladamente las unidades investigadas.

En este estudio se definió realizar el Muestreo Aleatorio Estratificado (MAE), como se explicó inicialmente, teniendo en cuenta la información que se escogió en la primera fase se da inicio a construir los estratos con cada uno de los corregimientos de acuerdo al municipio: (Juanchito, El Carmelo y San Joaquín) para el municipio de Candelaria; (La Dolores, Cauca Seco y Juanchito) para el municipio de Palmira; (Comuna 2, Comuna 16, Comuna 17 y el corregimiento de Navarro) para el municipio de Santiago de Cali y (Arroyohondo sector de Acopi) para el municipio de Yumbo. Se determinó estratificar por corregimiento debido a la homogeneidad en las características que se presentaba en cada uno de ellos. Los estratos se definieron haciendo uso de la herramienta concatenar de Excel, concatenando el municipio, el corregimiento, el uso del suelo y la distancia al río, esto con el fin de que se formaran los estratos posibles a estudiar dándole la oportunidad de selección a todos y cada uno.

Se realizó un muestreo estratificado con asignación de mínima varianza para determinar el tamaño de la muestra dentro de cada corregimiento. Según Klinger (2010), en el muestreo aleatorio estratificado una vez identificado el tamaño de la muestra n , se debe definir o asegurar la participación en dicha muestra de todos los estratos previamente definidos, mediante una cuota de unidades de cada estrato.

En el desarrollo de este proceso se determinó la siguiente Notación y Parámetros:

7.3.3.1. Notación:

1. N : Tamaño de la Población.
2. N_h : Número total de unidades en el estrato h .
3. n_h : Número de unidades en la muestra en el estrato h .
4. X_{ih} : Valor obtenido en la unidad i en el estrato h .
5. $W_h = \frac{N_h}{N}$: Ponderación del estrato h .

7.3.3.2. Parámetros:

Nivel de Significancia ($\alpha = 0.05$)

Nivel de Confianza ($(1 - \alpha) \times 100 = 95\%$)

Error Muestral ($\epsilon = 0.05$),

Varianza o Probabilidad ($P=0.5$)($Q=0.5$), Teniendo en cuenta que no se encontraron estudios pilotos o antecedentes sobre este tipo de investigación, se trabajó con la máxima variabilidad representada.

Distribución de los Datos: $Z_{\alpha/2} = 1.96$; para $\alpha = 0.05$

7.3.4. Muestreo Municipio de Yumbo

Población Total: 122 predios

Corregimiento: Sector Acopi Arroyohondo

Tabla 7. 12. Clasificación de las variables del Municipio de Yumbo.

YUMBO		
Estratos	YAB2	75
	YAB1	19
	YAC2	11
	YAK1	4
	YAA2	3
	YAS2	3
	YAJ2	2
	YAK2	2
	YAA1	1
	YAC1	1
	YAS1	1
Población Total		122
Muestra		33

También se organizó la base de datos del sector de Acopi del corregimiento de Arroyohondo del municipio de Yumbo.

7.3.5. Muestreo Municipio de Santiago de Cali

Población Total: 5189 predios

Comunas: 2, 16, 17 y Corregimiento Navarro.

Tabla 7. 13. Clasificación de las variables del Municipio de Santiago de Cali.

SANTIAGO DE CALI		
ESTRATOS	C1A1	1963
	C2A2	1203
	C3A2	1193
	C2A1	618
	C3A1	177
	C1A2	12
Población Total		5166
Muestra		154

Por último se organizó la base de datos del municipio de Santiago de Cali que son los barrios localizados en las comunas 2, 16 y 17 así como la verdea El Estero del corregimiento de Navarro.

En el Anexo A.3.7 se puede observar la formación de los estratos de acuerdo a las iniciales, según el Municipio, Corregimiento Usos del suelo distancias al río en metros.

7.3.6. Muestreo Municipio de Candelaria

Población Total: 3992 predios

Corregimientos: Carmelo, San Joaquín y Juanchito

Tabla 7. 14. Clasificación de las variables del Municipio de Candelaria.

CARMELO			JUANCHITO			SAN JOAQUÍN		
Estratos	CCA2	1676	Estratos	CJA1	210	Estratos	CSA1	1
	CCA1	1427		CJD1	158		CSD1	6
	CCK1	116		CJB1	99		CSD2	1
	CCK2	39		CJD2	46	Población Total		8
	CCB2	21		CJC1	44	Muestra (Censo)		8
	CCD1	15		CJJ1	28			
	CCP1	9		CJA2	22			
	CCD2	7		CJK1	19			
	CCF2	6		CJI1	13			
	CCJ1	6		CJI2	6			
	CCG1	4		CJJ2	3			
	CCP2	4		CJB2	1			
	CCC2	2		CJG1	1			
	CCB1	1		CJK2	1			
Población Total		3333	Población Total		651			
Muestra		107	Muestra		105			

Se organizó la base de datos de tal manera que se contara con la información de las variables de interés, se formaron los estratos dentro de cada uno los corregimientos del municipio de Candelaria que son (Carmelo, San Joaquín y Juanchito), esto de acuerdo a las características del predio.

7.3.7. Muestreo Municipio de Palmira

Población Total: 5596 predios

Corregimientos: Dolores, Cauca Seco, Juanchito

Tabla 7. 15. Clasificación de las variables del Municipio de Palmira.

DOLORES			JUANCHITO			CAUCA SECO		
Estratos	PDA1	25	Estratos	PJA	5104	Estratos	PSA1	1
	PDA2	45		PJD	51		PSA3	1
	PDA3	52		PJC	37		PSD1	2
	PDB1	7		PJB	7		PSD3	35
	PDB2	25		PJP	3	Población Total	39	
	PDB3	19		PJI	2	Muestra Censo	39	
	PDC1	14		PJJ	2			
	PDC2	28		PJK	2			
	PDC3	21		PJF	1			
	PDD1	5		Población Total	5209			
	PDD2	17		Muestra	103			
	PDD3	2						
	PDG2	2						
	PDI3	1						
	PDM2	1						
	Población Total	264						
Muestra	77							

Igualmente se organizó la base de datos con la información de las variables de interés de cada uno los corregimientos del municipio de Palmira que son (La Dolores, Cauca Seco y Juanchito), esto de acuerdo a las características del predio.

7.4. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD

Tal como se ha planteado conceptualmente, la evaluación del riesgo o escenario de afectación requiere de una correcta evaluación de los fenómenos naturales que se traducen en amenaza para una comunidad expuesta.

La evaluación de la amenaza presente en el área de estudio, fue realizada dentro del proyecto para caracterizar el comportamiento del fenómeno de inundación.

Los mapas de amenaza representan para los estudios de vulnerabilidad y afectación, uno de los insumos principales a partir de los cuales se puede determinar cuáles son las áreas y los elementos que se encuentran expuestos ante los distintos niveles de peligrosidad

determinados; de igual manera, permite estimar los efectos o daños esperados sobre cada uno de los elementos involucrados en el análisis.

El modelo conceptual y metodológico planteado, sugiere que la estimación del riesgo o afectación implica necesariamente la incorporación y la evaluación de los distintos elementos que se consideran expuestos o que se encuentran localizados dentro del área de influencia de un determinado fenómeno; por tal motivo, es importante realizar un inventario que facilite la localización espacial y una caracterización de dichos elementos, como base para la estimación de la exposición y la fragilidad previas al análisis y zonificación de la vulnerabilidad y el riesgo. De acuerdo con los alcances del proyecto, los elementos expuestos se clasifican en dos grupos: los corporales (los habitantes), y los estructurales (las edificaciones).

El análisis de la información sobre los elementos citados se obtuvo de diferentes fuentes, entre ellas la Oficina de Catastro Santiago de Cali, Secretarías de Planeación Municipales y SISBEN-2011; dicha información fue complementada con un trabajo de campo planificado en el que se recopiló la información pertinente para caracterizar y localizar los distintos elementos expuestos dentro del área de estudio.

Entre otras actividades, el trabajo de campo contempló la inspección ocular de las edificaciones identificando su estructura física y estado de conservación, y la entrevista con un informante idóneo por cada predio, capaz de suministrar la información necesaria para el análisis.

En el Anexo 7.4 correspondiente a la evaluación de la vulnerabilidad, donde se caracterizan los elementos expuestos, tanto corporales como estructurales, se describe el proceso de levantamiento del mismo y sus respectivos resultados. Así mismo se realizó una caracterización de la población y una aproximación del estado estructural de las edificaciones encuestadas en toda el área de estudio. Durante la inspección visual técnica de las edificaciones, se observaron las diferentes problemáticas en materiales, modos de construcción en muros portantes, disposición de cubiertas, etc. La inspección se realizó en las edificaciones correspondientes a los predios seleccionados aleatoriamente en la muestra. Además se describe el estado estructural de los puentes y sistema de acueducto y alcantarillado.

Por último, se diagnosticaron las patologías detallando los tipos de cimentación encontrados en las estructuras, el estado de las conexiones entre miembros estructurales, las causas de la aparición de humedades en muros y fallas en muros de mampostería. Se hace una evaluación

del estado de los servicios públicos domiciliarios de energía, acueducto y alcantarillado, puentes vehiculares y férreos y las vías públicas.

7.4.1. Evaluación del Grado de Exposición de los elementos Estructurales y Corporales

En términos generales, la exposición o concentración hace referencia a los elementos, tanto estructurales como no estructurales de una determinada área geográfica, que por su localización son potencialmente afectables ante la ocurrencia de un evento amenazante. Algunos autores introducen un concepto independiente, el concepto de *exposición*, para designar el conjunto de elementos (personas y bienes) que se encuentran en el área de influencia de una determinada amenaza.

La exposición es entendida en este proyecto como una relación entre la peligrosidad y la densidad de los elementos en contacto directo con la misma, es decir aquellas edificaciones y personas asentadas sobre áreas con un cierto nivel de amenaza.

Uno de los principales insumos para determinar el grado de exposición de una zona, es la zonificación de la amenaza (en su escenario más crítico); esta información permite evaluar la relación de los elementos expuestos en contacto con la amenaza y de esta manera identificar los niveles de exposición.

Desde el punto de vista de la planificación y gestión del riesgo, es necesario contar con el aporte de la exposición de los elementos para determinar quiénes, qué, cuántos y dónde están distribuidos dichos elementos y bajo qué condición de amenaza se encuentran, a fin de tomar decisiones y medidas concretas de mitigación.

Así pues, se logró obtener un mapa de exposición de cada elemento para la zona de estudio en donde se representan las áreas geográficas más expuestas ante inundaciones.

7.4.1.1. Evaluación de la Vulnerabilidad Corporal

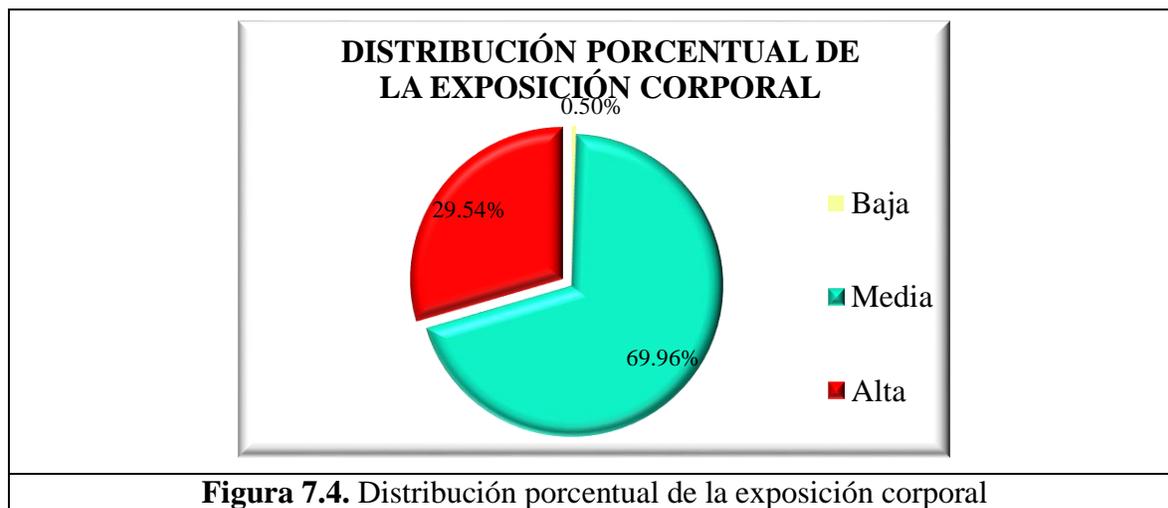
7.4.1.1.1. Mapa de Exposición Corporal

En la Figura 7.4 se puede observar que el 29,54 % de la población presenta exposición corporal alta, esto se debe a que se encuentran en contacto prácticamente directo con el grado de amenaza. Esto puede evidenciarse en los asentamientos cuya ubicación se encuentra en franja invasión de la zona de protección del río Cauca, donde los habitantes de algunos de los caseríos y centros poblados insertos en el área de estudio han construido sus viviendas

sin tener en cuenta las normas que regulan la franjas de protección de los ríos. Para el caso del río Cauca, la zona de protección según el Acuerdo CVC 052 de 2011 debe ser de 60 metros en los centros urbanizados y 30 metros en zonas rurales con usos de suelo agrícola. Para el caso concreto del municipio de Candelaria mediante la Resolución 100 N° 0720-0730 del 04 de diciembre de 2014 se establece en los preacuerdos del PBOT que la zona de protección es a 100⁷ metros. Lo anterior muestra una situación crítica en este municipio, concretamente en algunos predios ubicados en Juanchito, debido a que en la zona se pueden observar asentamientos cuya exposición sobrepasa los límites de la zona de protección.

En cuanto a la Exposición corporal media, esta se encuentra representada en el 69,96%, lo cual indica que aunque existe cercanía con el grado de amenaza la población no se encuentra muy expuesta.

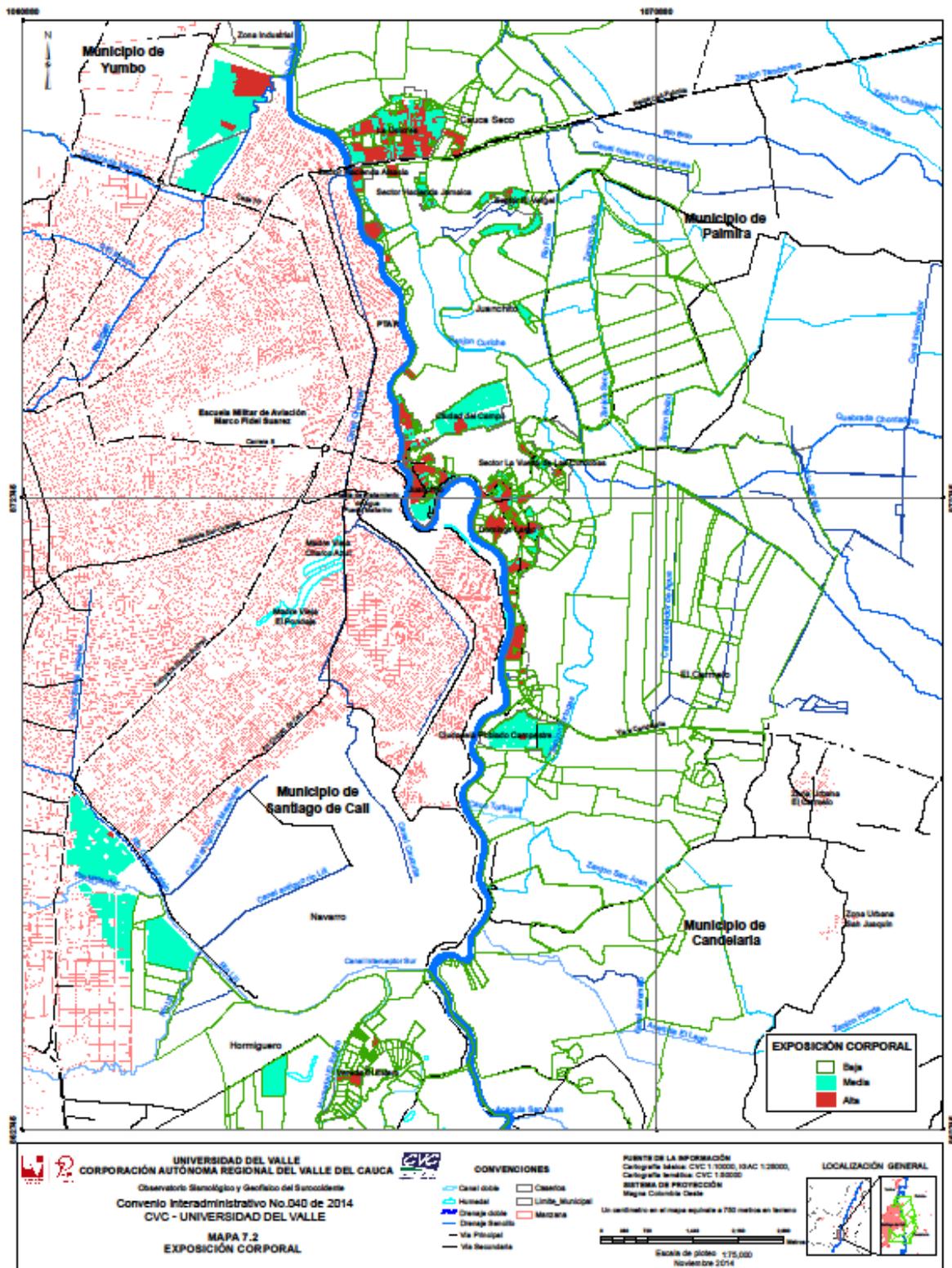
En cuanto a la exposición corporal baja, esta representa el 0,50% del área de estudio, lo cual se explica una escasa parte de la población vive en zonas aptas y cuenta con las condiciones apropiadas para su desarrollo humano y social. Estas condiciones pueden observarse en sectores como, Brisas de los Álamos, y El Caney.



El Mapa 7.2 representa los niveles de exposición de la población respecto a las condiciones de amenaza por inundación en la zona de estudio.

⁷ **Art. 41.** Reglamentación de usos en zonas de riesgo. En las áreas de riesgo no mitigable (riesgo alto). (...), se llevará a cabo los programas de reubicación de los asentamientos existentes, y sobre las áreas liberadas se deberá desarrollar programas de recuperación ambiental, teniendo en cuenta que corresponde a suelos de protección.

Parágrafo 1. (...). Para el río Cauca se define un área paralela al cauce correspondiente a 100 metros en todo el recorrido del territorio municipal, dentro la cual se prohíben construcciones nuevas o consolidación de edificaciones existentes y cualquier uso diferente a la protección reservando así el área para la construcción de obras de mitigación a que haya lugar respetando el área forestal protectora establecida por la Gobernación del Valle del Cauca mediante el Decreto Extraordinario 1409 de 1985. De manera complementaria, el ancho de la obra de mitigación marginal al río Cauca se medirá y construirá a partir de los 100 metros y hacia el interior de la franja en dirección al cauce



Mapa 7.2. Exposición Corporal

7.4.1.1.2. Mapa Fragilidad Corporal

En cuanto a la Fragilidad Corporal en la zona de estudio se puede observar, según la Figura 7.5, que el 57,12% de la población presenta Fragilidad Corporal Media, lo cual se sustenta en que los mayores centros poblados que son Ciudad del Campo, Poblado Campestre y un amplio sector del Barrio Brisas de los Álamos y Brisas del Limonar de la ciudad de Santiago de Cali presentan condiciones socioeconómicas adecuadas, es decir, cuentan con algún tipo de afiliación a salud, nivel educativo básico a media, etc. lo cual reduce significativamente su predisposición a sufrir daños ante la amenaza.

El 13,12% de la zona de estudio presenta Fragilidad Corporal Alta, corresponde a grupos poblacionales cuyas condiciones de salud, escolaridad y economía se encuentran en niveles deficientes, presentan debilidades en cuanto al conocimiento de la amenaza y no tienen ningún tipo de preparación para hacerle frente a las posibles emergencias que puedan presentarse. Por otro lado, esta franja de población se encuentra en el rango de escolaridad básico, es decir solo cuentan con educación primaria y muy pocos secundaria.

El 29,76% del área de estudio presenta Fragilidad Corporal Baja, evidente en los barrios cuya población registra adecuadas condiciones económicas, salud, educación, corresponden a este un sector de la población en Brisas de los Álamos, Ciudad 2000 y el Caney del municipio de Santiago de Cali.

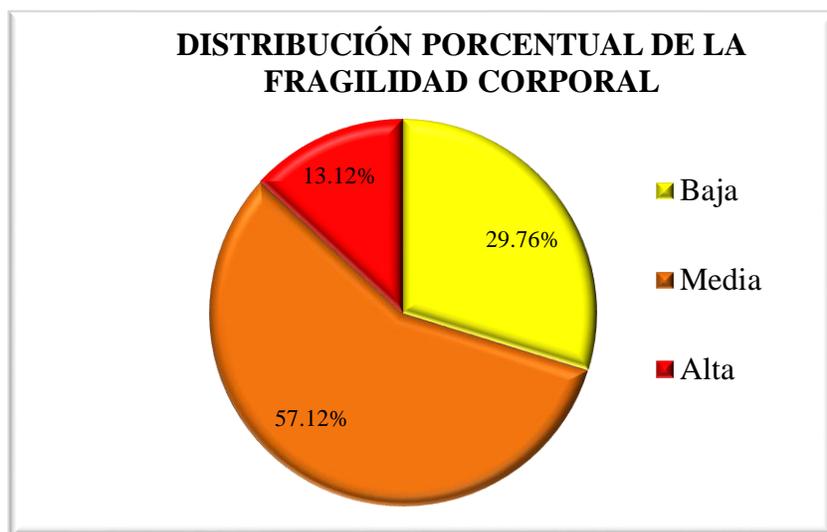
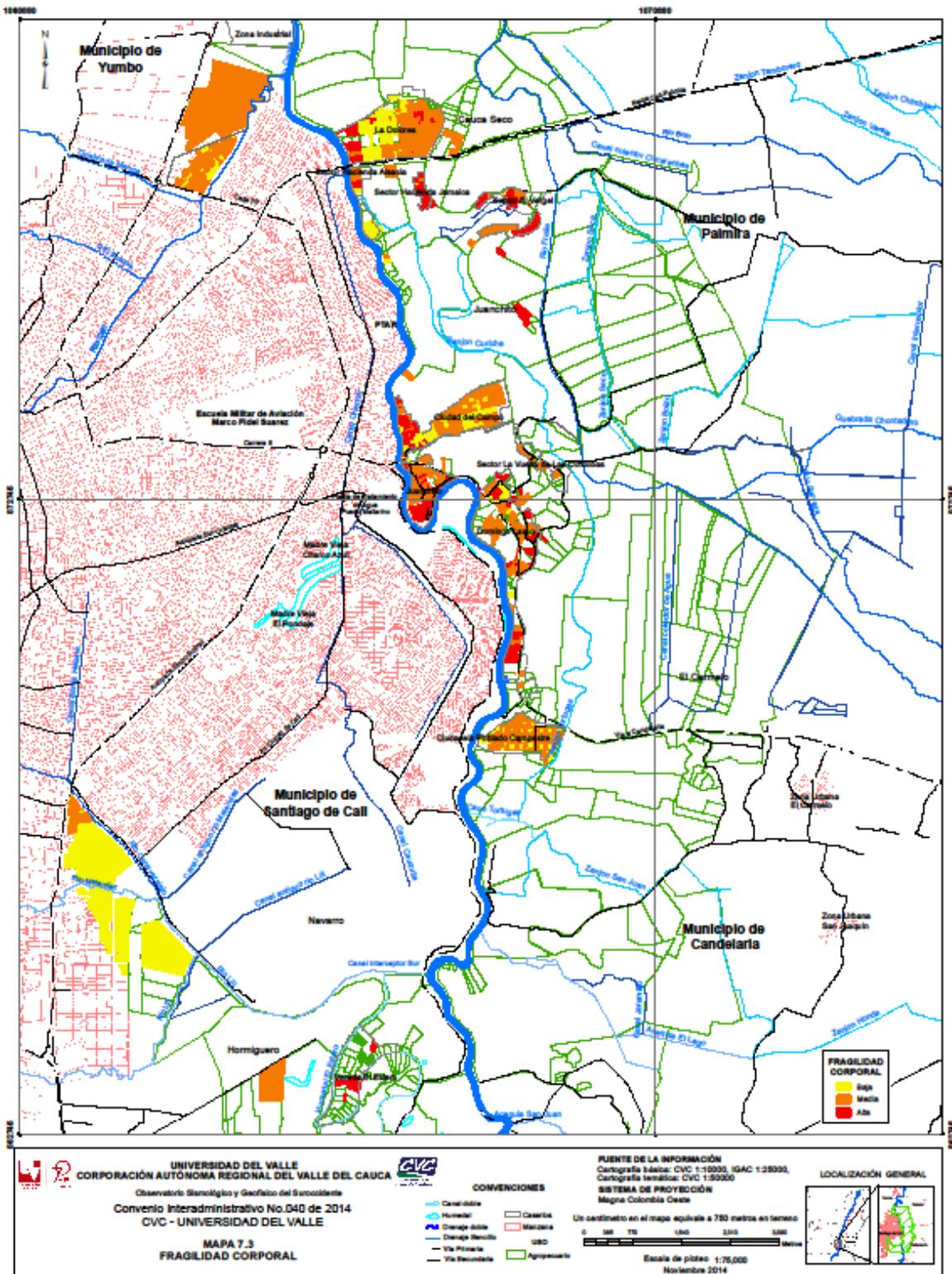


Figura 7.5. Distribución porcentual de la Fragilidad Corporal

El Mapa 7.3 indica las condiciones de Fragilidad de la población ante la amenaza por inundaciones en la zona de estudio.



Mapa 7.3. Fragilidad Corporal

7.4.1.1.3. Mapa de Capacidad Corporal

Según la Figura 7.6, el 6,41% de la población presenta Capacidad Corporal Baja, lo que se expresa en una inadecuada condición económica que puede verse en sectores de la población que no cuentan con ahorros, ayudas provenientes del exterior, ausencia de capacitación para la gestión del riesgo, en general precarias condiciones socioeconómicas.

En cuanto a la Capacidad Corporal Media, ésta se presenta en el 87,97% de la población, expresándose ello en grupos con condiciones socioeconómicas aceptables, representados en niveles medios de escolaridad y conocimiento de acciones para la gestión del riesgo, conocimiento de sistemas de alerta temprana.

En cuanto a la Capacidad Corporal Alta, ésta se encuentra representada por el 5,62% de la población, lo cual corresponde a los sectores donde la población presenta buenas condiciones socioeconómicas.

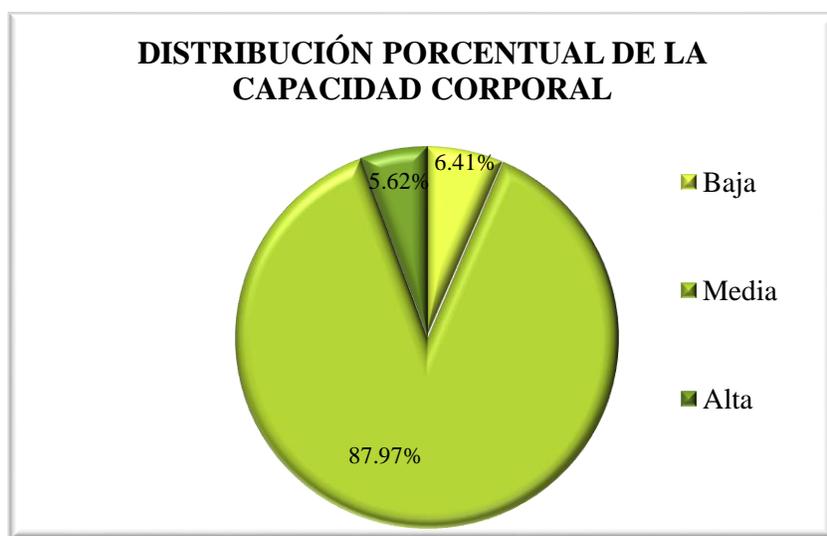
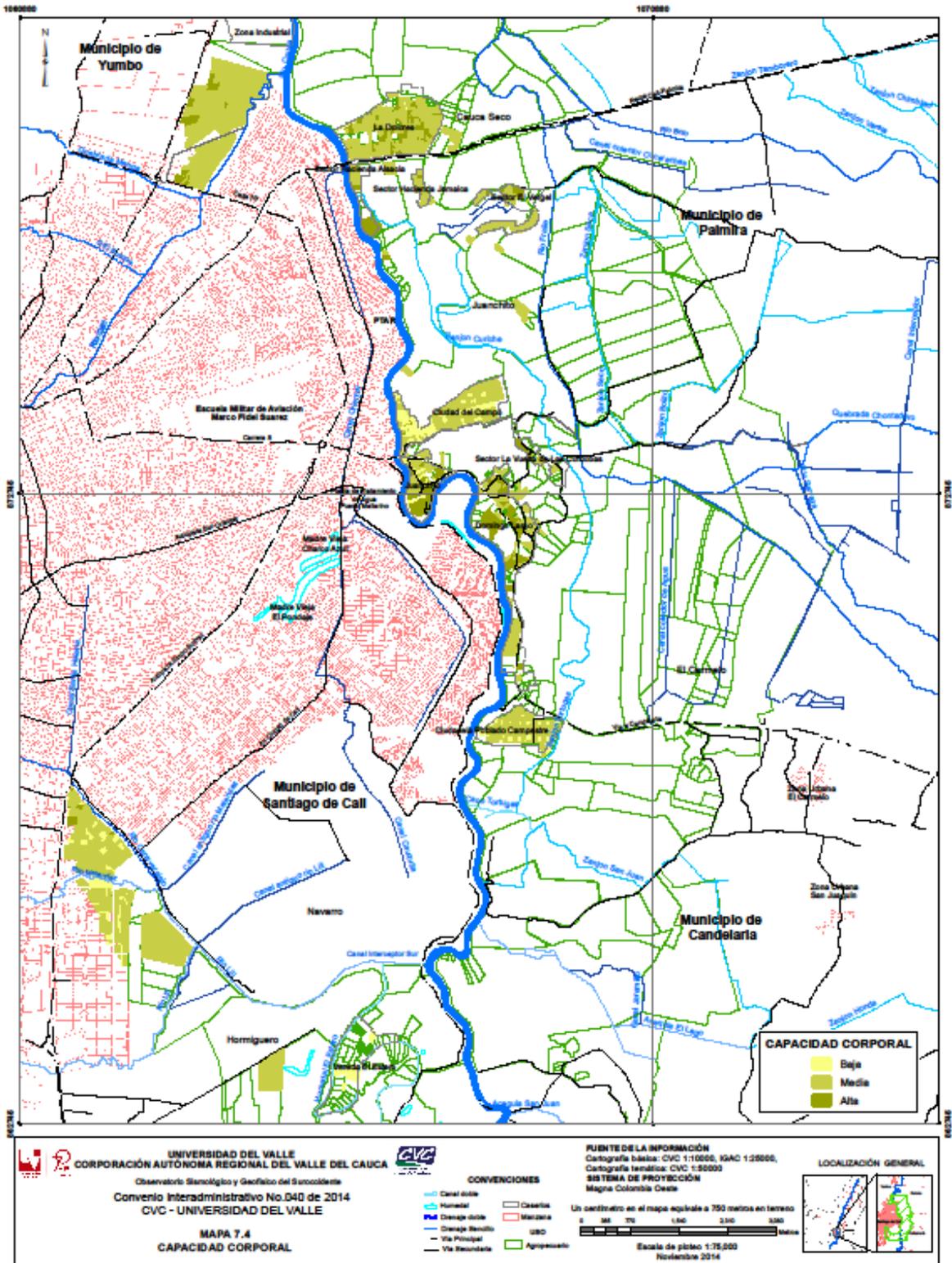


Figura 7.6. Distribución porcentual de la Capacidad Corporal

En el Mapa 7.4 se muestra la distribución espacial de las condiciones o capacidades que tiene la comunidad para enfrentar la amenaza por inundación en la zona de estudio.



Mapa 7.4. Capacidad Corporal

7.4.1.1.4. Mapa de Vulnerabilidad Corporal

En cuanto a la Vulnerabilidad Corporal Baja, se muestra en la Figura 7.7, que ésta se expresa en el 38,14% de la zona de estudio representada por población con condiciones socioeconómicas adecuadas en términos de la relación entre la fragilidad y las capacidades; esta población presenta escasa exposición frente a la amenaza y en general buenas condiciones de adaptación al espacio geográfico en el que habitan.

El 50,20% de la población presenta Vulnerabilidad Corporal Media, lo cual se sustenta en aceptables condiciones socioeconómicas, evidentes al poner en interacción las variables de fragilidad, la exposición a la amenaza y las capacidades, estas condiciones pueden observarse en los centros poblados como Poblado Campestre, Ciudad del Campo y Brisas del Limonar en Cali.

La población con Vulnerabilidad Corporal Alta corresponde al 11,66%, este sector presenta deficientes condiciones socioeconómicas representadas en bajos niveles de capacidad y fragilidad creciente. Los grupos poblacionales en esta condición de vulnerabilidad se encuentran ubicados en Juanchito, El Estero, urbanización Pereira, Cauca Seco y un sector de La Dolores.

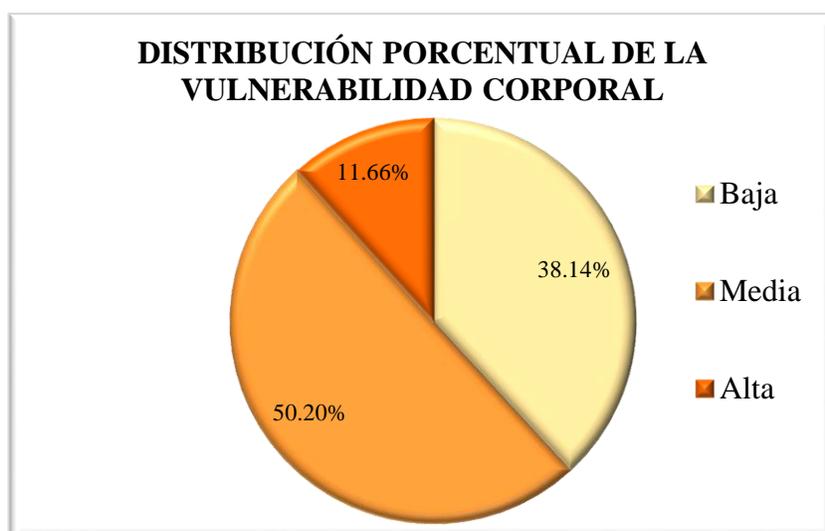
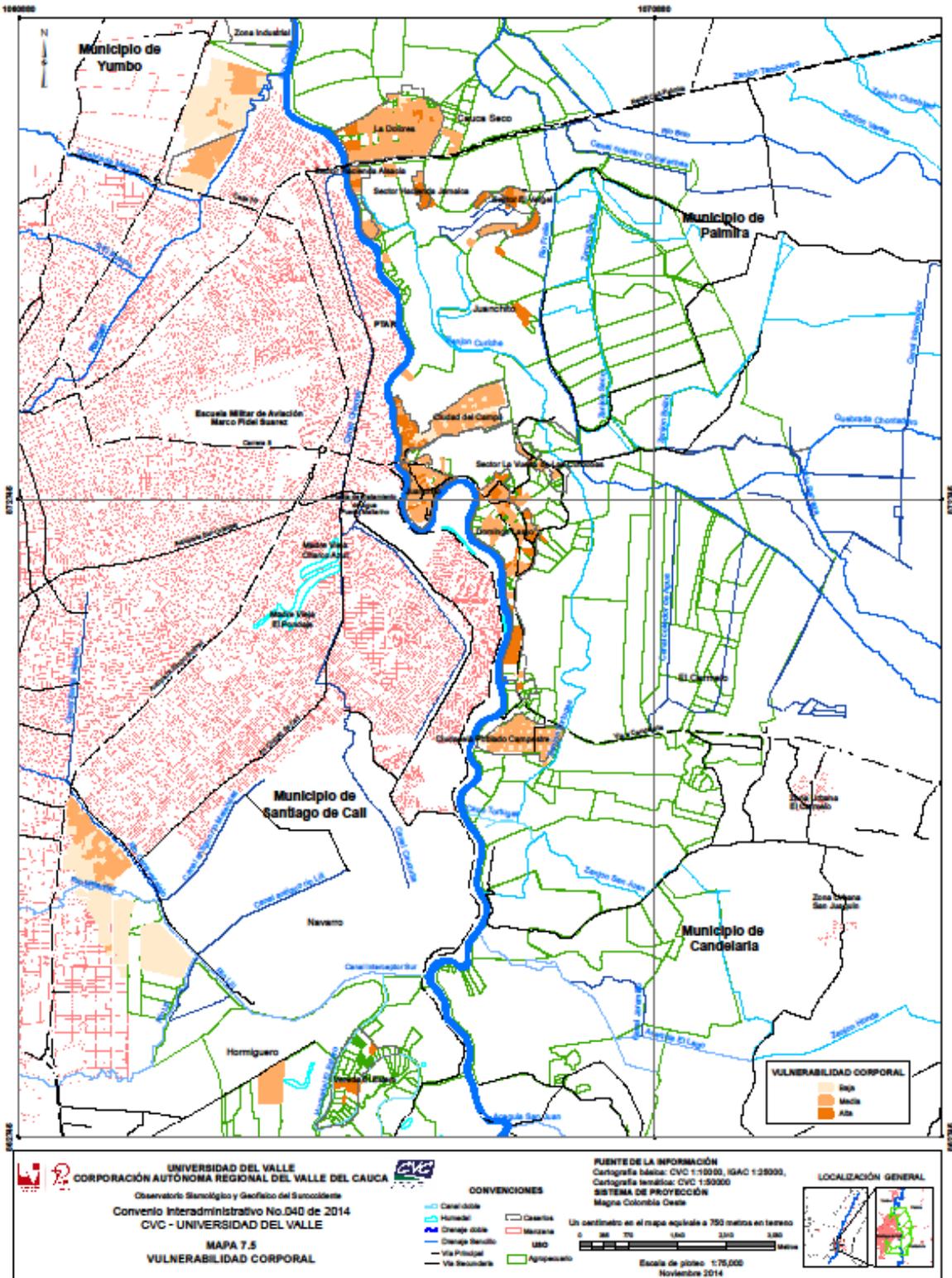


Figura 7.7. Distribución porcentual de la Vulnerabilidad Corporal

El Mapa 7.5 corresponde a la distribución espacial de la vulnerabilidad corporal en la zona de estudio.



Mapa 7.5. Vulnerabilidad Corporal

7.4.1.2. Evaluación de la Vulnerabilidad Estructural

7.4.1.2.1. Mapa de Exposición Estructural

En cuanto a la Exposición Estructural se puede observar, en la Figura 7.8, que el 69.76% de las edificaciones presenta Exposición Estructural Alta, lo cual indica que al estar construidas y localizasen en el nivel de amenaza alta, ante la ocurrencia del fenómeno de inundación las construcciones pueden ser frágiles, aunque las condiciones estructurales sean aceptables. Las edificaciones que quedaron bajo esta clasificación son las que se localizan en los corregimientos de La Dolores, Caucaesco y las Urbanizaciones Pereira y Ciudad del Campo en el municipio de Palmira, igualmente, los corregimientos de Juanchito en su centro poblado y el sector de Domingo Largo y en Poblado Campestre en el municipio de Candelaria, en Santiago de Cali un sector de los barrios Brisas del Limonar y de Ciudad 2000 y la vereda El Estero del corregimiento d Navarro; por último, un sector de la zona industrial del Acopi Yumbo.

La Exposición Estructural Media, se encuentra representada con el 11.89%, esto se debe a que se encuentran en contacto directo con el nivel de amenaza alta por inundación. Las edificaciones que quedaron bajo esta clasificación son: sectores de los barrios Brisas de Limonar y Ciudad 2000 en el municipio de Santiago de Cali y un sector de la zona industrial de Acopi del municipio de Yumbo localizado en el área de estudio

La Exposición Estructural Baja representa el 18,35% del área de estudio, lo cual explica que las edificaciones son menos frágiles, debido a sus condiciones estructurales. Las edificaciones que quedaron bajo esta clasificación son: el barrios Brisas de los Álamos y El Caney y sectores de los barrios Brisas del Limonar y Ciudad 2000 en el municipio de Santiago de Cali y un sector de la zona industrial de Acopi de Yumbo.

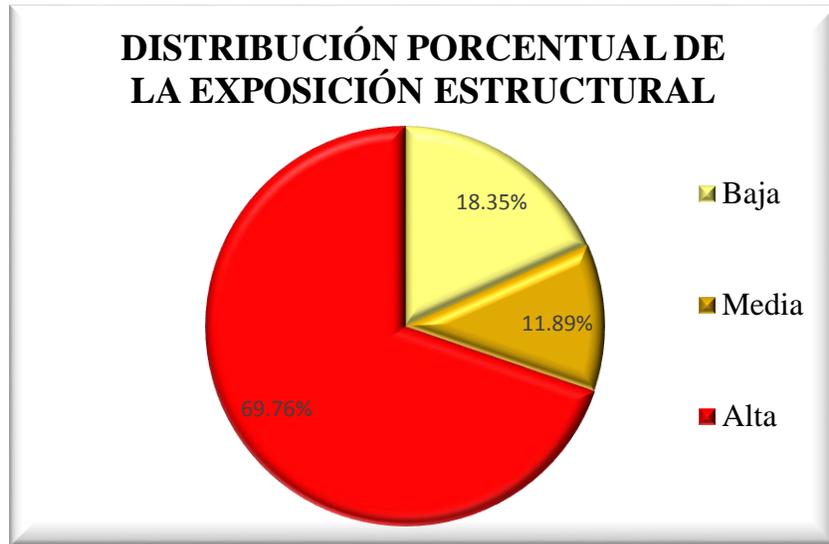
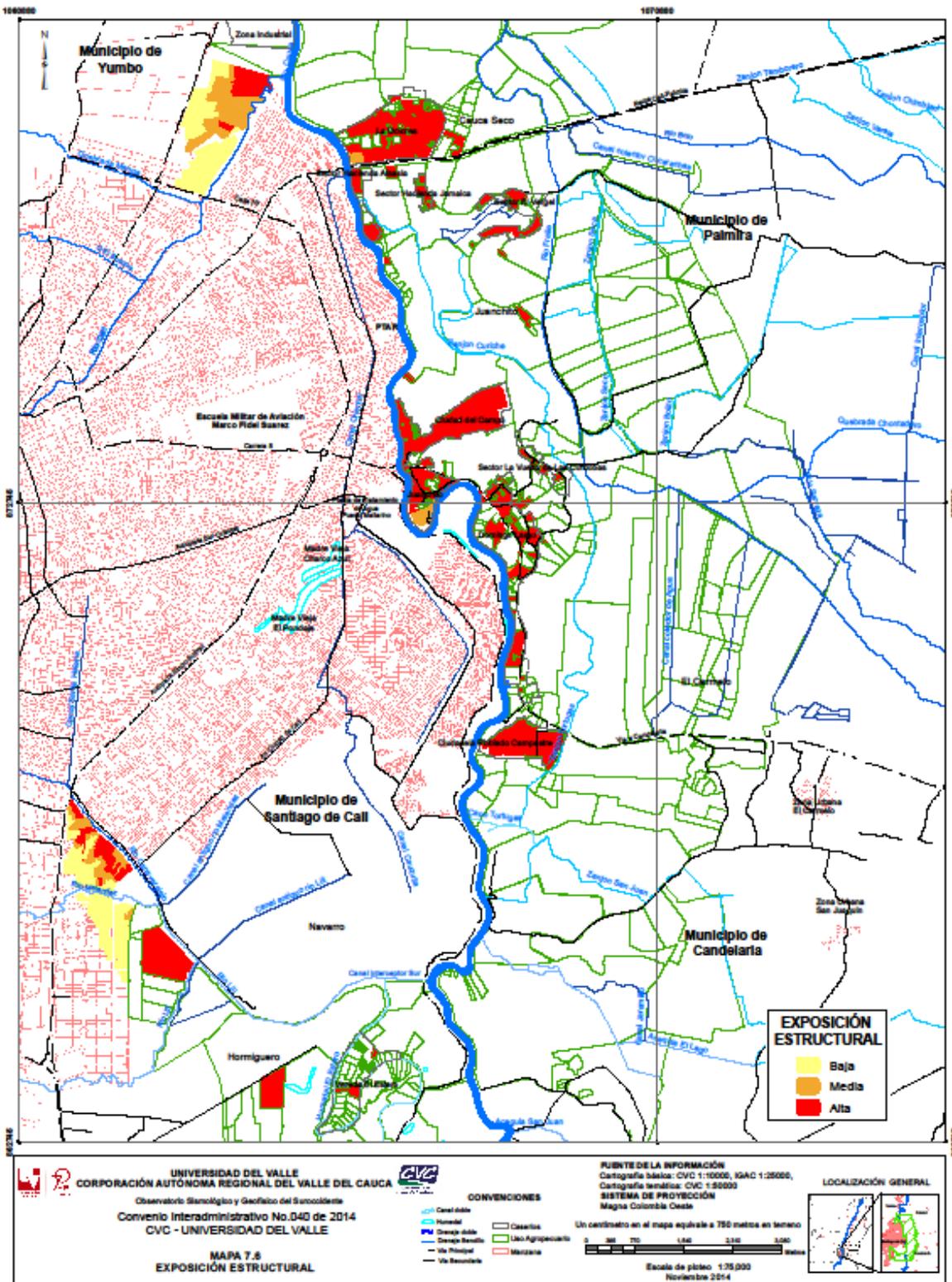


Figura 7.8. Distribución porcentual de la exposición estructural

El Mapa 7.6 muestra los niveles de exposición de las estructuras en relación con la amenaza por inundación en el área de estudio.



Mapa 7. 6. Exposición Estructural

7.4.1.2.2. Mapa de Fragilidad Estructural

La Fragilidad Estructural Baja, según se muestra en la Figura 7.9 está representada por el 51,92% de los predios del área de estudio, los cuales presentan buenas condiciones en cuanto a materiales y técnicas constructivas. Los predios ubicados en este rango corresponden a los barrios Brisas del Limonar, Ciudad 2000 y El Caney en Santiago de Cali, el sector de Acopi en el municipio de Yumbo.

En cuanto a la Fragilidad Estructural Media, ésta se encuentra representada en el 28,03% de los predios estudiados, los cuales presentan condiciones constructivas y materiales aceptables. A este rango corresponden algunos predios de Urbanización Ciudad del Campo en Juanchito, predios de Caucaseco y La Dolores en Palmira, edificaciones del centro poblado de Juanchito, Domingo Largo y Poblado Campestre en Candelaria, por último las edificaciones del barrio Brisas de los Álamos en Santiago de Cali.

La Fragilidad Estructural Alta, corresponde al 20,05% de los predios de la zona de estudio, con condiciones de construcción deficientes, ya que, los materiales son precarios. Las edificaciones ubicadas en este rango se encuentran en sectores de Juanchito y Domingo Largo en Candelaria, Cauca Seco, Urbanización Pereira y La Dolores en Palmira y la vereda El Estero en Santiago de Cali.

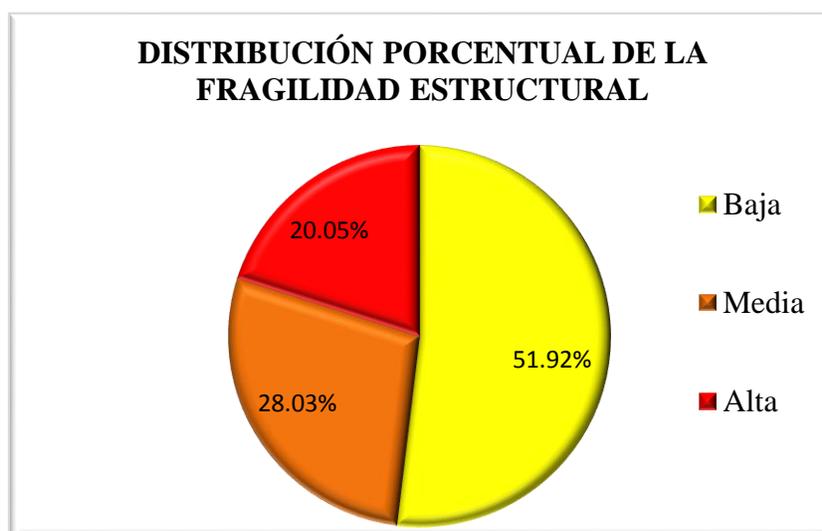
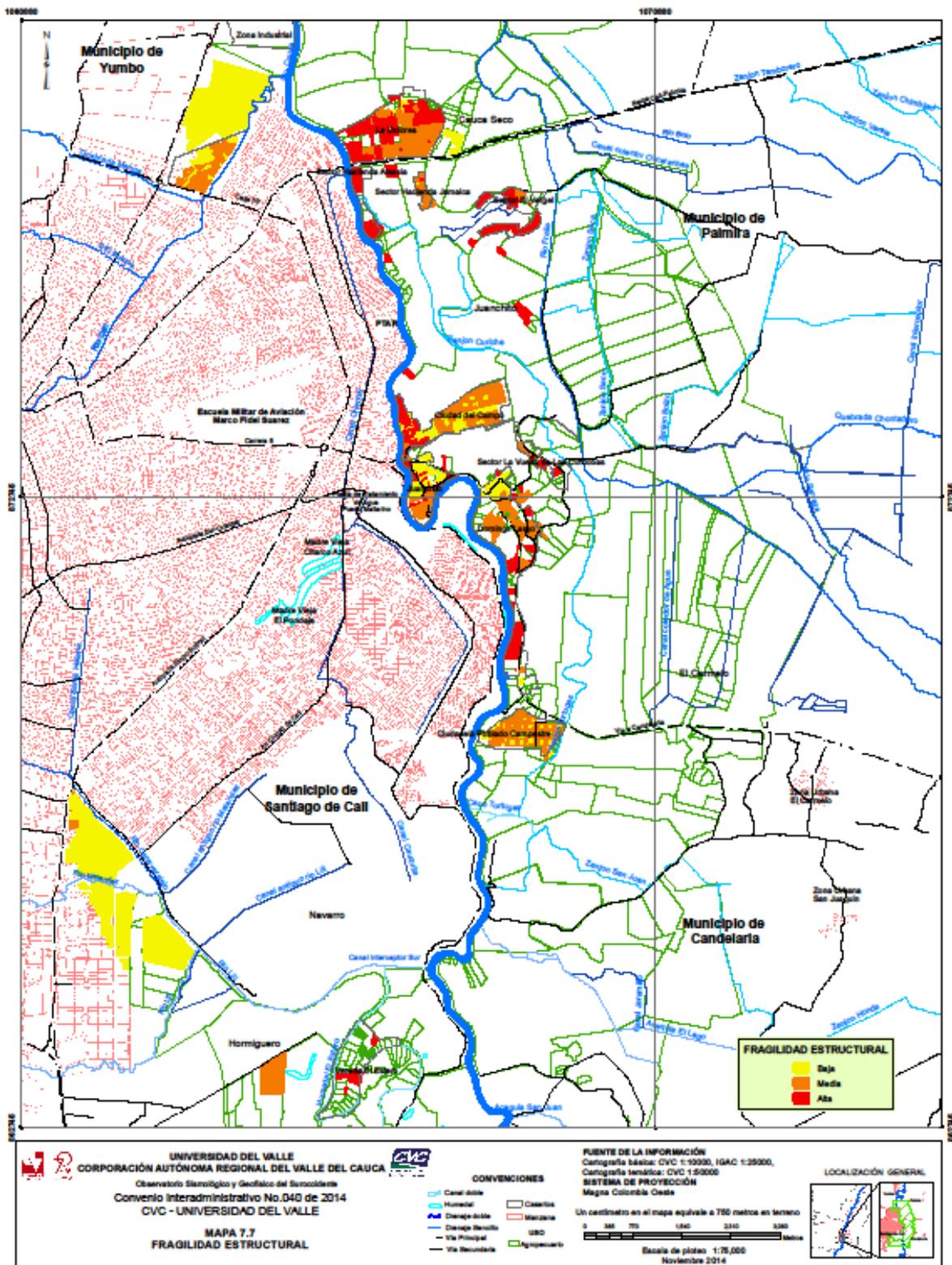


Figura 7.9. Distribución porcentual de la Fragilidad Estructural

El Mapa 7.7 muestra la distribución espacial de las condiciones de Fragilidad estructural en la zona de estudio.



Mapa 7.7. Fragilidad Estructural

7.4.1.2.3. Mapa de Capacidad Estructural

La Capacidad Estructural Baja, según la Figura 7.10, está representada por el 14,68% de los predios, los cuales presentan condiciones deficientes de infraestructura en servicios públicos, sistemas de evacuación de aguas como motobombas, falta de alcantarillados, diques insuficientes. Los predios ubicados en este rango se encuentran en sectores de Cauca Seco, El Estero, La Dolores y Juanchito (Candelaria).

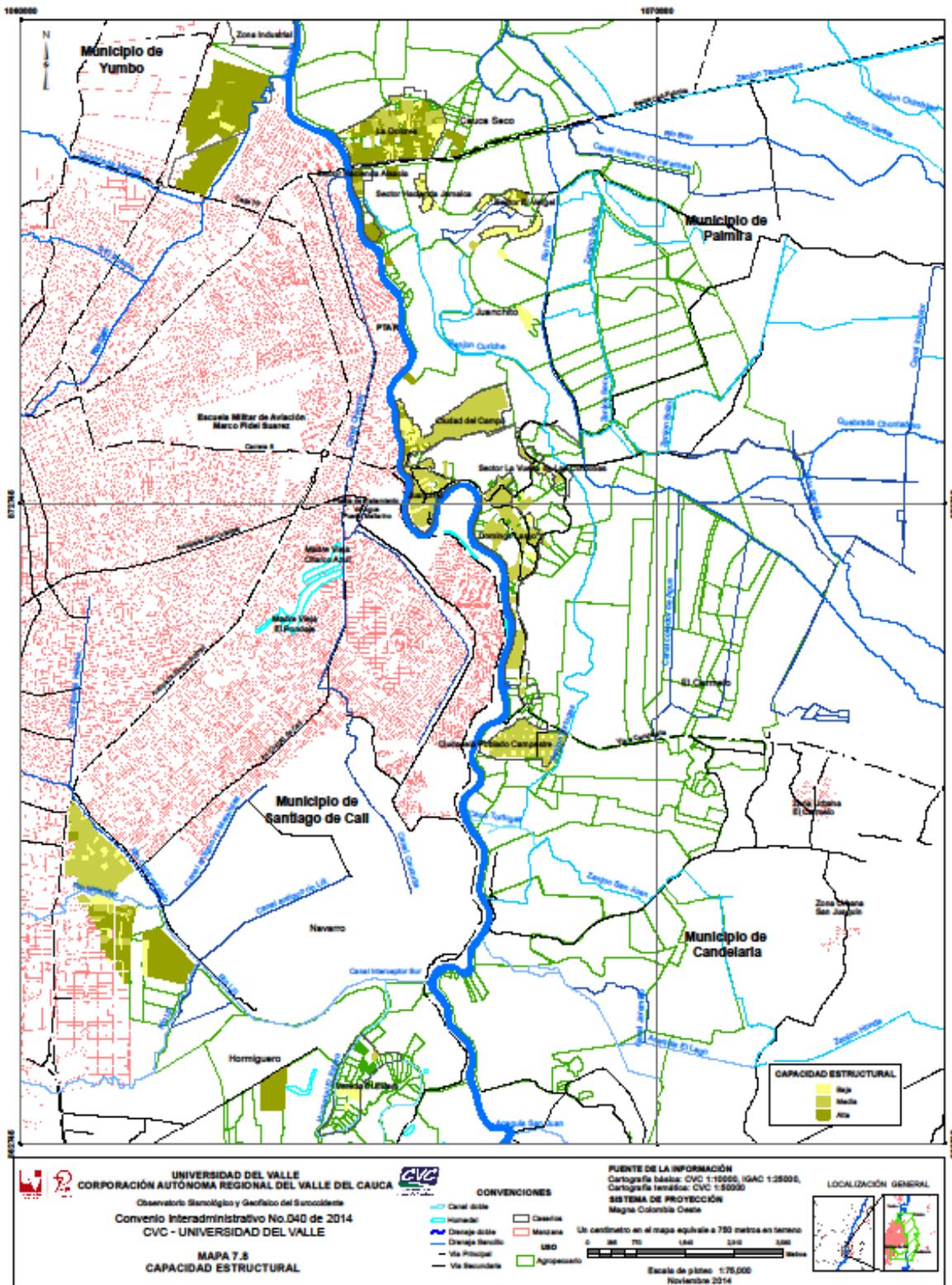
En cuanto a la Capacidad Estructural Media, ésta se encuentra representada en el 36,51% de los predios de la zona de estudio con condiciones de infraestructura de servicios públicos aceptables, que indican ausencia de motobombas, diques en regular estado. A este rango corresponden los predios ubicados en sectores de Brisas del Limonar, Ciudad 2000 en Santiago de Cali, las Urbanizaciones Pereira y Ciudad del Campo en Juanchito, el sector industrial de La Dolores del municipio de Palmira, por último, un edificaciones de Domingo Largo y Poblado Campestre en Candelaria.

El restante 48,81%, presenta condiciones de Capacidad Estructural Alta, que corresponde a los predios de la zona de estudio que cuentan con motobombas, diques, alcantarillados y poseen infraestructura de servicios públicos. Este rango se ubica en sectores, Brisas de los Álamos y El Caney en Santiago de Cali, el sector de industrial de Acopi en Yumbo y edificaciones de la Dolores en Palmira.



Figura 7.10. Distribución porcentual de la Capacidad Estructural

El Mapa 7.8 representa de manera espacial la distribución de las condiciones de capacidad de las Estructuras para contrarrestar la severidad de la amenaza por inundaciones en la zona de estudio



Mapa 7. 8. Capacidad Estructural

7.4.1.2.4. Mapa de Vulnerabilidad Estructural

La Figura 7.11 muestra que la Vulnerabilidad Estructural Baja, corresponde al 58,08% del área de estudio representada por predios que cuentan con condiciones adecuadas tanto en aspectos constructivos como materiales y técnicas. Este rango corresponde a la mayoría de los barrios como El Caney, Brisas de los Álamos y sectores de Ciudad 2000, y Brisas del Limonar en Santiago de Cali, el sector industrial de Acopi en Yumbo, edificaciones de los corregimientos de La Dolores y Caucaseco

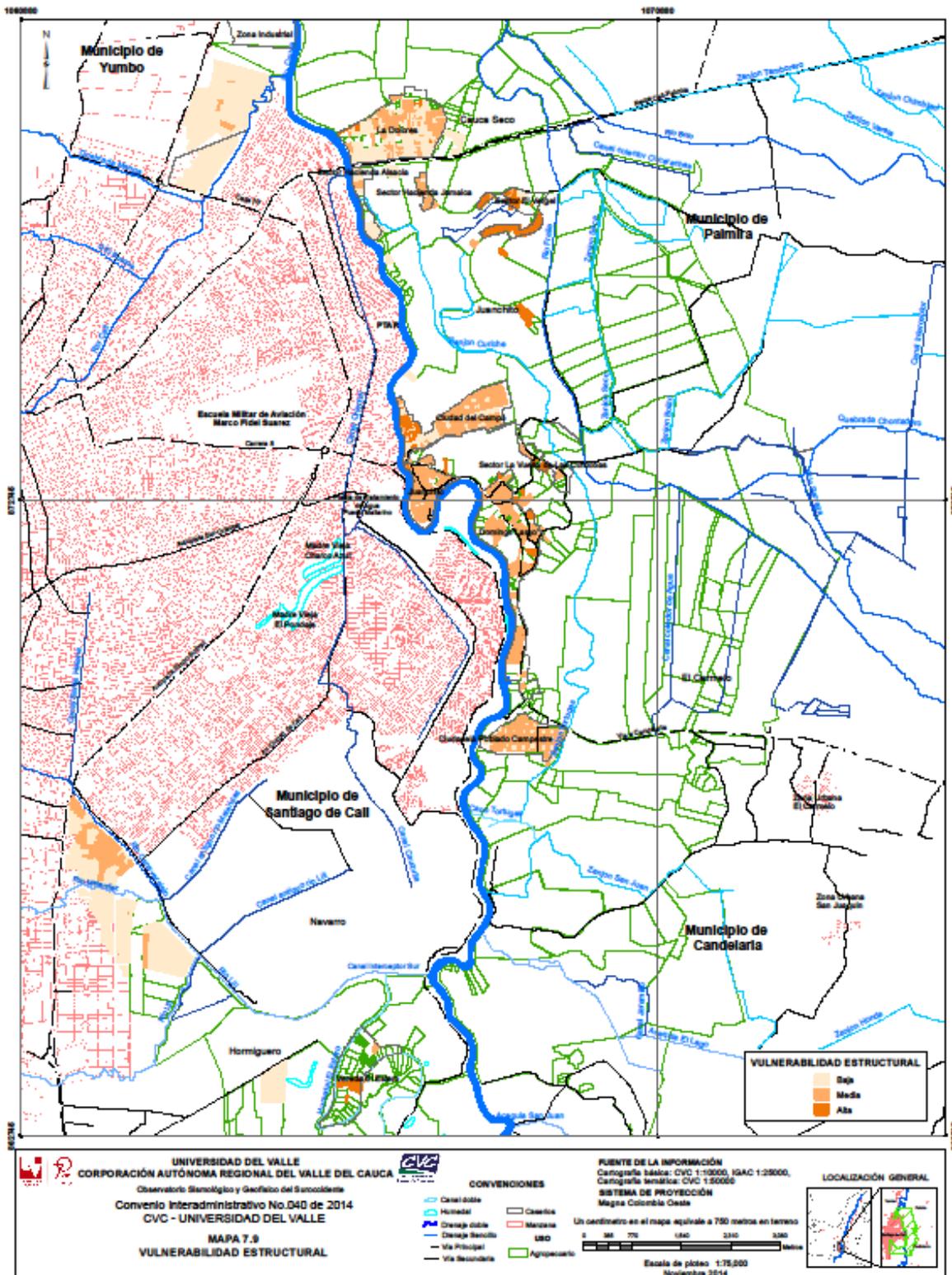
El 35,13% de los predios estudiados presentan vulnerabilidad Estructural Media, lo cual se sustenta en las edificaciones cuyos estándares constructivos son aceptables, presentan materiales apropiados, infraestructura básica y alcantarillados incipientes. A este rango corresponden los sectores de los barrios Ciudad 2000 y Brisas del Limonar en Santiago de Cali, La Dolores, Caucaseco, las Urbanizaciones Pereira y Ciudad del Campo en Palmira y centros poblados de Juanchito, Domingo Largo y Poblado Campestre en Candelaria.

El 6,79% de las edificaciones estudiadas presentan Vulnerabilidad Estructural Alta, las cuales se encuentran construidas de manera deficiente con materiales precarios y en ausencia de diques apropiados, motobombas y demás condiciones de infraestructura básica. En este rango se pueden ubicar sectores de Juanchito, La Dolores y Caucaseco en Palmira, la vereda El Estero en Santiago de Cali y Domingo Largo en Candelaria



Figura 7.11. Distribución porcentual de la Vulnerabilidad Estructural

El Mapa 7.9 muestra la condición de vulnerabilidad estructural ante la amenaza por inundaciones en la zona de estudio.



Mapa 7.9 Vulnerabilidad Estructural

7.4.1.3. Mapa de Vulnerabilidad Total

Según muestra la Figura 7.12, el 96.56% del área de estudio se encuentra en situación de Vulnerabilidad Baja correspondiente a los centros poblados cuyas condiciones de infraestructura, economías y en general medios de subsistencia son adecuados. En este rango se pueden ubicar El Caney, Ciudad 2000 y Brisas de los Álamos en el municipio de Santiago de Cali, las áreas industriales y comerciales de Acopi en el municipio de Yumbo, y La Dolores en el municipio de Palmira, además el área Agrícola de los municipios de Palmira y Candelaria. Los resultados responden a la desigual proporción en la relación área población, donde el área de estudio está determinada por extensas zonas de cultivos y algunos centros poblados lo cual determina significativamente las densidades obtenidas

Es importante recalcar que aunque en el estudio ésta población se encuentra con vulnerabilidad baja, esto no debe entenderse como excusa para no implementar programas para la reducción de la vulnerabilidad, porque los límites de esta pueden ser de gran sensibilidad sobre todo en aspectos socioeconómicos donde interviene la estabilidad en el empleo y demás indicadores que pueden fluctuar, de otro lado, el dinamismo propio de los procesos sociales en interacción con las condiciones de amenaza como factores de cambio permanente que condicionan el espectro de la vulnerabilidad hacen necesario la implementación de programas y proyectos de largo alcance enfocados en la reducción de este componente central del riesgo.

En cuanto a la Vulnerabilidad Media, ésta se expresa en el 2.36% del área de estudio representada en los asentamientos cuyas condiciones socioeconómicas y en general medios de subsistencia son aceptables. A este rango corresponden los centros poblados de la Urbanización Ciudad del Campo, un sector de la Urbanización Pereira, La Dolores y Caucaseco en el municipio de Palmira, Poblado Campestre, predios industriales de Domingo Largo y Juanchito en el municipio de candelaria; igualmente, sectores de los barrios Brisas del Limonar y Ciudad 2000 en el municipio de Santiago de Cali. En estos núcleos poblacionales es necesario implementar estrategias para la reducción de la vulnerabilidad social.

El 1,08% del área de estudio se encuentra en Vulnerabilidad Alta, esto corresponde a las zonas que presentan mayor contacto con la amenaza, sus condiciones socioeconómicas son precarias y poseen escasa o nula capacidad de respuesta para hacer frente a situaciones adversas, a este rango de vulnerabilidad pertenecen sectores de Juanchito en la Urbanización Pereira, La Dolores y Caucaseco en Palmira, la vereda El Estero en el corregimiento de Navarro en el municipio de Santiago de Cali, por último se encuentra sectores de la vereda Domingo Largo y el centro poblado de Juanchito en el municipio de Candelaria y. Algunos

de estos asentamientos presentan condiciones que demandan atención prioritaria por parte de las autoridades porque pueden ser muy frágiles ante la ocurrencia de inundaciones. Ello se agrava si se tiene en cuenta su grado de exposición.

Se debe aclarar que este bajo porcentaje de condiciones de Vulnerabilidad Alta se presenta debido a que la densidad poblacional es baja en relación con el área geográfica estudiada, por lo cual tanto la exposición corporal como la estructural son bajas, a pesar de que puedan tener condiciones altas de fragilidad y bajas capacidades para contrarrestar lo anterior

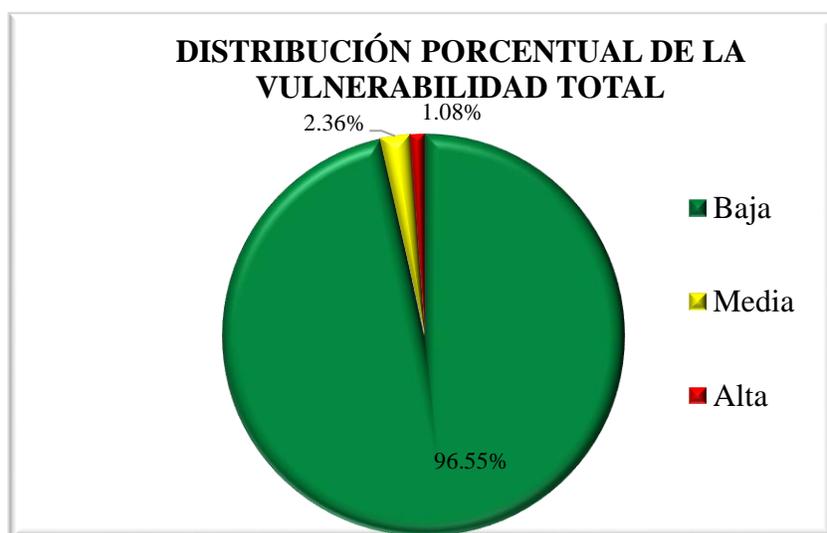
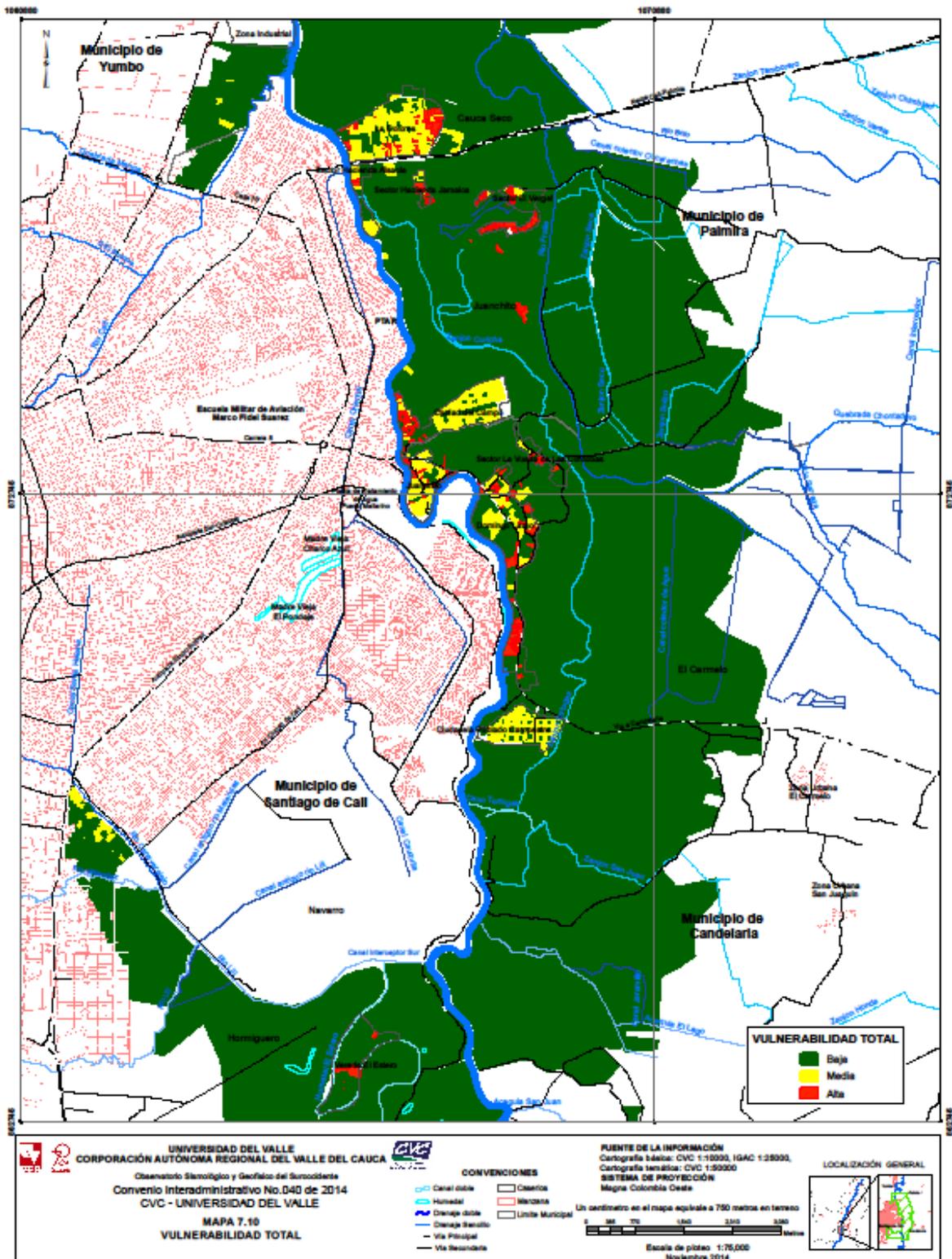


Figura 7.12. Distribución porcentual de la Vulnerabilidad Total

El Mapa 7.10 presenta la distribución espacial de las condiciones de las condiciones de Vulnerabilidad ante la amenaza por inundación en la zona de estudio



Mapa 7. 10. Vulnerabilidad Total

7.4.1.4. Mapa de Afectación Total por Inundación

La relación entre el peligro de un fenómeno natural y las condiciones vulnerables creadas por una comunidad en su entorno físico y social es lo que determina el grado de afectación que pueda sufrir la misma. La importancia de elaborar un mapa de afectación, en las áreas vecinas al proyecto *Plan Jarillon de Cali*, por fenómenos de inundación a partir del desarrollo de la metodología propuesta en este estudio, se ve reflejada en el gran aporte que realiza al entendimiento del origen y comportamiento de escenarios de riesgo en los que sin duda, es el primer paso para estructurar y aplicar acciones que eviten, en la medida de lo posible, pérdidas humanas y materiales, como consecuencia de la acción de dichos fenómenos.

En cuanto a los resultados arrojados por la evaluación de la afectaciónn el Mapa 7.11, las áreas vecinas al proyecto *Plan Jarillon de Cali* son zonas que presentan riesgo a inundarse; puesto que se tiene registro de haberse presentado varias inundaciones desde los años 1949 hasta el 2012 afectado gran cantidad de población, edificaciones y cultivos de caña de azúcar. Pese a esta situación en la zona se han localizado varios centros poblados con alta densidad poblacional, además de empresas e industrias, por lo cual deberán ser tenidas en cuenta dentro de planes de reubicación para evitar futuros escenarios de desastre.

Es así como en la zona de estudio ante los fenómenos de inundación se clasificaron en tres niveles de afectación diferenciados en Alta Media y Baja (Figura 7.13 y Mapa 7.11):

Afectación Baja: La zona se caracteriza por presentar niveles de amenaza relativamente bajos al igual que condiciones de vulnerabilidad bajas con el 13%. Los daños que pueden presentarse en las edificaciones son ligeros no estructurales sin que se vea afectada la estabilidad de las mismas; en la zona agrícola los cultivos principalmente de caña de azúcar podrán resistir, aclarado que la afectación a los cultivos, está asociada a la edad de la Plata. Las áreas que quedaron bajo esta clasificación son sectores de los barrios Brisas del limonar, de Ciudad 2000 y el Caney en el municipio de Santiago de Cali, un sector de Acopi en Yumbo y un sector agropecuario de los municipios de Palmira y Candelaria

Afectación Media: corresponde al 60.09% la zona se caracteriza por presentar niveles de amenaza moderada, al igual que niveles de vulnerabilidad socioeconómica y estructural relativamente moderados. Aquí deben realizarse pequeñas obras de mitigación para reducir la amenaza; así mismo deben desarrollarse programas tendientes a la reducción de la vulnerabilidad de la población y la adecuación de las edificaciones que presentan problemas estructurales considerables.

Las áreas que quedaron bajo esta clasificación son el barrio Brisas de los Álamos, sectores de los barrios Brisas del Limonar y Ciudad 2000 y el área de expansión en el corregimiento del Hormiguero y el corregimiento de Navarro en el municipio de Santiago de Cali; mayoritariamente el área industrial y comercial de Acopi en Yumbo, un sector de la Dolores y los predios agropecuario de los municipios de Palmira y Candelaria. Además, los predios de uso público, como zonas verdes, canchas de futbol y parques de toda el área de estudio excluyendo los que se localizan en Juanchito cerca al río Cauca.

Afectación Alta: La zona se caracteriza por presentar condiciones de amenaza peligrosas para los elementos expuestos, además de vulnerabilidad alta caracterizada por edificaciones inadecuadas y en mal estado, una población con poca o nula capacidad de resistencia o también por localizarse en zonas de riesgo no mitigable, con el 26.05%. Se recomienda la reubicación inmediata de cualquier asentamiento humano de esta zona y el traslado de toda actividad industrial, comercial y agrícola que se desarrolle sobre la misma. Los daños que pueden presentarse son la destrucción parcial o total de las edificaciones, pérdidas de vidas humanas, maquinaria, insumos industriales y productos comerciales, igualmente afectación en los cultivos en las áreas de estudio.

Las áreas que quedaron bajo esta clasificación es un sector de los barrios Brisas del Limonar y de Ciudad 2000, el centro poblado de la vereda El Estero en el corregimiento de Navarro en el municipio de Santiago de Cali. Seguido por los corregimiento de Caucaseco, Juanchito las Urbanizaciones Pereira y Ciudad del Campo y la mayor área de La Dolores en el municipio de Palmira. Por último, en el municipio de Candelaria los corregimientos de Juanchito, Caucaseco y el Carmelo.

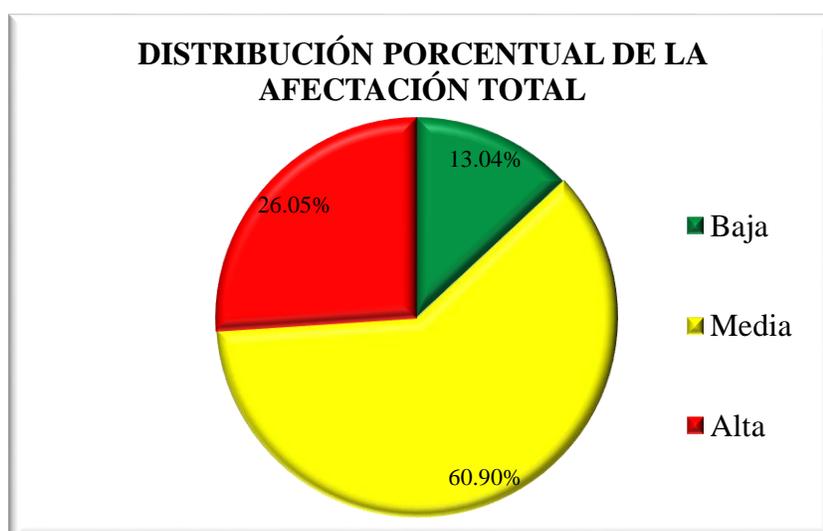
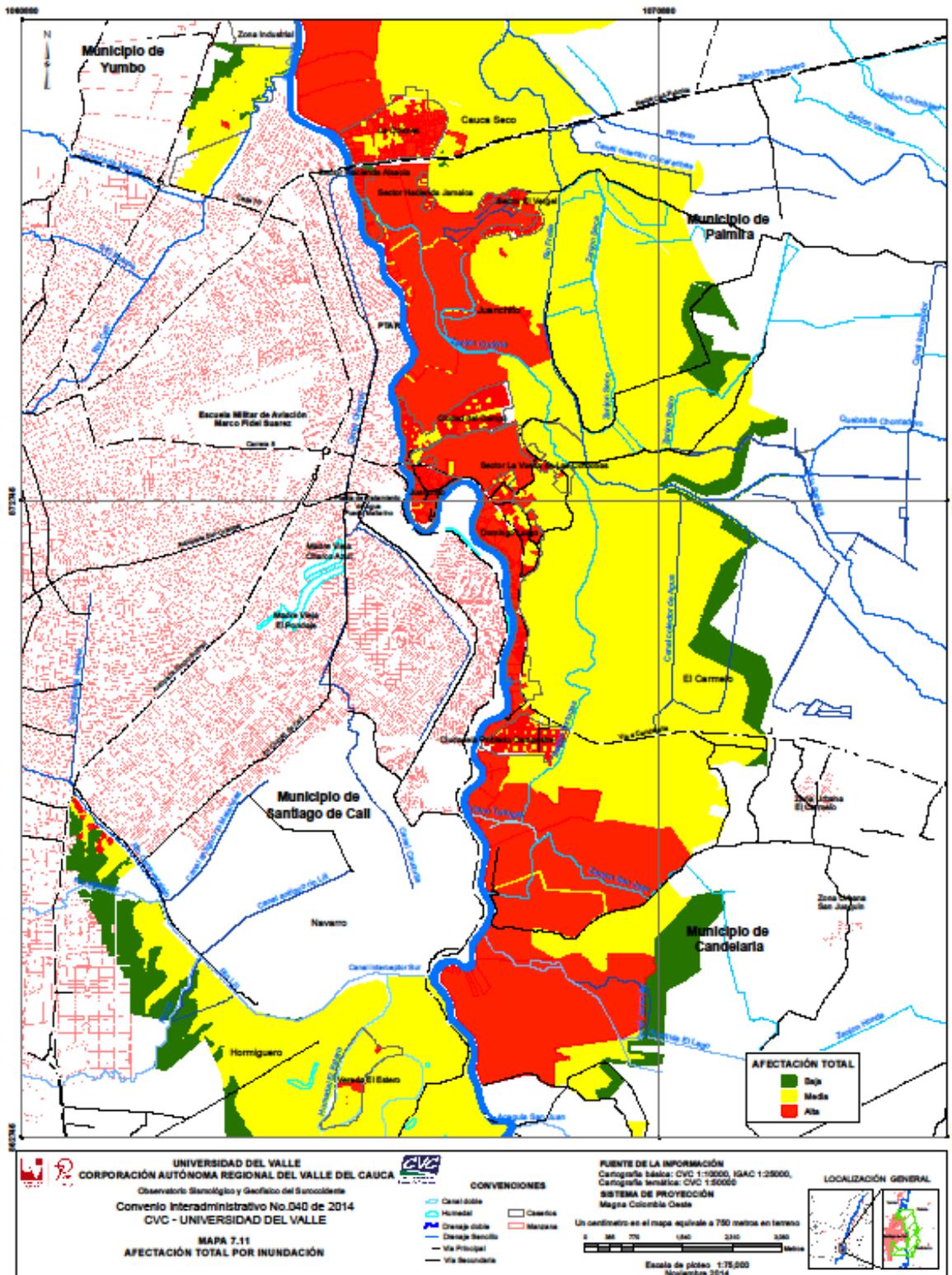


Figura 7.13. Distribución porcentual de la Afectación Total por Inundación



Mapa 7. 11. Distribución espacial del Grado de Afecación Total por Inundación en las áreas vecinas al proyecto *Plan Jarillón de Cali*

7.4.1.5. Mapa de Afectación Alta Mitigable y No Mitigable

El crecimiento indiscriminado de las ciudades colombianas por razones de diversa índole, ha conllevado al asentamiento de numerosas familias en sitios potencialmente inestables o inundables que, sumados a la urbanización sin planificación, producen eventos ocasionados por movimientos en masa e inundaciones que afectan directamente a los pobladores, sus bienes e infraestructura. La definición de medidas adecuadas para disminuir los efectos negativos y reducir las pérdidas ocasionadas por este tipo de fenómenos requiere conocer las características de los mismos y establecer las zonas donde podrían manifestarse; en otras palabras, identificar la distribución del riesgo en una región dada.

En la RESOLUCIÓN 5794 DE 2011 Art. 3 literal e) *las Zonas de Alto Riesgo No Mitigable se definen como aquellos sectores en donde por sus características de amenaza y vulnerabilidad, existe una alta probabilidad de que se presenten pérdidas de vidas humanas, bienes e infraestructura. La mitigación no es viable por condiciones técnico-económicas, por lo cual los predios se incluyen dentro del Programa de Reasentamientos de Familias en Alto Riesgo No Mitigable.*

Zonas de alto riesgo mitigable y no mitigable. *Son definidas con base en la realización de estudios técnicos detallados, que determinan la viabilidad de la ejecución de medidas de reducción para permitir que un asentamiento existente pueda permanecer o no en estas áreas. Tal como se mencionó anteriormente, la adopción de estas zonas es una decisión técnica, económica, social y política (guía metodológica).*

Para este estudio se definió la zona de Alto Riesgo no Mitigable a las áreas localizadas a la margen derecha del río Cauca para el municipio de Candelaria a 100 m establecida mediante la resolución 0730 de 2014, y para el municipio de Palmira a 60 m establecida en el acuerdo 052 de la CVC de los cuales 100 metros van de la orilla del río Cauca hasta la pata mojada del Dique, 20 metros del dique y 10 m como zona de protección y para el municipio de Palmira a 90 m, de los cuales 60 metros van de la orilla del río Cauca hasta la pata mojada del Dique, 20 metros del dique y 10 m como zona de protección (Mapa 7.12).

De acuerdo a lo anterior en la Tabla 7.16, se relaciona las áreas que dentro del estudio se localizaron en la zona de Afectación Alta, ésta a su vez, se clasificó en zonas Mitigable y No Mitigable con la distribución respectiva de uso del suelo.

Tabla 7. 16. Distribución porcentual de las áreas de Afectación Alto Mitigable y No Mitigable por uso del suelo

USO	ÁREA AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE (m2)	AREA AFECTACIÓN ALTA NO MITIGABLE (m2)	PORCENTAJE DE AREA MITIGABLE	PORCENTAJE DE AREA NO MITIGABLE
Agropecuario	19854247.352	1658648.883	88.53	73.89
Comercial	667624.555	157268.9066	2.98	7.01
Dotacional	65148.889	49209.231	0.29	2.19
Habitacional	1473499.405	137671.374	6.57	6.13
Industrial	365498.7777	226598.280	1.63	10.09
Público	1162.541276	15382.8246	0.01	0.69
Total =	22427181.520	2244779.500	100.00	100.00

La Figura 7.14, muestra la distribución de las áreas Mitigables y No Mitigables, de las cuales el 90.79% corresponde a las zonas de Afectación Alta Mitigable y el 9.21% corresponde a las zonas de Afectación Alta No Mitigable, esta zona solo se deben destinar para suelo de protección. Para este estudio las zonas de Afectación Alta No Mitigable corresponde a las áreas donde se han propuesto las obras de mitigación estructurales, es decir la localización de los diques que se prediseñaron para la zona de estudio en la margen derecha del río Cauca en los municipios de Palmira y Candelaria.

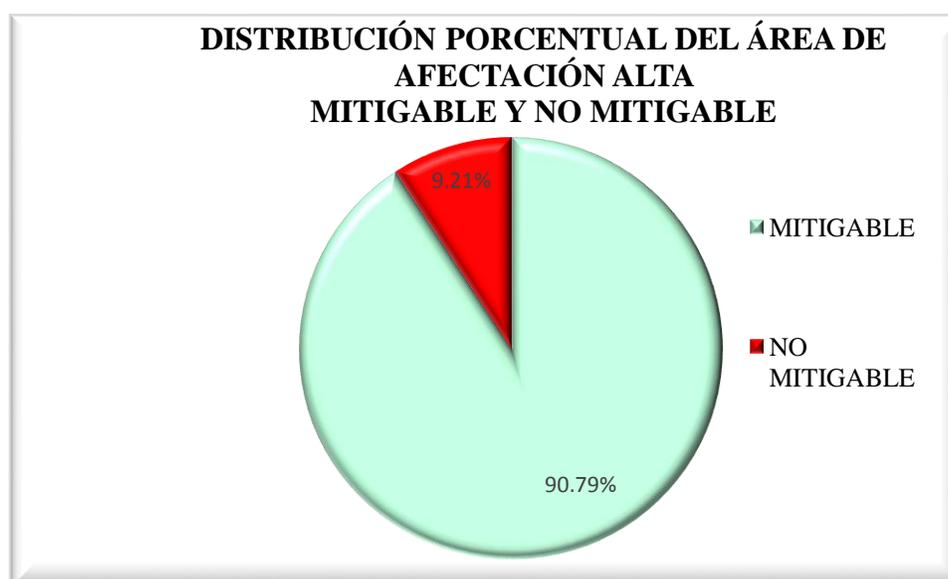


Figura 7.14. Distribución porcentual del área de Afectación Alta Mitigable y No Mitigable

La distribución del uso del suelo en el área de Afectación Alta Mitigable que se localiza en los municipios de Palmira y Candelaria se muestra en la Figura 7.15, donde el uso agrícola comprende el 88.33% siendo el más predominante, seguido del usos habitación con el 6.57% de la ocupación del área, el 2.98% corresponde al uso comercial, el 1.63% al uso industrial y el 0.29% al uso dotacional, en cuanto al uso público solo ocupa el 0.1% del total del área con Afectación Alta Mitigable.

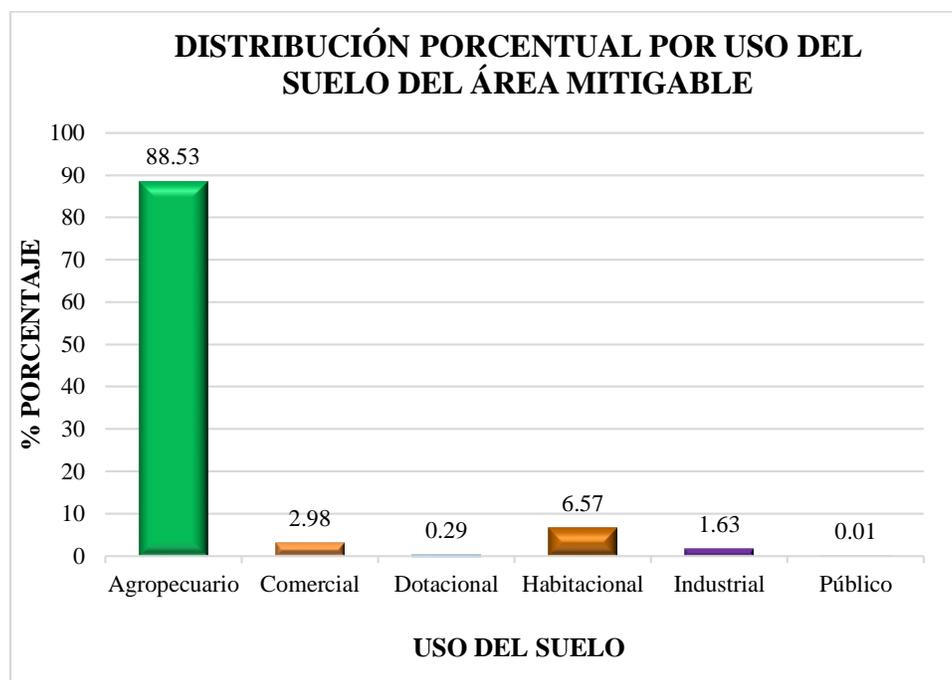


Figura 7.15. Distribución porcentual por uso de suelo el área de Afectación Alta Mitigable

En la Figura 7.16, se muestra la distribución del uso del suelo en el área de Afectación Alta No Mitigable en la zona de estudio, ésta se localiza a 100 m del cauce del río Cauca en el municipio de Candelaria y a 60 m en el municipio de Palmira respectivamente, donde el uso agrícola comprende el 73.89% siendo el más predominante, seguido del uso industrial con el 10.09% de la ocupación del área, el 7.01% corresponde al uso comercial, el 6.13% al uso habitacional, el 2.19% al uso dotacional, por último, se encuentra el uso público con el 0.69% del total del área con Afectación Alta Mitigable

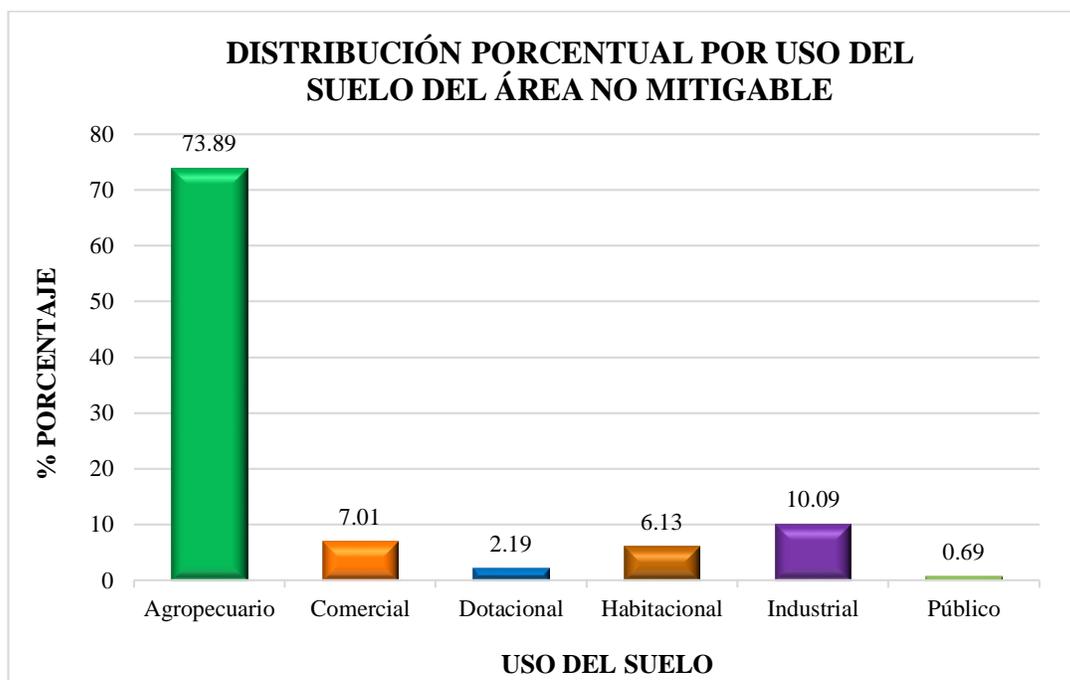
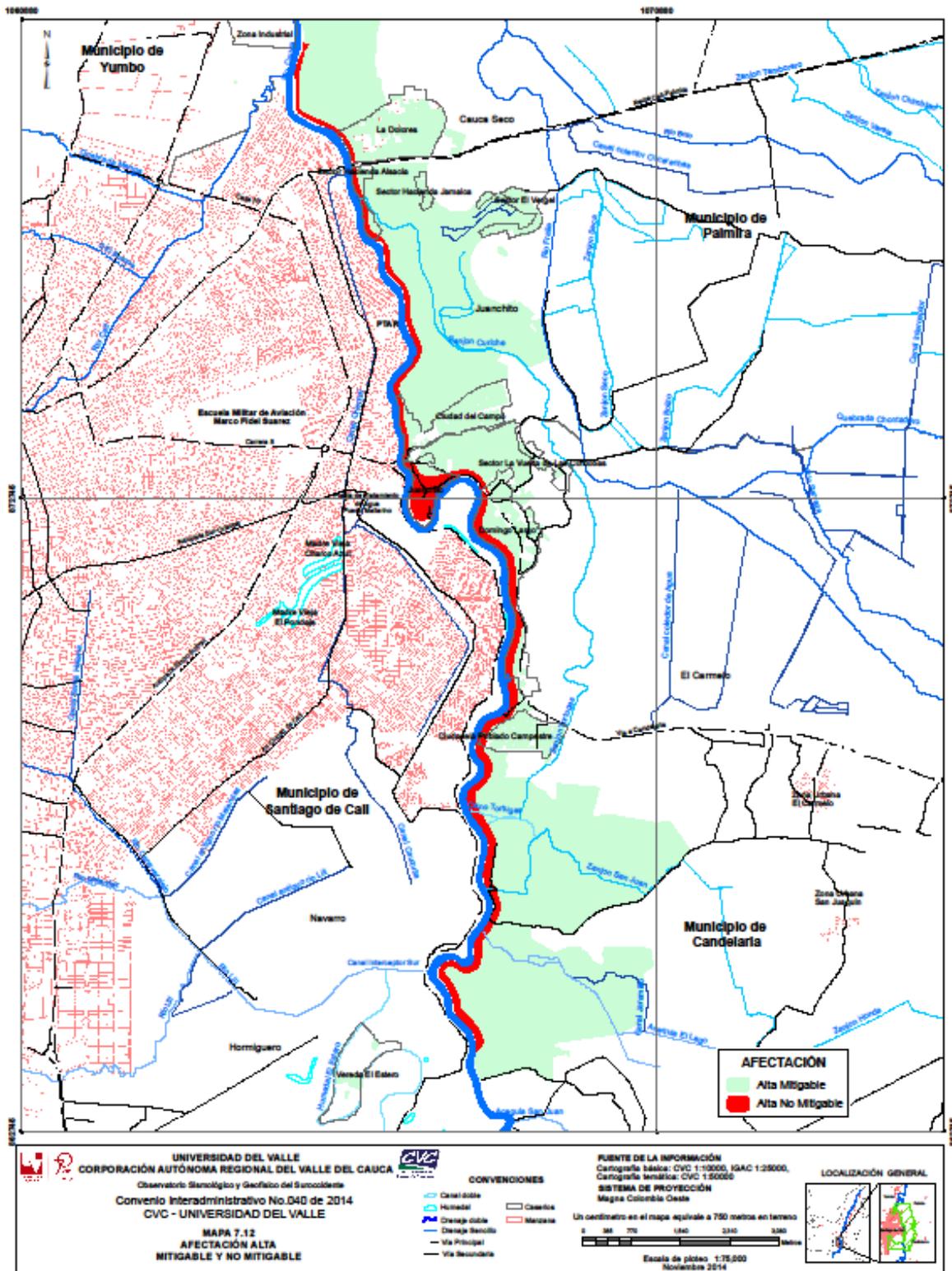


Figura 7.16. Distribución porcentual por uso del suelo del área de Afectación Alta No Mitigable

El Mapa 7.12 presenta la distribución espacial de las áreas clasificadas como zonas de Afectación Alta Mitigable y No Mitigable ante la amenaza por inundación en área objeto de estudio.



Mapa 7. 12. Afectación Alta Mitigable y No Mitigable

7.5. CALCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONOMICAS

Las inundaciones generan diferentes afectaciones tanto a la sociedad como a la economía y a los gobiernos locales. Durante eventos de este tipo resultan averiados tanto la infraestructura social (viviendas, centros educativos y hospitalarios) como algunas zonas industriales y miles de hectáreas de uso agropecuario de la región. Toda esta problemática requiere de la acción de los gobiernos municipal, departamental y nacional para destinar recursos, mano de obra y maquinaria, así como subsidios y asistencia humanitaria a los diferentes grupos afectados. También, las inundaciones repercuten, entre otras cosas, en la salud de las personas en tanto las aguas represadas dan paso a la proliferación de enfermedades vectoriales como el dengue.

En diferentes zonas del valle geográfico del río Cauca se han presentado a lo largo de su historia inundaciones producto de los aumentos de caudal del río por la presencia de lluvias en temporada invernal. El control de estos excesos de agua representa un problema complejo para la región. Como ejemplo de esto, se encuentran las inundaciones producidas en la reciente ola invernal en los años 2010–2011, cuyas repercusiones afectaron tanto los centros poblados como a diferentes sectores de la economía vallecaucana. Frente a esta situación, la Corporación Autónoma regional del Valle del Cauca, CVC (2011) ha identificado dos principales causas asociadas a las inundaciones en estos años: la inadecuada intervención y ocupación del corredor de conservación del río Cauca, y la precaria gobernabilidad territorial en el control de la intervención y ocupación del territorio. Pero igualmente se pueden agregar dos elementos adicionales: el gran déficit de gestión, control y uso de las cuencas hidrográficas aguas arriba de la zona de inundación y la ausencia de una visión ecosistémica de las fuentes hídricas que permita tener una mirada integral de la problemática.

En ese sentido, se han desarrollado en el departamento del Valle del Cauca diferentes proyectos para identificar soluciones estructurales y no estructurales para el control y manejo de las inundaciones en el valle geográfico del río Cauca. Entre estos proyectos se desarrolla en la capital del departamento el *Plan Jarillón de Cali* con el que se busca reducir las inundaciones por los ríos Cauca y Cali, canal Interceptor Sur y Sistema de drenaje Oriental. Una de las fases de este proyecto consiste en realizar estudios a las áreas vecinales al proyecto debido a que al construirse las obras pueden presentarse desbordamientos hacia estas zonas aledañas y ocasionar afectaciones a las mismas. Las áreas vecinales a las cuales se hace alusión tienen influencia en la ciudad de Cali y en los municipios de Palmira, Candelaria y Yumbo.

En este contexto se desarrolla el presente documento. Aquí, el propósito es estimar las posibles pérdidas, realizando una valoración económica, ocasionadas por un eventual

desbordamiento. Utilizando precios de 2014, este documento estima el valor de un grupo de variables compuestas por i) el daño en la infraestructura social. Incluye daños en las viviendas, en las escuelas y en los centros hospitalarios; ii) las pérdidas económicas. Se incluyen las pérdidas en cultivos y las afectaciones de la zona industrial; iii) los impactos en la salud, para el cual se consideran solo los casos relacionados con el contagio de dengue; iv) Los gastos del gobierno para atender el evento de inundación y finalmente, v) los costos ambientales. Estos últimos son analizados cualitativamente.

7.6. ESTIMACIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE LAS POSIBLES PÉRDIDAS POR INUNDACIONES EN EL ÁREA VECINAL AL JARILLÓN AGUABLANCA.

Acorde al área de estudio (12.293,061 hectáreas), las posibles pérdidas o costos asociados a una eventual inundación están divididos en cinco partes a considerar: i) El daño a la infraestructura social, ii) Las pérdidas económicas, iii) El impacto sobre la salud, iv) el gasto del gobierno en su esfuerzo por atender las necesidades de las zonas inundadas y v) los costos ambientales. Este análisis está basado principalmente en información muestral de la zona de estudio, e información secundaria disponible relacionada con las recientes inundaciones ocurridas en 2010 – 2011, debido a que por los daños y pérdidas ocasionados por éstas, se cuenta con documentación relevante para este estudio.

7.6.1. Daño en la infraestructura social

El daño en la infraestructura social está conformado por a) el daño a las viviendas, b) el daño en escuelas y c) el daño en centros hospitalarios.

7.6.2. Daño en viviendas:

Los daños que las inundaciones generan en las viviendas, pueden dividirse principalmente en dos: los daños en el contenido (electrodomésticos y mobiliarios) y el daño en la estructura. Así, para determinar estos daños se realiza, en primer lugar, la tipificación de una vivienda y su contenido en el área de estudio. Posteriormente se estima el valor del contenido y la estructura de la vivienda tipo. Seguidamente se procede a estimar los porcentajes de daño tanto del contenido como de la estructura de la vivienda, de acuerdo a los niveles de inundaciones esperados en la zona ante un desbordamiento del río Cauca. Finalmente, se estima el valor de los daños en las viviendas asociados a la inundación. Todo lo anterior se muestra a continuación:

7.6.2.1. Tipificación de la estructura y el contenido de las viviendas.

Viviendas

- Según la Gobernación del Valle del Cauca (2009) el estrato socio-económico moda en el Departamento es 2. Por tal motivo se consideró que todas las viviendas ubicadas en el área de influencia del proyecto corresponderían a dicho estrato⁸.
- El material predominante en los muros de las viviendas es mampostería
- Basándose en los resultados del *formulario para la evaluación de la vulnerabilidad* se establece que las viviendas ubicadas en el área rural son de un piso mientras las viviendas en la zona urbana cuentan con dos pisos.

Contenido (electrodomésticos y mobiliario)

- A partir de la información disponible en la encuesta de calidad de vida del DANE para el Valle del Cauca en 2011, se determinó el listado de mobiliario y electrodomésticos por hogar para el estrato 2. (Figura 7.17)
- Con base en el *formulario para la evaluación de la vulnerabilidad* se encontró que el promedio de personas por vivienda es de cuatro (4).

⁸ Debe aclararse que el estrato moda se establece de acuerdo a la información de la Gobernación del Valle, pero para efectos de zonas de riesgo no mitigable deben realizarse estudios a profundidad de los predios posiblemente afectados.



Fuente: DANE (2011). Precios: Almacenes Éxito (2014), Almacenes la 14 (2014), Electrojaponesa (2014), Tiendas Metro (2014). Elaboración propia

Posteriormente se procede a estimar el valor económico del contenido y la estructura de las viviendas:

7.6.2.2. Estimación de los costos del contenido de las viviendas

En la Tabla 7.17 se estima el valor económico de los contenidos por vivienda. Inicialmente se determina el valor a nuevo del mobiliario y electrodomésticos de una vivienda a través de la multiplicación del valor comercial promedio de los artículos por la cantidad de los mismos en cada vivienda. Posteriormente, se considera que el contenido de las viviendas tiene un tiempo de uso, por lo que su valor al momento de presentarse una inundación corresponderá al 70% de su valor a nuevo. Así se obtiene al final un valor promedio de \$ 4,6 millones del contenido por vivienda.

Tabla 7. 17. Valor del contenido de las viviendas

CONTENIDOS POR VIVIENDA	CANT.	VALOR COMERCIAL PROMEDIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Nevera	1	631.000	631.000
TV a color ⁹	1	616.266	616.266
Lavadora ¹⁰	1	848.633	848.633
Computador	1	1.200.000	1.200.000
Equipo de sonido ¹¹	1	389.300	389.300
Comedor ¹²	1	286.600	286.600
Sala	1	509.600	509.600
Estufa ¹³	1	256.966	256.966
Cama	4	655.566	2.622.264
Valor total contenidos			7.360.629
Valor total con depreciación			5.152.440

Fuente: DANE (2011). Precios: Almacenes Éxito (2014), Almacenes la 14 (2014), Electrojaponesa (2014), Tiendas Jumbo - Metro (2014). Elaboración propia.

7.6.2.3. Estimación de los costos de la estructura de la vivienda

A partir de la información contenida en los clasificados de “Finca Raíz” (Guía de Vivienda), y tomando como referencia los precios por m² de la Lonja de Propiedad Raíz, se generó una muestra de casas en venta del estrato 2 para los municipios de Candelaria, Palmira, Yumbo y Santiago de Cali. Esta muestra contiene información sobre los metros cuadrados construidos por vivienda y el precio del metro cuadrado construido. Con el fin de determinar un área construida y el precio de una vivienda tipo, se estimó una media aritmética que dio como resultado un área promedio de 93 m² por vivienda a un precio por m² de \$708.693. De esta manera, el valor promedio de una vivienda tipo se obtuvo de multiplicar el área promedio por el precio promedio de un m² de lo cual se obtiene un valor de \$65 millones de pesos (Tabla 7.18).

⁹ Se consideran televisores tecnología LED de 32"

¹⁰ Se consideran lavadoras de 28 libras de carga superior.

¹¹ Equipos de sonido entre 500 y 1000 W

¹² Comedor de 4 puestos

¹³ Se eligen estufas de 4 boquillas, a gas.

Tabla 7. 18. Área y precio de una vivienda tipo

ESTRUCTURA		
PRECIO PROMEDIO M ² CONSTRUIDO	M ² PROMEDIO CONSTRUIDO POR VIVIENDA	PRECIO PROMEDIO DE LA VIVIENDA
\$708.693	93	\$65.908.449

Fuente: Finca Raíz (2014). Elaboración propia.

7.6.2.4. Estimación del porcentaje de daño de las viviendas de acuerdo a la profundidad de la inundación.

Una vez estimado el valor promedio del contenido y la estructura de una vivienda, se puede obtener el valor total de la afectación a las viviendas debido a una inundación. Para ello, se dividió el área de estudio en secciones denominados corregimientos las cuales representan las mayores concentraciones de población a lo largo del área, y se estima para ellas un mapa de inundación para un periodo de retorno de 100 años (Mapa 6.1). Con esta información, y de acuerdo al análisis del panel de expertos, se determinó un porcentaje de daño tanto para el contenido como para la estructura de la vivienda los cuales estarán sujetos a su vez a la altura del mobiliario y electrodomésticos, el material en que está hecha la vivienda y la profundidad de la inundación o tirante de agua (Tabla 7.19).

Tabla 7. 19. Porcentajes de daño para el contenido y la estructura de una vivienda, según el tirante de agua

TIRANTE DE AGUA (M)	% DE DAÑO CONTENIDOS	% DE DAÑO ESTRUCTURA
0 - 0.5	55%	3%
0.5 - 1	74%	10%
1 - 1.5	87%	21%
1.5 - 2	93%	27%
>2	98%	50%

Fuente: Panel de expertos. Elaboración propia

7.6.2.5. Costo total por el daño en viviendas

Estimados los porcentajes de daño, se procedió a multiplicar éstos por el costo promedio de una vivienda y por el costo promedio del contenido respectivamente. De la suma de los rubros anteriores se obtuvo el costo de la afectación para cada tirante de agua. Luego, éste costo es multiplicado por el número de predios habitacionales en cada uno de los corregimientos

expuestos a cada tirante de agua determinados a partir de la información brindada¹⁴ y recolectada¹⁵ y el mapa de inundación para la zona. La suma de los costos encontrados para cada tirante, arroja el costo total asociado a las viviendas afectadas el cual correspondió a \$447.000 millones de pesos de 2014 (Tabla 7.20).

Tabla 7. 20. Costo total de las viviendas afectadas por inundaciones.

TIRANTE DE AGUA (M)	DAÑO TOTAL POR VIVIENDA (\$)	NÚMERO DE PREDIOS	DAÑO TOTAL POR PREDIOS (\$)
0 - 0.5	4.811.096	294	1.412.056.569
0.5 -1	10.403.651	440	4.580.207.230
1 - 1.5	18.323.397	2.201	40.334.378.419
1.5 - 2	22.587.051	2.935	66.292.993.831
> 2	38.003.616	8.805	334.621.838.827
Total daño en viviendas			447.241.474.876
Total daño en viviendas (USD) (1 USD = \$2001 COP)			223.508.983

Fuente: Elaboración propia.

7.6.3. Daño en escuelas

El cálculo del daño a las escuelas por las inundaciones se subdividió en: i) el daño en la estructura de las escuelas, y ii) el daño en el contenido de las mismas.

7.6.3.1. Daño en la estructura de las escuelas

Durante las inundaciones producidas en el país en 2010 y 2011, el Ministerio de Educación cuantificó el número de escuelas afectadas y el gasto en la reparación de la estructura de cada una de ellas por municipio, a través de un plan de acción compuesto por tres fases:

- a. Fase 1 – *Ayuda humanitaria*: se realizó la implementación de aulas temporales
- b. Fase 2 – *Rehabilitación*: consistió en el mantenimiento correctivo, la reparación estructural y la realización de obras de mitigación de las sedes educativas afectadas.
- c. Fase 3 – *Reubicación*: Reposición y reubicación de sedes educativas.

Para el Valle del Cauca, la mayor parte de las escuelas afectadas sólo requirieron de la fase de rehabilitación. Por esta razón se determinó que, los centros educativos ubicados en la zona de estudio necesitarían de recursos para una etapa de rehabilitación.

¹⁴ Subdirección de Catastro Municipal de Cali y Departamento Administrativo de Planeación e Informática Municipal de Candelaria,

¹⁵ Geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. <http://www.igac.gov.co/geoportal>

De esta manera, se estimó el valor del daño en la estructura por sede educativa a través de la división del gasto total en la fase 2 para el Valle del Cauca, entre el número total de escuelas atendidas en la misma. Posteriormente, se cuantificó a través del número de escuelas en cada uno de los municipios que hacen parte del área de estudio¹⁶. Con este dato, se calculó el costo de la afectación en la infraestructura de las sedes educativas multiplicando el número de escuelas en el área por el gasto gubernamental en la reparación de ellas (Tabla 7.21).

Tabla 7. 21. Costo total de la estructura de las sedes educativas. Precios de 2014.

COSTOS ESTIMADOS POR ESCUELA EN FASE 2	NÚMERO DE ESCUELAS	COSTO TOTAL ESTRUCTURA ESCUELAS
151.058.784	11	1.661.646.624

Fuente: Ministerio de Educación Nacional (2011). Elaboración propia

7.6.3.2. Daño en el contenido de las escuelas

Debido a la dificultad en el acceso a la información sobre las características de las diferentes escuelas en el área de estudio, en este punto se trabajó bajo seis supuestos: 1. Cada sede educativa tiene una sala de sistemas que sufrió daños ante las inundaciones; 2. La sala de sistemas está compuesta de 20 computadores, 20 mesas y 40 sillas; 3. Sólo el 50% de los computadores fueron afectados; 4. Cada aula tiene 30 pupitres; 5. Se afectan en total cinco aulas por escuela; 6. Los precios utilizados son de 2014 y se establecieron a partir de una muestra de almacenes¹⁷(Anexo A.3.8). De esta manera, multiplicando el número de aulas afectadas por el número de pupitres por salón y a su vez por el precio de cada pupitre (\$55.000), se obtuvo el costo total por pupitres dañados. El costo total por sala de sistemas, se obtuvo a partir de la suma de los costos de las sillas, mesas y computadores por sala. Cada uno de estos costos surge de la multiplicación entre la cantidad de sillas, mesas y computadores por sus respectivos precios (\$45.000 por silla, \$119.000 por mesa y \$1.500.000 por computador).

El costo total del contenido de las sedes educativas se obtuvo a partir de la suma del costo total de pupitres y el costo total por salas de sistemas dañadas. Lo anterior se encuentra en la Tabla 7.22.

¹⁶ Secretaria de Educación Municipal, Plan Educativo Municipal de Candelaria, Institución Educativa Panabianco Americano. Secretaria de Educación Municipal de Palmira: Caracterización y perfil del sector educativo de Palmira. Institución Educativa Sebastián de Belalcazar.

¹⁷Se tomaron los precios más bajos de la muestra de precios.

Tabla 7. 22. Costo total del contenido de las sedes educativas. Precios de 2014

NÚMERO DE ESCUELAS	NÚMERO DE AULAS AFECTADAS	CANT. SALAS DE SISTEMAS	CANT. TOTAL PUPITRES	COSTO TOTAL SALAS DE SISTEMAS	COSTO TOTAL PUPITRES	TOTAL
11	55	11	6150	375.9880.000	90.750.000	466.730.0

Fuente: Elaboración propia. Precios: Industrias Romil S.A.S (2014), Prodescol (2014) y Homecenter (2014)

7.6.3.3. Costo total por el daño en escuelas

Finalmente, estos costos surgen de la suma entre los costos en el contenido de las escuelas afectadas con la estructura de las mismas, alcanzando un total de **\$466.730.000** tal como se observa en la Tabla 7.23.

Tabla 7. 23. Costo total por las escuelas afectadas con la inundación

COSTO TOTAL ESTRUCTURA	COSTOS TOTAL CONTENIDOS	TOTAL	TOTAL (USD) (1 USD = \$2001 COP)
1.661.646.624	466.730.000	2.128.376.624	1.063.657

Fuente: Elaboración propia

7.6.4. Daño en centros hospitalarios:

A partir del inventario de predios en el área de estudio estimado por **16.451**, se determinó que el número de centros hospitalarios corresponde a 5. De acuerdo a los reportes entregados por los diferentes puestos de salud, estos establecimientos son de nivel 1 donde se desarrollan actividades como: consulta general, procedimientos menores, vacunación, programa de promoción y prevención (PyP), programas de control prenatal y planificación familiar, tratamiento y acciones de prevención e intervención en salud oral. A partir de estos reportes también se estableció el promedio de sus activos, los cuales se encuentran alrededor de \$4,8 millones de pesos. De esta manera, para estimar el costo total asociado al daño en los puestos de salud debido a las inundaciones, se multiplicó el número de centros hospitalarios afectados por el costo de funcionamiento de un centro de este tipo. Se asumió que sólo el 30% del centro médico sufrió afectaciones por las inundaciones. Así, dichos costos alcanzan la suma de **\$7.297.781** a precios de 2014.

7.6.5. Costo total de la infraestructura social

Finalmente, el costo total de la infraestructura social se obtuvo de la suma entre los costos del daño en las viviendas, sedes educativas y centros hospitalarios, tal como se observa en la Tabla 7.24.

Tabla 7. 24. Costos totales de la infraestructura social afectada por inundaciones

COSTO	PRECIOS DE 2014
Costo de las viviendas	447.241.474.876
Costos de las sedes educativas	2.128.376.624
Costo de los centros hospitalarios	7.297.781
Costo total de la infraestructura social	449.377.149.281
Costo total (USD) (1 USD = \$2001 COP)	224.576.286

Fuente: Elaboración propia.

7.7. PÉRDIDAS ECONÓMICAS

Las pérdidas económicas están conformadas por: i) la pérdida en cultivos y ii) las afectaciones de la zona industrial.

7.7.1. Pérdida de cultivos:

Para calcular las pérdidas en cultivos debido a la inundación, se utilizó la metodología de ingresos perdidos basada en la información de la Gobernación del Valle del Cauca. A través de esta metodología se cuantifica básicamente los ingresos que los productores dejan de percibir una vez sus cultivos son afectados por la inundación. Para ello se realizó un inventario de los diferentes usos del suelo agrícola en la zona de estudio, encontrando que el cultivo predominante es la caña de azúcar. Con el propósito de determinar el comportamiento de la caña ante las inundaciones, se tomó como referencia el trabajo de CENICAÑA (2011) el cual basado en las experiencias vividas durante las inundaciones de 2010 y 2011 en el Valle del Cauca, expone que la resistencia del cultivo a encharcamientos depende de la edad de la planta (Anexo A.3.9).

En ese sentido, al no conocerse con exactitud la edad de las plantas al momento de presentarse una inundación en el área de estudio, se trabajó bajo los siguientes supuestos: i) Considerar que los cultivos de caña se pierden totalmente tras la inundación. ii) Dado que la caña de azúcar es un cultivo con una duración para su cosecha superior a un año, se les puede imputar una pérdida total de ingresos para el año de la inundación. Así, para calcular las pérdidas en cultivos por las inundaciones se debe conocer, en primer lugar, el número de hectáreas de caña en la zona de estudio. Una vez conocida esta información, se multiplica el número de

hectáreas por sus respectivos ingresos (\$/hectárea) obteniendo así el total de los ingresos perdidos por cultivos inundados en el área de estudio.(ver Tabla 7.25)

Tabla 7. 25. Ingresos perdidos por usos del suelo en el área de estudio

USO	HECTÉREAS	INGRESO (\$/HECTÁREA)	POR INGRESOS PERDIDOS
Caña de azúcar	8.137	6.896.985	56.120.770.482

Fuente: OSSO (2014) y Gobernación del Valle del Cauca (2011).Elaboración propia.

7.7.2. Daños en zona industrial

En la zona de estudio se encuentran diferentes industrias que podrían verse afectadas por las inundaciones. Para calcular monetariamente los daños o pérdidas que experimentaría ésta zona industrial, se utilizaron como base las pérdidas anunciadas por Zona Franca del Pacífico y Acopi durante las inundaciones de 2010 – 2011 [Zona Franca del Pacífico (s.f.) y El País (2010)]. De acuerdo al panel de expertos, se consideró que la zona industrial en el área de estudio es un 70% menor a la Zona Franca del Pacífico y Acopi juntas. Debido al rechazo de los empresarios a brindar información sobre la valorización de sus empresas¹⁸, y apoyados en los expertos, se supuso que las pérdidas de las industrias corresponderían al 30% de las pérdidas de Zona Franca y Acopi. De esta manera, al ser las pérdidas de estos dos grandes complejos industriales de \$ 403.007.238.000 a precios de 2014, se espera que las pérdidas de la zona industrial en el área de estudio se encuentren alrededor de los **\$ 120.902.171.400** ante un evento de inundación.

7.8. AFECTACIONES EN SALUD: DENGUE

Tras las temporadas de lluvias, y en particular tras las inundaciones, se generan represamientos de agua que aumentan la proliferación de mosquitos transmisores de enfermedades como el dengue. Este evento es considerado en el presente documento como un costo social que las comunidades asumen una vez se presentan las inundaciones. Para calcular los costos de las personas infectadas por dengue durante las inundaciones se utiliza la metodología de costos médicos, la cual consiste básicamente en la cuantificación de los costos en medicamentos, hospitalización y demás en los que debe incurrir el paciente una vez se ha contagiado. Para iniciar con dicha cuantificación se realizó el siguiente proceso,

¹⁸ Durante la implementación del *formulario para la evaluación de la vulnerabilidad*, los empresarios manifestaron su negativa a dar información financiera sobre sus empresas porque consideraban que al brindarla serían sometidos a un aumento en sus impuestos.

basándose en lo ocurrido en las inundaciones de 2010 – 2011 en el Valle del Cauca: Se identificaron los meses de 2010 y 2011 en los cuales se presentaron las inundaciones en el departamento. Seguidamente, se indagó en el Instituto Nacional de Salud (INS) sobre los casos de dengue y dengue grave reportados durante los meses identificados anteriormente y se asumió que sólo el 50% de estos casos estaban asociados a los desbordamientos del río Cauca.

De los 42 municipios del departamento, 25 tienen influencia directa del río Cauca incluidos los municipios que hacen parte de la zona de estudio a saber, Santiago de Cali, Candelaria, Palmira y Yumbo. De esta manera se asumió que del total de casos de contagio asociados al río Cauca el 16% se generan en la zona de estudio. Luego, se estableció a partir de Bello *et. al* (2011), que el costo por paciente contagiado con dengue es de \$ 179.770 y por dengue grave es de \$ 4.828.638 ambos a precios de 2014. De esta manera, el costo por personas infectadas con dengue durante las inundaciones se obtuvo de la multiplicación del número de personas infectadas por su respectivo costo, tal como se muestra en la Tabla 7.26.

Tabla 7. 26. Costo total por personas contagiadas con dengue y dengue grave en el área de estudio

TIPO DE CONTAGIO	NÚMERO DE CASOS	COSTO POR PERSONA CONTAGIADA	COSTO TOTAL POR TIPO DE DENGUE
Dengue	419	179.770	75.281.828
Dengue grave	32	4.828.638	154.145.562
Costo total personas contagiadas con dengue			229.427.390
Costo total (\$USD) (1 USD = 2.001 COP)			114.675

Fuente: Instituto Nacional de Salud 2010 – 2011, Bello *et. al* (2011) . Elaboración propia

7.9. ASISTENCIA DEL GOBIERNO A DAMNIFICADOS

Un componente importante de los costos asociados a las inundaciones del área de estudio corresponde a las diferentes ayudas que brindan las instituciones estatales, privadas y sin ánimo de lucro ante las emergencias por desastres naturales. Para realizar una aproximación a los gastos que éstas instituciones asumirían, se tomaron como base los recursos que Colombia Humanitaria, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y la Secretaria de Infraestructura Departamental del Valle del Cauca destinaron para los diferentes municipios del Valle del Cauca afectados por la ola invernal de 2010 – 2011, particularmente en los municipios de Cali, Palmira, Yumbo y Candelaria los cuales conforman la zona de estudio del presente documento. Este monto se actualiza a través de un índice a precios de 2014. De esta manera,

la Tabla 7.27 muestra los diferentes tipos de inversiones que dichas instituciones ejecutarían para mitigar una emergencia por inundaciones en la zona de estudio, lo cual representa el gasto del gobierno para situaciones de este tipo.

Tabla 7. 27. Gasto del gobierno en mitigación de emergencias de la zona de estudio

INVERSIÓN DEL GOBIERNO PARA ZONAS AFECTADAS POR INUNDACIONES	
TIPO DE INVERSIÓN	PRECIOS 2014
Obras de rehabilitación	37.366.009.374
Asistencia humanitaria	676.853.599
Subsidios de Vivienda	9.651.328.500
Apoyo a zona industrial	15.044.400.000
Total	62.738.591.473
Total (\$USD) (1USD = 2001 COP)	31.353.619

Fuente: Colombia Humanitaria (2011), Ministerio de Vivienda (2012), CVC (2011), Contraloría del Valle (2011). Elaboración propia

7.10. COSTOS AMBIENTALES

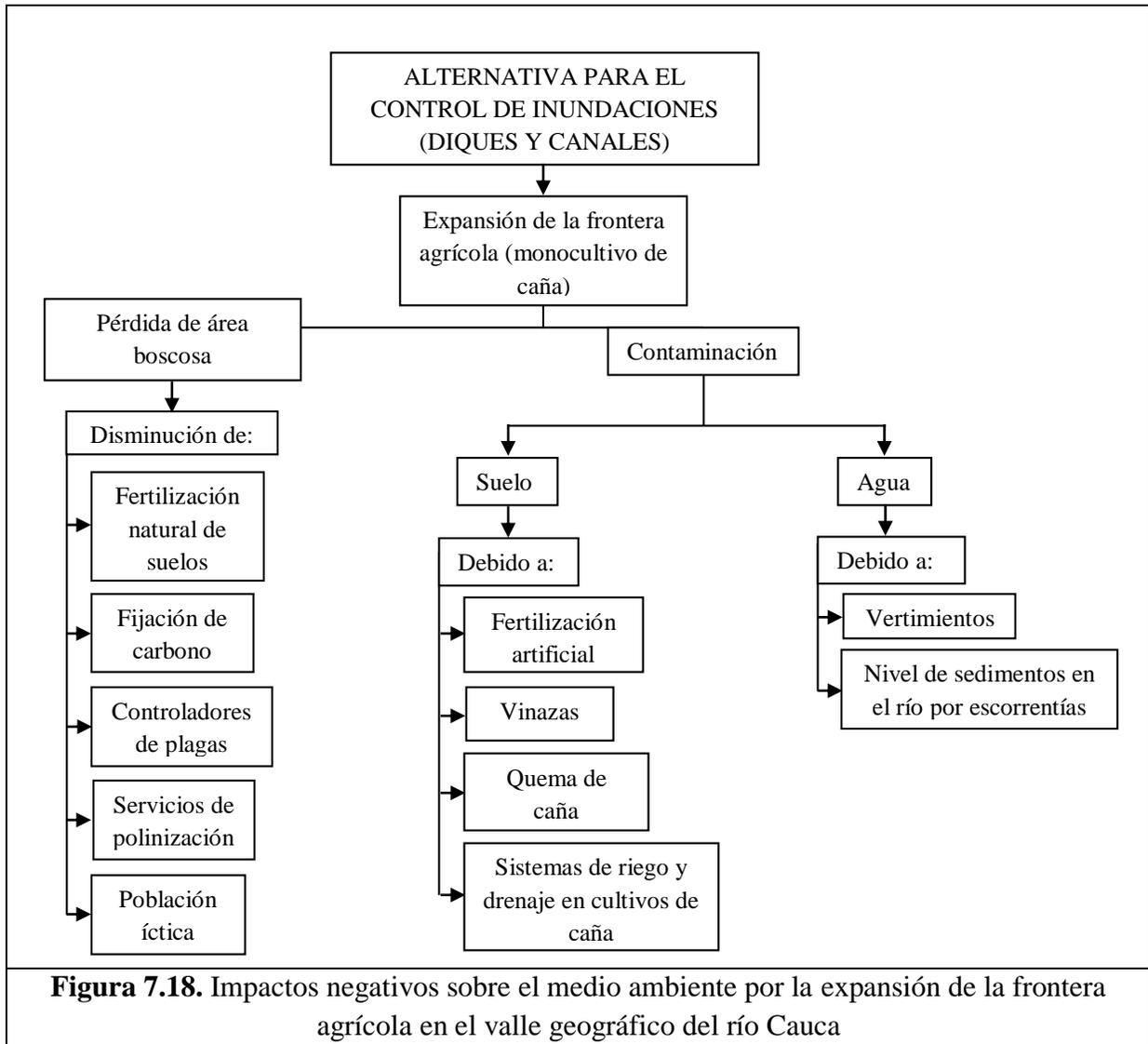
Hasta el momento, en este documento se han mencionado los costos que las inundaciones generan a la sociedad y a la economía y administración locales. No obstante, las inundaciones también generan diferentes impactos sobre el medio ambiente. Estudios realizados en varias regiones del mundo muestran que aunque las inundaciones tienen impactos positivos (son soporte para la fauna y flora, recargan acuíferos subterráneos, y retienen los excesos de agua en temporadas en las que el caudal del río es muy alto, para devolverlas a éste de forma gradual en épocas de sequías [CVC, 2013]. sobre los ecosistemas, muchos de los efectos resaltados por los diferentes autores son de orden negativo enfatizando en la muerte de aves y semovientes, el desplazamiento de animales así como también en el impacto negativo de la sedimentación sobre el enriquecimiento natural de los suelos (Mata, 2000; Sánchez, 2011).

La dinámica de las inundaciones o excedentes de agua son características propias y naturales de los ríos, asociadas a la variabilidad climática. A lo largo de su historia, el valle geográfico del río Cauca ha sido afectado (o beneficiado) por un sin número de inundaciones que fueron contrarrestadas, en buena medida, por la red de humedales de la región. Hacia los años cincuenta, estos cuerpos de agua superaban los 160 y abarcaban un área aproximada de 10.049 hectáreas (CVC, 2013). Sin embargo, el aumento poblacional y el crecimiento de la actividad económica de la región, reflejado en la expansión de la frontera agrícola y urbana, repercutieron en la disminución de los humedales en el valle alto del río Cauca.

La disminución de los humedales en la región fue notoria. Desde las 10.049 ha en los cincuenta ya anotadas, se pasó a 3.000 en los ochenta, para alcanzar en 2009 tan solo un aproximado de 1.248 ha (CVC, 2013). Estas estadísticas muestran la acentuada reducción de las zonas de amortiguación del río Cauca, reflejando la lógica desarrollista y modernizante que ha imperado desde principios del siglo XX y que mantiene como paradigma el dominio y control de la naturaleza. Lógica que a través de la adecuación de tierras y la gestión del agua, buscó expandir la frontera agrícola y urbana impactando la capacidad de regulación natural del ecosistema hídrico del río Cauca ante eventos climáticos extremos.

Calcular monetariamente estos impactos negativos, no hace parte del eje central del presente proyecto, sin embargo se considera pertinente analizarlos brevemente. El posicionamiento del monocultivo de la caña de azúcar en el Valle del Cauca ha requerido de cada vez más hectáreas cultivables, lo que ha inducido a la colonización de tierras pertenecientes a la dinámica del río, desencadenando impactos negativos sobre los servicios ecosistémicos de la región, tal como la pérdida de área para bosques y la contaminación. El primero de ellos, la pérdida de área para bosques, implica a su vez disminuciones en variables como la población de controladores de plagas (como los barrenadores), especies que habitan y se reproducen en un tipo específico de arbustos (los arvenses) que crecen a las afueras de los bosques. Además, la reducción de áreas boscosas afecta la fijación de carbono, los procesos de polinización y la fertilización natural del suelo (Figura 7.18).

La contaminación por la expansión de la frontera agrícola, se presentan tanto en el suelo como en el agua. Para el caso del suelo, la contaminación es experimentada al momento de la fertilización artificial de los cultivos pues ésta en la mayoría de casos se implementa porque el cultivo lo necesita y no porque el suelo lo requiera. Por otro lado, en la región se implementan sistemas de drenaje en los cultivos de caña que generan la compactación del suelo además de la salinización del mismo. A su vez, los residuos del proceso de producción de la caña, o vinazas, contaminan el suelo en el que son depositados.



Fuente: Conversación Doctor Carlos Saavedra (2014). Elaboración propia

7.11. COSTOS TOTALES GENERADOS POR LAS INUNDACIONES

Los costos totales asociados a posibles pérdidas por inundaciones con períodos de retorno de 100 años en la zona de estudio, corresponden a la suma de los rubros desarrollados a lo largo del documento y los cuales se resumen a continuación en la Tabla 7.28

Tabla 7. 28. Costos totales por inundación de la zona de estudio

COSTOS	VALOR TOTAL (PRECIOS 2014)
Daño en viviendas	447.241.474.876
Daño en escuelas	2.128.376.624
Daño en centros hospitalarios	7.297.781
Subtotal de Daño en la infraestructura social	449.377.149.281
Pérdida en cultivos	56.120.770.482
Daños en zona industrial	120.902.171.400
Subtotal de Pérdidas económicas	177.022.941.882
Afectaciones en salud	229.427.390
Asistencia del gobierno	62.738.591.473
Costos Totales	689.138.682.636
Costos Totales (USD) (1 USD = \$2001 COP)	344.379.142

Fuente: Elaboración propia

8. PREDISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES

8. PREDISEÑO DE OBRAS DE MITIGACIÓN ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES.

Los municipios de Palmira, Candelaria, Yumbo y Santiago de Cali, tienen entre sus principales características la de estar asentadas en las áreas de inundación del río Cauca.

Estas características del medio físico – natural generan dos problemas principales

1. Inundaciones por desbordamiento de los ríos Cauca y Cali y Canal Interceptor Sur en el municipio de Santiago de Cali, en Palmira y Candelaria por el río Cauca, y en Yumbo por los ríos Cauca y Cali
2. Inundación por deficiencia en los drenajes de las aguas causados por altos niveles de precipitación

Es así como la protección contra las inundaciones incluye, tanto los medios estructurales como los no estructurales, que dan protección o reducen los riesgos de inundación. Las medidas estructurales incluyen las represas y reservorios, modificaciones a los canales de los ríos, diques y riberos, depresiones para desbordamiento, cauces de alivio y obras de drenaje. Las medidas no estructurales consisten en el control del uso de los terrenos aluviales mediante zonificación, los reglamentos para su uso, las ordenanzas sanitarias y de construcción, y la reglamentación del uso de la tierra de las cuencas hidrográfica

8.1. MEDIDAS ESTRUCTURALES PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN

Los prediseños de las intervenciones estructurales recomendadas para las áreas de riesgo mitigable consisten en diques en tierra ó terraplenes cuyas características geométricas principales se describen a continuación, al igual que se formulan especificaciones y recomendaciones técnicas para ser tenidas en cuenta y complementadas por el diseñador con base en su propia experiencia.

8.1.1. Determinación de la geometría del dique

El predimensionamiento geométrico contempla un ancho de corona de mínimo 3,0 metros y taludes conformados con pendientes máximas de 2,0 Horizontal: 1,0 Vertical para el talud mojado y 1.5 Horizontal:1V para el talud seco.

8.1.1.1. Altura del cuerpo del dique

La altura de los diques se definió con base en los siguientes niveles del agua más un borde libre:

- Para la margen derecha del río Cauca en los municipios de Candelaria y Palmira, 1:100 años
- Para la margen izquierda del río Cali y la margen derecha del Canal Interceptor Sur, 1:100 años teniendo en cuenta efecto de remanso del río Cauca para creciente de 1:500 años.

8.1.1.2. Anchos de corona y superficie de rodamiento

Se recomienda que el ancho de corona no sea inferior a 3,0 metros. Este ancho mínimo permite facilidad de acceso para la construcción, y para las labores de inspección y mantenimiento futuras.

La superficie de rodamiento del dique deberá ser pendienteada con bombeo, tal como en las vías para facilitar el drenaje y minimizar las situaciones de encharcamiento de aguas.

La superficie de rodamiento sobre la corona del dique deberá permitir el acceso de los equipos y vehículos de construcción y mantenimiento durante los períodos de invierno sin causar afectaciones por surcamientos, anegamientos o presentando amenazas contra la seguridad del personal operativo. Se recomienda utilizar material de base usado en vías.

El mínimo espesor de esta capa superficial de material debe ser de 15 centímetros; sin embargo, un espesor de 10 centímetros puede ser usado sobre la corona de aquellos diques cuyo acceso será generalmente limitado a cargas de servicio vehicular de menor peso.

8.1.1.3. Pendientes de los taludes

Los diques que se construyen con buenos materiales, sobre cimentaciones de eficacia comprobada, pueden no requerir unos análisis de estabilidad muy detallados. Para estos casos, consideraciones prácticas como: tipo de construcción, facilidad de construcción, mantenimiento, criterios de infiltraciones y protección de los taludes, controlan la selección de la pendiente de los taludes de los diques.

En el presente prediseño se recomienda utilizar una pendiente de taludes de 1V: 2H para el talud mojado y 1V : 1.5H para el talud seco, los cuales son generalmente aceptados como la mayor pendiente que puede ser fácilmente construida y que ofrece estabilidad para la capa de rip-rap en caso de ser utilizada.

En el caso de adecuación de un dique existente, la estabilidad de los taludes deberá ser chequeada para la condición existente y para la nueva condición proyectada.

8.1.2. Localización en planta del eje de los diques

Un dique ubicado a una distancia apropiada ofrece numerosos beneficios comparado con un dique construido al borde del cauce:

- El mantenimiento natural de los hábitats en los humedales generando condiciones ambientalmente sostenibles.
- Proporciona un ancho mayor de cauce con lo que se incrementa la capacidad de flujo.
- Reduce los picos de los niveles de las crecientes
- Reduce las velocidades del flujo y por ende la capacidad de erosión, y
- Reduce los costos de mantenimiento en el tiempo, debido a que se hacen menos frecuentes los acercamientos del flujo contra los taludes del dique.

8.1.2.1. Criterios de localización de los diques

Las distancias mínimas a las cuales se recomienda debe quedar ubicada la pata del talud mojado de los diques son las siguientes:

- Para el río Cauca, sector municipio de **Candelaria**, la distancia mínima es de **100 mts.**, según la Resolución 100 N° 0720-0730 del 04 de diciembre de 2014 documento de conciliación del PBOT firmado entre la CVC y el municipio de Candelaria.
- Para el río Cauca, sector municipio de **Palmira**, la distancia mínima es de **60 metros**, en concordancia con el Acuerdo CVC 052 de 2011.
- Para el **río Cali** y el **Canal Interceptor Sur**, la distancia mínima es de **30 metros**, exceptuando aquellos tramos donde los procesos de urbanización formalmente constituida restrinjan el espacio disponible.

8.1.3. Borde libre

En el pasado, el borde libre fue usado para cubrir las incertidumbres en cuanto a los aspectos hidráulicos, geotécnicos, de construcción, operación y mantenimiento.

El término y concepto de borde libre para absorber dichas incertidumbres ya no es usado en este sentido en los proyectos de diseño de diques.

En la etapa de diseño, el análisis basado en el riesgo es una buena forma de incluir estas incertidumbres y así establecer un adecuado valor para el borde libre. Un análisis determinístico usando las propiedades de la cimentación y del material del cuerpo del terraplén puede ser usado

para obtener un borde libre que involucre posibles asentamientos, contracciones, agrietamientos, subsidencia y tolerancias por construcción.

El borde libre de los diques prediseñados tanto para el río Cauca como para el río Cali y el Canal Interceptor Sur se definió con un valor de **1,0 metro** (Figura 8.1).

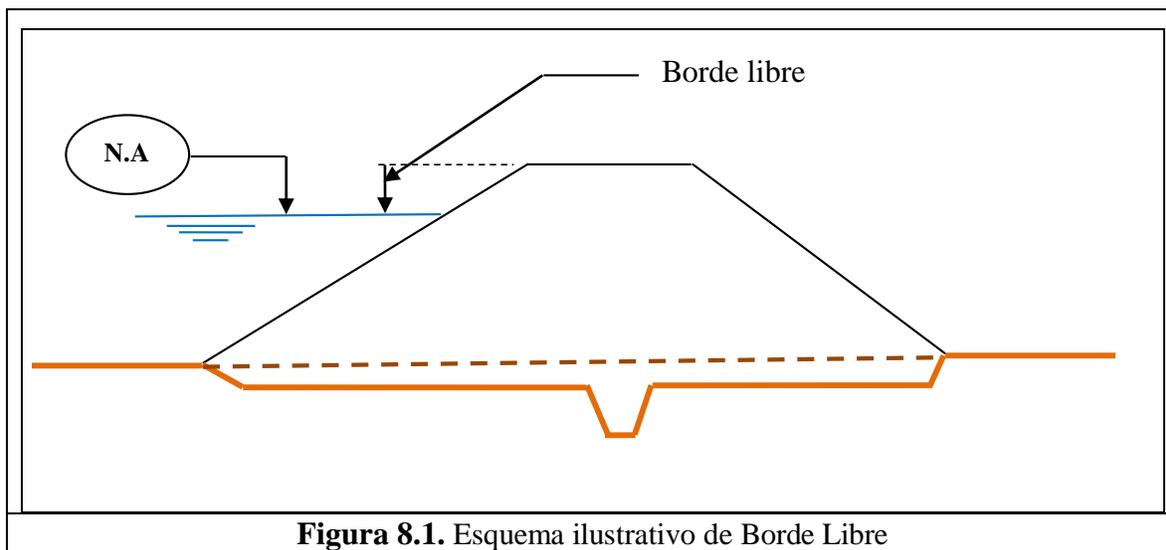


Figura 8.1. Esquema ilustrativo de Borde Libre

N.A.: Nivel de Agua para 1 en 100 años

8.1.4. Especificaciones y Recomendaciones:

8.1.4.1. Materiales a utilizar para conformar el cuerpo de los diques

Este es un aspecto determinante para la construcción de las obras. Con relación a los materiales de construcción y bajo el concepto de obtenerlos de zonas de préstamo, se deberán realizar tomas de muestras a las cuales se les realizarán ensayos de compactación para determinar y recomendar densidades de colocación y su respectivo contenido de humedad. Para estas condiciones de humedad, se prepararán muestras a las cuales se les realizará ensayos de corte directo (para los respectivos análisis de estabilidad) así como prueba de dispersividad (tipo Pin Hole Test) con el objeto de determinar el potencial de tubificación o dispersividad de los materiales que conforman el cuerpo de la estructura en tierra.

A continuación se muestran, como referencia, los materiales más adecuados para la construcción de diques (Tabla 8.1):

Tabla 8. 1. Materiales para la construcción de Diques.

TIPO DE SUELO	SIMBOLO	PERMEABILIDAD (compactado y saturado)	RESISTENCIA AL CORTE (Compactado y saturado)	COMPRESIBILIDAD (Compactado y saturado)	SUSCEPTIBILIDAD A LA TUBIFICACIÓN	SUSCEPTIBILIDAD AL AGRIETAMIENTO
Gravas arcillosas, mezclas mal gradadas de gravas, arenas y arcillas	GC	impermeable	Buena a regular	Muy buena	Muy baja	Baja
Gravas limosas mal gradadas, mezclas de arena, grava y limos	GM	semipermeable a impermeable	Buena	Despreciable	Alta	Nula
Arenas arcillosas, mezclas de arenas y arcillas mal gradadas	SC	impermeable	Buena a regular	Baja	Baja	Baja
Arenas limosas, mezclas de arena y limo mal gradadas	SM	semipermeable a impermeable	Buena	Baja	Media	Baja
Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras	CL	impermeable	Regular	Media	Alta	Alta a muy alta
Limos inorgánicos y arenas muy finas; arenas finas arcillosas o limosas con ligera plasticidad	ML	Semipermeable a impermeable	Regular	Media	Alta	Muy alta

Fuente: Información tomada del “Manual de mantenimiento de diques y cauces” de la SAG – CVC (1981).

Como elemento importante en la estabilidad del cuerpo de la estructura, está el de protección del cuerpo de la obra con vegetación tipo cespedones y/o vegetación arbustiva media. Para lo anterior y con base en averiguaciones locales, el biólogo que apoye el proyecto recomendará las especies de mayor disponibilidad y uso en la respectiva zona de proyecto.

8.1.4.2. Características del relleno:

La conformación del dique debe hacerse en capas no mayores a 30 cm de espesor, hasta obtener una densidad mínima del 90% de su próctor modificado. A nivel de diseño este porcentaje puede aumentarse a criterio del diseñador.

Todos los materiales que se vayan a utilizar para la conformación del cuerpo de los diques deberán estar exentos de troncos, ramas, raíces y en general de toda materia orgánica o cualquier otro elemento extraño al material especificado. Al efecto, deberán someterse a aprobación del INTERVENTOR los bancos de préstamo y el material producto de estos, o el material producto de las excavaciones que sea utilizable y del material seleccionado, antes de ser colocado en el dique a conformar. Estos materiales deben tener las siguientes características: Índice de plasticidad entre el 6% y el 15%, contenido de arena entre el 12 % y el 35% en peso y un límite líquido menor del 50%.

En el material recomendado la fracción de grava debe ser mayor que la de arena para que el material sea de una mayor resistencia y menor compresibilidad. Este material clasifica en el sistema USCS como GC (grava arcillosa).

En el caso de que los materiales utilizables para el relleno presenten individualmente características diferentes, el contratista deberá mezclarlos en forma adecuada, hasta obtener una uniformidad aceptable a juicio del interventor.

No obstante las anteriores referencias en cuanto a parámetros de los materiales, el geotecnista a cargo del proyecto podrá presentar sus propias recomendaciones con base en su experiencia y tipos de materiales disponibles en el sitio de la obra.

A continuación se presentan algunas recomendaciones a tener en cuenta cuando se avance a la etapa de diseño:

8.1.5. Aspectos importantes sobre el tema de los terraplenes de protección

Evitar filtraciones al nivel de la cimentación o desplante:

- Ser generoso con el descapote.
- Construir un dentellón de ser necesario.

Evitar erosión interna de los materiales del dique o terraplén (tubificación):

- No usar materiales limosos en el cuerpo del dique ni arcillas expansivas.
- Incorporar filtro ó barrera impermeable en la sección del cuerpo del dique en caso de ser necesario.

Evitar asentamientos excesivos que conduzcan a pérdida del borde libre:

- No desplantar sobre suelos muy compresibles.
- No desplantar sobre suelos inestables.

Evitar agrietamiento:

- No usar materiales arcillosos plásticos en el cuerpo del terraplén.
- No desplantar el dique sobre materiales de compresibilidades diferentes.

Evitar falla por cortante de taludes y en la cimentación

- Taludes $> 2:1$ para la cara mojada del dique.
- No construir con materiales finos saturados.

Evitar drenaje domiciliario a través del cuerpo del dique y la siembra de árboles

8.1.6. Aspectos importantes en la estabilidad de márgenes de un río

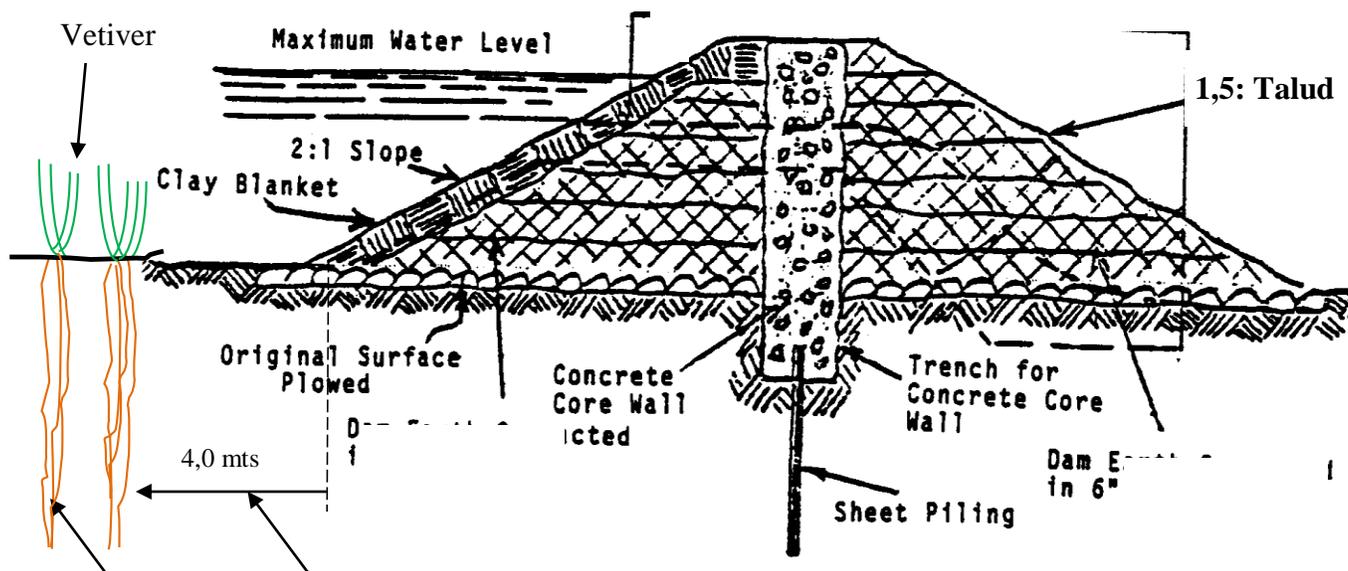
Evitar erosión sobre los barrancos del cauce:

- Protección con enrocamiento.
- Protección con bloques, bolsacreto, etc.
- Tablestacado.

Evitar erosión al pie del barranco:

- Dar suficiente desplante a la cimentación de las obras de protección.
- No construir con materiales que se fracturen fácilmente con la socavación.

Establecimiento de barrera viva para dar protección al dique frente a procesos de erosión de orilla.



Sistema radicular hasta de 5,0 mts de profundidad
 Berma para circulación de equipos en jornadas de mantenimiento

TERRAPLEN

8.1.7. Presupuestos de Obra a Nivel de Prediseño

8.1.7.1. Análisis de Precios Unitarios (APU)

A continuación se presentan los análisis de precios unitarios efectuados con base en los precios del mercado del año 2014, periodo en el que se elaboró el presente estudio (Tablas 8.2, 8.3, 8.4 y 8.5).

Tabla 8. 2. Análisis de Precios Unitarios ITEMS 1.1 y 2.2

APU ITEM:	1.1	FECHA:		UNIDAD :	M2	APU ITEM:	2.2	FECHA:		UNIDAD :	M3
Descripción:	Localización, trazado, replanteo y nivelación.					Descripción:	Excavación mecánica en zona de préstamo (máx. 5 Km.) bajo cualquier grado de humedad y entre 0 y 3 m de profundidad, Incluye transporte				

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.
Herramienta menor	varia	\$ 5,000	100.00	\$ 50
Estación total	Electrónica	\$ 20,000	100.00	\$ 200
Sub-Total				\$ 250

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
Puntillas, pinturas y tacos	gl	\$ 2,084	75.00	\$ 28
Sub-Total				\$ 28

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
Sub-Total					\$ 0

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.
Topógrafo	\$ 60,000	\$ 53,814	113,814	10000.00	\$ 11
Cadenero 1°	\$ 40,000	\$ 43,860	83,860	10000.00	\$ 8
Obrero	\$ 25,000	\$ 29,108	54,108	10000.00	\$ 5
Vigilante	\$ 25,000	\$ 27,413	52,413	10000.00	\$ 5
Sub-Total					\$ 30
Total Costo Directo					\$ 300

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor total
Administración, imprevistos, utilidad		
Precio unitario total aproximado al peso		

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.
Herramienta	varia	\$ 5,000	0.10	\$ 500
Excavadora de orugas	Cat 320	\$ 12,000	0.10	\$ 1,200
Sub-Total				\$ 1,700

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
				\$ 0
Sub-Total				\$ 0

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
Derechos de cantera	1.32	5	6.6	\$ 380	\$ 2,508
Volqueta	1.0	5	5.0	\$ 2,500	\$ 12,500
Sub-Total					\$ 15,008

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.
Obreros (2)	\$ 50,000	\$ 58,215	108,215	400.00	\$ 271
Topógrafo	\$ 60,000	\$ 53,814	113,814	200.00	\$ 569
Cadenero 1°	\$ 40,000	\$ 43,860	83,860	200.00	\$ 419
Sub-Total					\$ 1,259
Total Costo Directo					\$ 18,000

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor total
Administración, imprevistos, utilidad		
Precio unitario total aproximado al peso		

Tabla 8. 3. Análisis de Precios Unitarios ITEMS 1.3 y 2.1

APU ITEM:	1.3	FECHA:		UNIDAD :	M2	APU ITEM:	2.1	FECHA:		UNIDAD :	M3
Descripción:	Desmonte y retiro de material contaminante del área de emplazamiento del dique					Descripción:	Descapote mecánico (prof. = 50 cms) y disposición según recomendación del diseño ambiental				

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.
Herramienta	varia	Global		\$ 50
Sub-Total				\$ 50

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
				\$ 0
Sub-Total				\$ 0

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
Residuos vegetales (en botadero autorizado)	1.00	5	1.0	\$ 1,100	\$ 1,100
Sub-Total					\$ 1,100

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.
Obreros (son 2)	\$ 50,000	\$ 58,215	108,215	4000.00	\$ 27
Capataz	\$ 40,000	\$ 35,876	75,876	4000.00	\$ 19
Sub-Total					\$ 46

Total Costo Directo **\$ 1,200**

V.COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor total
Administración, imprevistos, utilidad		
Precio unitario total aproximado al peso		

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.
Herramienta	varia	\$ 5,000	0.10	\$ 500
Excavadora de orugas	CAT 320	\$ 12,000	0.10	\$ 1,200
Sub-Total				\$ 1,700

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
				\$ 0
Sub-Total				\$ 0

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
Volqueta (en botadero autorizado)	1.0	1	1.0	\$ 3,000	\$ 3,000
Sub-Total					\$ 3,000

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.
Obrero	\$ 25,000	\$ 29,108	54,108	150.00	\$ 361
Sub-Total					\$ 361

Total Costo Directo **\$ 5,000**

V.COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor total
Administración, imprevistos, utilidad		
Precio unitario total aproximado al peso		

Tabla 8. 4. Análisis de Precios Unitarios ITEMS 2.3 y 2.4

APU ITEM:	2.3	FECHA:		UNIDAD:	M3	APU ITEM:	2.4	FECHA:		UNIDAD:	M3
Descripción:	Conformación del dique, compactado al 90% del próctor modificado					Descripción:	Conformación de los taludes laterales del dique, hasta obtener las pendientes de diseño.				

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.
Cilindro compactador	CA-15	\$ 9,000	0.30	\$ 2,700
Motoniveladora	CAT 12F	\$ 9,000	0.40	\$ 3,600
Sub-Total				\$ 6,300

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
Densímetro nuclear (control de compactación)	Unidad	\$ 100,000	0.02	\$ 2,000
Sub-Total				\$ 2,000

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
Internos	1.0	0.5	0.5	\$ 2,000	\$ 1,000
Sub-Total					\$ 1,000

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.
Obreros (son 2)	\$ 50,000	\$ 58,215	108,215	75.00	\$ 1,443
Topógrafo	\$ 60,000	\$ 53,814	113,814	150.00	\$ 759
Cadenero 1°	\$ 40,000	\$ 43,860	83,860	150.00	\$ 559
Sub-Total					\$ 2,761

Total Costo Directo **\$ 12,000**

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor total
Administración, imprevistos, utilidad		
Precio unitario total aproximado al peso		

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.
Herramienta menor	varia	\$ 5,000	0.10	\$ 500
Bulldozer		\$ 15,000	0.30	\$ 4,500
Sub-Total				\$ 5,000

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
Sub-Total				\$ 0

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
Sub-Total					\$ 0

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.
Obreros (son 2)	\$ 50,000	\$ 58,215	108,215	36.00	\$ 3,000
Sub-Total					\$ 3,000

Total Costo Directo **\$ 8,000**

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor total
Administración, imprevistos, utilidad		
Precio unitario total aproximado al peso		

Tabla 8. 5. Análisis de Precios Unitarios ITEMS 3.1 y 3.2

APU ITEM:	3.1	FECHA:		UNIDAD:	M2
Descripción:	Empradización de taludes y revegetalización con pasto tipo Vetiver para control de erosión, incluye conformación y nivelación de la superficie y capa de abono orgánico tipo gallinaza de 10 cm de espesor.				

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.
Herramienta	varia	\$ 500	0.05	\$ 25
Sub-Total				\$ 25

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
Vetiver	un	\$ 850	2.00	\$ 1,700
Tierra del descapote	m3	\$ 500	0.07	\$ 35
				\$ 0
Sub-Total				\$ 1,735

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
Internos	1.0	1	1.0	\$ 150	\$ 150
Sub-Total					\$ 150

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.
Obreros (2)	\$ 40,000	\$ 46,572	86,572	350.00	\$ 247
Oficial	\$ 32,000	\$ 35,088	67,088	350.00	\$ 192
Capataz	\$ 62,000	\$ 55,608	117,608	700.00	\$ 168
Sub-Total					\$ 607

Total Costo Directo **\$ 2,500**

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor total
Administración, imprevistos, utilidad		
Precio unitario total aproximado al peso		

APU ITEM:	3.2	FECHA:		UNIDAD:	UN
Descripción:	Tala de árboles de diámetro mayor a 4" y altura entre 3 y 8 m. existentes en el área de emplazamiento del dique.				

I. EQUIPO

Descripción	Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.
Herramienta	motosierra	\$ 5,800	1.00	\$ 5,800
Sub-Total				\$ 5,800

II. MATERIALES EN OBRA

Descripción	Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
				\$ 0
				\$ 0
				\$ 0
Sub-Total				\$ 0

III. TRANSPORTES

Material	Vol-peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
Internos	1.0	1	1.0	\$ 2,000	\$ 2,000
Residuos vegetales	2.00	5	10.0	\$ 1,100	\$ 11,000
(en botadero autorizado)					
Sub-Total					\$ 13,000

IV. MANO DE OBRA

Trabajador	Jornal	Prestaciones	Jornal Total	Rendimiento	Valor-Unit.
Obreros (2)	\$ 40,000	\$ 46,572	86,572	1.50	\$ 57,715
Capataz	\$ 62,000	\$ 55,608	117,608	5.00	\$ 23,522
Sub-Total					\$ 81,236

Total Costo Directo **\$ 100,000**

V. COSTOS INDIRECTOS

Descripción	Porcentaje	Valor total
Administración, imprevistos, utilidad		
Precio unitario total aproximado al peso		

8.1.7.2. Presupuestos de referencia

En las siguientes tablas se presentan los presupuestos de referencia por Kilómetro de Dique para diferentes alturas (Tablas 8.6, 8.7 y 8.8) y los presupuestos estimados de obra para los Diques en la margen derecha del Río Cauca (Tablas 8.9, 8.10, 8.11 y 8.12), margen izquierda de Río Cali y margen derecha del Canal Interceptor Sur con base en las cantidades de obra a nivel de prediseños obtenidos en el estudio.

Tabla 8. 6. Presupuesto de referencia - Dique de H = 2,5 Mts / L = 1000 Mts.
(A Precios De Diciembre De 2014)

ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES				11,960,000
1.1	Localización, trazado, replanteo y nivelación. Se utilizará equipo de precisión, personal experto. Se hará con la frecuencia que lo indique la interventoría.	m2	14000	300	4,200,000
1.2	Construcción de campamento - oficinas Area = 18 m2 mínimo		1	2,000,000	2,000,000
1.3	Desmote y retiro de material contaminante del área de emplazamiento del dique (se estima un 40% del área de contacto)	m ²	4800	1,200	5,760,000
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				718,080,000
2.1	Descapote mecánico (profundidad estimada = 50 cms) y disposición según recomendación ambiental	m3	6000	5,000	30,000,000
2.2	Excavación mecánica en zona de préstamo (distancia máx. = 5 kms) bajo cualquier grado de humedad y entre 0 y 3 metros de profundidad, incluye transporte.	m3	24440	18,000	439,920,000
2.3	Conformación del cuerpo del dique, compactado al 90% del próctor modificado	m3	18800	12,000	225,600,000
2.4	Conformación de taludes laterales del dique, hasta obtener pendientes de diseño. (estimado el 15% del cuerpo del dique)	m3	2820	8,000	22,560,000
3	OBRAS VARIAS				26,000,000
3.1	Empradización de taludes y revegetalización con pasto tipo VETIVER para control de erosión. Incluye conformación y nivelación de la superficie y capa de abono orgánico tipo gallinaza e=10 cm.	m ²	10000	2,500	25,000,000
3.2	Tala de árboles de diámetro mayor a 4" y altura entre 3 y 8 mts existentes en el área de emplazamiento del dique	unidad	10	100,000	1,000,000
	VALOR COSTO DIRECTO ESTIMADO POR KILOMETRO				756,040,000
	AUI (%)				
	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (1% del costo directo)				7,560,400
	VALOR TOTAL POR KILOMETRO DE LONGITUD DE DIQUE				\$ 763,600,400

Características: ancho de corona = 3,00 mts / talud seco H:1,5, V:1 / talud mojado H:2, V:1

Tabla 8. 7. Presupuesto de referencia - dique de h = 3,5 mts / l = 1000 mts
(a precios de diciembre de 2014)

ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES				14,690,000
1.1	Localización, trazado, replanteo y nivelación. Se utilizará equipo de precisión, personal experto. Se hará con la frecuencia que lo indique la interventoría.	m2	17500	300	5,250,000
1.2	Construcción de campamento - oficinas Area = 18 m2 mínimo	unidad	1	2,000,000	2,000,000
1.3	Desmote y retiro de material contaminante del área de emplazamiento del dique (se estima un 40% del área de contacto)	m ²	6200	1,200	7,440,000
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,228,250,000
2.1	Descapote mecánico (profundidad estimada = 50 cms) y disposición según recomendación ambiental	m3	7750	5,000	38,750,000
2.2	Excavación mecánica en zona de préstamo (distancia máx. = 5 km) bajo cualquier grado de humedad y entre 0 y 3 metros de profundidad, incluye transporte.	m3	42250	18,000	760,500,000
2.3	Conformación del cuerpo del dique, compactado al 90% del próctor modificado	m3	32500	12,000	390,000,000
2.4	Conformación de taludes laterales del dique, hasta obtener pendientes de diseño. (estimado el 15% del cuerpo del dique)	m3	4875	8,000	39,000,000
3	OBRAS VARIAS				36,550,000
3.1	Empradización de taludes y revegetalización con pasto tipo VETIVER para control de erosión. Incluye conformación y nivelación de la superficie y capa de abono orgánico tipo gallinaza e=10 cm.	m ²	14100	2,500	35,250,000
3.2	Tala de árboles de diámetro mayor a 4" y altura entre 3 y 8 mts existentes en el área de emplazamiento del dique	unidad	13	100,000	1,300,000
	VALOR COSTO DIRECTO ESTIMADO POR KILOMETRO				1,279,490,000
	AUI (...%)				
	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (1% del costo directo)				12,794,900
	VALOR TOTAL POR KILOMETRO DE LONGITUD DE DIQUE				\$ 1,292,284,900

Características: ancho de corona = 3,00 mts / talud seco H:1,5, V:1 / talud mojado H:2, V:1

Tabla 8. 8. Presupuesto de referencia - Dique de H = 4,5 Mts / L = 1000 Mts.
(a precios de Diciembre de 2014)

ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	PRELIMINARES				17,420,000
1.1	Localización, trazado, replanteo y nivelación. Se utilizará equipo de precisión, personal experto. Se hará con la frecuencia que lo indique la interventoría.	m2	21000	300	6,300,000
1.2	Construcción de campamento - oficinas Area = 18 m2 mínimo	unidad	1	2,000,000	2,000,000
1.3	Desmante y retiro de material contaminante del área de emplazamiento del dique (se estima un 40% del área de contacto)	m ²	7600	1,200	9,120,000
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS				1,859,200,000
2.1	Descapote mecánico (profundidad estimada = 50 cms) y disposición según recomendación ambiental	m3	9500	5,000	47,500,000
2.2	Excavación mecánica en zona de préstamo (distancia máx. = 5 kms) bajo cualquier grado de humedad y entre 0 y 3 metros de profundidad, incluye transporte.	m3	64350	18,000	1,158,300,000
2.3	Conformación del cuerpo del dique, compactado al 90% del próctor modificado	m3	49500	12,000	594,000,000
2.4	Conformación de taludes laterales del dique, hasta obtener pendientes de diseño. (estimado el 15% del cuerpo del dique)	m3	7425	8,000	59,400,000
3	OBRAS VARIAS				46,600,000
3.1	Empradización de taludes y revegetalización con pasto tipo VETIVER para control de erosión. Incluye conformación y nivelación de la superficie y capa de abono orgánico tipo gallinaza e=10 cm.	m ²	18000	2,500	45,000,000
3.2	Tala de árboles de diámetro mayor a 4" y altura entre 3 y 8 mts existentes en el área de emplazamiento del dique	un	16	100,000	1,600,000
	VALOR COSTO DIRECTO ESTIMADO POR KILOMETRO				1,923,220,000
	AUI (...%)				
	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (1% del costo directo)				19,232,200
	VALOR TOTAL POR KILOMETRO DE LONGITUD DE DIQUE				\$ 1,942,452,200

Características: ancho de corona = 3,00 mts / talud seco H:1,5, V:1 / talud mojado H:2, V:1

Tabla 8. 9. Dique Margen Derecha Río Cauca - Sector Candelaria
Estimativo presupuestal (a costo directo de diciembre de 2014)

ABSCISAS		LONG. TRAMO	ALTURA DIQUE (mts)		AREA DEL DIQUE (m2)			VOLUMEN (m3)	PRESUPUESTO	
INICIAL	FINAL	(metros)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	MEDIA	(ver Nota 1)	(\$)	
0.00	497.40	497.40	2.5	4.0	18.8	41.0	29.9	14872	\$592,146,978	
497.40	769.00	271.60	4.0	3.5	41.0	32.5	36.8	9981	\$395,130,939	
769.00	1326.50	557.50	3.5	3.5	32.5	32.5	32.5	18119	\$720,448,832	
1326.50	1404.80	78.30	3.5	3.5	32.5	32.5	32.5	2545	\$101,185,908	
1404.80	1490.50	85.70	3.5	3.5	32.5	32.5	32.5	2785	\$110,748,816	
1490.50	1800.30	309.80	3.5	3.0	32.5	25.7	29.1	9015	\$359,403,247	
1800.30	2381.90	581.60	3.0	4.0	25.7	41.0	33.4	19396	\$769,256,497	
2381.90	2924.80	542.90	4.0	3.5	41.0	32.5	36.8	19952	\$789,825,429	
2924.80	3519.00	594.20	3.5	4.5	32.5	49.5	41.0	24362	\$961,040,392	
3519.00	3886.80	367.80	4.5	4.5	49.5	49.5	49.5	18206	\$714,433,919	
3886.80	4830.3	943.50	4.5	4.0	49.5	41.0	45.3	42693	\$1,679,345,439	
4830.30	5018.70	188.40	4.0	4.0	41.0	41.0	41.0	7724	\$304,712,235	
5018.70	5409.30	390.60	4.0	4.5	41.0	49.5	45.3	17675	\$695,232,992	
5409.30	5818.80	409.50	4.5	3.0	49.5	25.7	37.6	15397	\$608,188,346	
5818.80	6132.30	313.50	3.0	4.0	25.7	41.0	33.4	10455	\$414,652,531	
6132.30	6522.90	390.60	4.0	3.5	41.0	32.5	36.8	14355	\$568,255,319	
6522.90	7236.90	714.00	3.5	2.5	32.5	18.8	25.7	18314	\$733,951,052	
7236.90	7699.10	462.20	2.5	4.0	18.8	41.0	29.9	13820	\$550,241,924	
7699.10	8358.80	659.70	4.0	4.5	41.0	49.5	45.3	29851	\$1,174,206,874	
8358.80	8885.80	527.00	4.5	4.0	49.5	41.0	45.3	23847	\$938,012,768	
8885.80	9522.60	636.80	4.0	4.5	41.0	49.5	45.3	28815	\$1,133,446,927	
9522.60	9838.90	316.30	4.5	3.5	49.5	32.5	41.0	12968	\$511,573,672	
9838.90	10235.00	396.10	3.5	3.0	32.5	25.7	29.1	11527	\$459,521,066	
10235.00	10808.10	573.10	3.0	4.5	25.7	49.5	37.6	21549	\$851,166,644	
10808.10	11309.40	501.30	4.5	3.5	49.5	32.5	41.0	20553	\$810,786,854	
11309.40	11634.60	325.20	3.5	2.5	32.5	18.8	25.7	8341	\$334,286,950	
11634.60	11836.30	201.7	2.5	1.5	18.8	8.7	13.8	2773	\$136,911,108	
TOTALES ESTIMADOS		11836.30							439892	\$16,430,835,742

Nota 1: Los volúmenes calculados no incluyen factor de expansión

Tramo: Canal Interceptor Sur - Puente de Juanchito

Tabla 8. 10. Dique margen Derecha Río Cauca – Sector Palmira
Estimativo presupuestal (a costo directo de Diciembre de 2014)

ABSCISAS		LONG. TRAMO	ALTURA DIQUE (mts)		AREA DEL DIQUE (m2)			VOLUMEN (m3)	PRESUPUESTO	
INICIAL	FINAL	(metros)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	MEDIA	(ver Nota 1)	(\$)	
0.00	370.00	370.00	3.0	4.0	25.7	41.0	33.4	12340	\$489,382,572	
370.00	1185.00	815.00	4.0	4.5	41.0	49.5	45.3	36879	\$1,450,626,956	
1185.00	1845.00	660.00	4.5	4.5	49.5	49.5	49.5	32670	\$1,282,018,452	
1845.00	2188.00	343.00	4.5	4.0	49.5	41.0	45.3	15521	\$610,509,259	
2188.00	2827.00	639.00	4.0	4.5	41.0	49.5	45.3	28915	\$1,137,362,730	
2827.00	3253.00	426.00	4.5	4.5	49.5	49.5	49.5	21087	\$827,484,637	
3253.00	3632.00	379.00	4.5	4.5	49.5	49.5	49.5	18761	\$736,189,384	
3632.00	4017.00	385.00	4.5	4.0	49.5	41.0	45.3	17421	\$685,265,494	
4017.00	4277.00	260.00	4.0	3.5	41.0	32.5	36.8	9555	\$378,254,949	
4277.00	4720.00	443.00	3.5	3.5	32.5	32.5	32.5	14398	\$572,482,211	
4720.00	5052.00	332.00	3.5	0.0	32.5	0.0	16.3	5395	\$214,519,293	
TOTALES ESTIMADOS		5052.00							212940	\$6,444,086,408

Nota 1: Los volúmenes calculados no incluyen factor de expansión

Tramo: Puente de Juanchito – Desembocadura Río Cali

Tabla 8. 11.Dique Margen Izquierda Rio Cali
Estimativo presupuestal (a costo directo de Diciembre de 2014)

ABSCISAS		LONG. TRAMO	ALTURA DIQUE (mts)		AREA DEL DIQUE (m2)			VOLUMEN (m3)	PRESUPUESTO	
INICIAL	FINAL	(metros)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	MEDIA	(ver Nota 1)	(\$)	
CALLE 70	599.00	599.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0	\$0	
599.00	1250.00	651.00	1.5	1.5	8.7	8.7	8.7	5664	\$386,675,333	
1250.00	1401.00	151.00	1.5	2.0	8.7	13.0	10.9	1638	\$186,146,335	
1401.00	1552.00	151.00	2.0	3.0	13.0	25.7	19.4	2922	\$125,838,003	
1552.00	1649.00	97.00	3.0	3.5	25.7	32.5	29.1	2823	\$112,531,036	
1649.00	2098.00	449.00	4.5	4.5	49.5	49.5	49.5	22226	\$872,161,038	
TOTALES ESTIMADOS		2098.00							35272	\$1,683,351,745

Nota 1: Los volúmenes calculados no incluyen factor de expansión

Tramo: Calle 70 - Rio Cauca

Tabla 8. 12. Dique Margen Derecha del Canal Interceptor Sur
Estimativo presupuestal (a costo directo de Diciembre de 2014)

ABSCISAS		LONG. TRAMO	ALTURA DIQUE (mts)		AREA DEL DIQUE (m2)			VOLUMEN (m3)	PRESUPUESTO (\$)
INICIAL	FINAL	(metros)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	MEDIA	(ver Nota 1)	
2800.00	3000.00	200.00	3.5	2.0	32.5	13.0	22.8	4550	\$193,107,076
3000.00	3100.00	100.00	2.0	3.5	13.0	32.5	22.8	2275	\$96,553,538
3100.00	3200.00	100.00	3.5	2.5	32.5	18.8	25.7	2565	\$102,794,265
3200.00	3300.00	100.00	2.5	1.5	18.8	8.7	13.8	1375	\$135,757,173
3300.00	3500.00	200.00	1.5	1.5	8.7	8.7	8.7	1740	\$118,794,265
3500.00	3600.00	100.00	1.5	4.0	8.7	41.0	24.9	2485	\$110,566,994
3600.00	3700.00	100.00	4.0	4.0	41.0	41.0	41.0	4100	\$161,736,855
3700.00	3800.00	100.00	4.0	4.5	41.0	49.5	45.3	4525	\$177,991,038
3800.00	3900.00	100.00	4.5	4.5	49.5	49.5	49.5	4950	\$194,245,220
3900.00	4000.00	100.00	4.5	4.0	49.5	49.5	49.5	4950	\$177,991,038
4000.00	4100.00	100.00	4.0	1.5	41.0	8.7	24.9	2485	\$110,566,994
4100.00	4200.00	100.00	1.5	1.5	8.7	8.7	8.7	870	\$59,397,133
4200.00	4300.00	100.00	1.5	2.5	8.7	18.8	13.8	1375	\$135,757,173
4300.00	4400.00	100.00	2.5	3.5	18.8	32.5	25.7	2565	\$102,794,265
4400.00	4500.00	100.00	3.5	2.5	32.5	18.8	25.7	2565	\$102,794,265
4500.00	4600.00	100.00	2.5	3.5	18.8	32.5	25.7	2565	\$102,794,265
4600.00	4900.00	300.00	3.5	3.5	32.5	32.5	32.5	9750	\$387,685,470
4900.00	5000.00	100.00	3.5	3.0	32.5	25.7	29.1	2910	\$116,011,378
5000.00	5200.00	200.00	3.0	3.0	25.7	25.7	25.7	5140	\$205,588,530
5200.00	5300.00	100.00	3.0	4.0	25.7	41.0	33.4	3335	\$132,265,560
5300.00	5400.00	100.00	4.0	3.0	41.0	49.5	45.3	4525	\$177,991,038
5400.00	5500.00	100.00	3.0	2.5	25.7	18.8	22.3	2225	\$89,577,153
5500.00	5600.00	100.00	2.5	2.5	18.8	18.8	18.8	1880	\$38,180,020
5600.00	5700.00	100.00	2.5	2.0	18.8	13.0	15.9	1590	\$70,119,313
5700.00	6600.00	900.00	2.0	2.0	13.0	13.0	13.0	11700	\$574,907,277
6600.00	6700.00	100.00	2.0	2.5	13.0	18.8	15.9	1590	\$70,119,313
6700.00	6800.00	100	2.5	2.5	18.8	18.8	18.8	1880	\$76,360,040

CONTINUACIÓN Tabla 8.12

ABSCISAS		LONG. TRAMO (metros)	ALTURA DIQUE (mts)		AREA DEL DIQUE (m2)			VOLUMEN (m3) (ver Nota 1)	PRESUPUESTO (\$)
INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	MEDIA		
6800.00	6900.00	100	2.5	3.0	18.8	25.7	22.3	2225	\$89,577,153
6900.00	7000.00	100	3.0	3.0	25.7	25.7	25.7	2570	\$102,794,265
7000.00	7100.00	100	3.0	2.0	25.7	13.0	19.4	1935	\$83,336,426
7100.00	7200.00	100	2.0	1.5	13.0	8.7	10.9	1085	\$123,275,719
7200.00	7300.00	100	1.5	1.5	8.7	8.7	8.7	870	\$59,397,133
DIQUE RIO LILI M.D y M.I:									
		3900	3.5	3.5	32.5	32.5	32.5	126750	\$5,039,911,110
DIQUE PARALELO A LA CALLE 61:									
		2150	3.5	3.5	32.5	32.5	32.5	69875	\$2,778,412,535
TOTALES ESTIMADOS		10550.00						297775	\$12,009,490,370

Nota 1: Los volúmenes calculados no incluyen factor de expansión

NOTA2: El dique paralelo al Canal Interceptor Sur inicia 2800 metros aguas arriba de la desembocadura al río Cauca.

Tramo: Calle 25 - Calle 61

8.2. MEDIDAS NO ESTRUCTURALES PARA LA MITIGACIÓN DE RIESGO POR INUNDACIÓN

Las medidas no estructurales, solas o en conjunto con las estructurales, pueden minimizar significativamente las afectaciones de los elementos expuestos en las áreas amenazadas y, por ende, disminuir los costos de los posibles daños.

Entre las principales medidas no estructurales recomendadas se basan en los siguientes aspectos:

- Instrumentación de sistemas de monitoreo de variables hidrometeorológicas en los ríos Cauca, Cali y el Canal Interceptor Sur en áreas cercanas a la zona de estudio. Este sistema de monitoreo requiere de la instalación de estaciones automáticas y telemétricas para la captación de los datos de precipitación en tiempo real, los cuales se transmiten a una estación central que reporta a las instituciones encargadas de dar las señales de alerta a la población. La implementación de un sistema de alerta temprana requiere de la definición de los umbrales de lluvia o valores críticos que pueden generar aludes torrenciales
- Construcción de un sistema de pronóstico y alerta temprana: tienen la finalidad de anticiparse a la ocurrencia de la inundación, avisando a la población para la oportuna evacuación de las áreas potencialmente afectadas por el fenómeno y tomando las medidas necesarias para reducir los perjuicios resultantes de la inundación. Para el sistema de pronóstico se requiere de un sistema de monitoreo (registro continuo y permanente de precipitaciones y niveles de agua en el río Cauca, la parte baja del río Cali y el Canal Interceptor Sur) y transmisión telemétrica a un centro de pronósticos
- Elaboración y desarrollo de programas de prevención, educación y alerta, dirigidos a toda la población, incluyendo hospitales, escuelas, instituciones públicas y privadas, industrias, infraestructura.
- Elaboración de planes de contingencia y evacuación: tiene la finalidad de planificar como se debe actuar y que se debe hacer en el momento de la ocurrencia de un evento, además identificar las vías de evacuación y los lugares seguros para dirigir la población y este fuera de peligro.
- Elaboración de mapas de amenaza y riesgo con el fin de realizar una zonificación técnica de las áreas sometidas a diferentes niveles o grados de amenaza, así:

Zona de amenaza alta: cualquier construcción que exista en esta área reduce el área de escurrimiento, elevando los niveles de aguas arriba de esta sección; esta zona debe quedar libre para evitar daños importantes y represamientos; no se debe permitir ninguna nueva construcción en esta zona y el municipio podrá, paulatinamente, trasladar las construcciones existentes; esta área puede ser usada como áreas de protección.

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

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

Se recomienda diseñar e implementar un programa de mediciones de campo orientado a la recolección de información durante la ocurrencia del fenómeno de inundaciones en las áreas vecinas al *Plan Jarillon de Cali*: El programa debe permitir la toma de datos e información sobre las características más importantes de los eventos catastróficos, tales como, registro de niveles de agua, duración de las crecientes, límites de áreas inundadas o afectadas, profundidades de agua y lodos en las diferentes zonas afectadas, toma y análisis de muestras de lodos para determinar sus propiedades sedimentológicas (granulometrías, concentraciones, etc.) y reológicas (esfuerzos cortantes, viscosidad). El análisis de la información recolectada permitirá la optimización y actualización de los modelos hidrodinámicos y de lodos implementados en el presente estudio.

El sistema de monitoreo hidrometeorológico requiere de la instalación de estaciones automáticas y telemétricas para la captación de los datos de precipitación en tiempo real, los cuales se transmiten a una estación central que reporta a las instituciones encargadas de dar las señales de alerta a la población. La implementación de un sistema de alerta temprana requiere de la definición de los umbrales de lluvia o valores críticos que pueden generar aludes torrenciales.

Tanto las medidas estructurales como las no estructurales pueden reducir los efectos de los eventos naturales más peligrosos. Las medidas de mitigación estructurales incluyen medidas y normas físicas, tales como códigos de construcción, especificación de materiales y estándares de rendimiento en la construcción de edificaciones, readaptación de las estructuras ya existentes para aumentar su resistencia y mecanismos de protección, como por ejemplo diques. Las medidas de mitigación no estructurales se concentran principalmente en identificar las áreas de alto riesgo y limitar su uso. Algunos ejemplos de medidas no estructurales son la zonificación del uso de la tierra, selección de lugares para edificación, incentivos fiscales, programas de seguros, reubicación de residentes y establecimiento de sistemas de alerta

Probablemente, para ciertos sectores las medidas de mitigación no estructurales sean la mejor alternativa, ya que las medidas estructurales tienen un costo directo para las administraciones municipales. Esto no quiere decir que las medidas de mitigación no estructurales no tengan costo alguno, sino que por ejemplo en un área sujeta a inundaciones, los costos económicos y sociales de medidas tales como zonificación restrictiva y seguro de edificaciones, maquinaria, insumos, cultivos, etc, probablemente serán muy inferiores a los que requeriría un sistema de control de inundaciones.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los fenómenos de inundación en la región ocasionan millonarias pérdidas económicas, familias damnificadas y en algunos casos, muertos, además, el deterioro de la infraestructura vial, el sistema de alcantarillado y reducción en la actividad productiva en estas comunidades.

La principal causa es la ausencia de la planificación integral y la gestión del riesgo de inundaciones, las cuales se presentan, generalmente, por la falta de coordinación y trabajo conjunto de los organismos de apoyo ante la ocurrencia de estos eventos desastrosos. La historicidad evidencia zonas donde se han presentado eventos pasados, que sirven de base, para la realización de medidas de mitigación ante inundaciones, por ejemplo, obras de control de inundaciones, que promuevan la protección de las comunidades, además, evidencia patrones de recurrencia de los eventos y su posible afectación.

- La probable ocurrencia de una creciente con periodo de retorno de 100 años en los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur inundaría extensas áreas (vecinas al proyecto *Plan Jarillón de Cali*) de los municipios de Candelaria y Palmira principalmente, y de los municipios de Santiago de Cali y Yumbo, en menor proporción. La extensión total de las áreas que se afectarían por el fenómeno de inundaciones en los 4 municipios es de 10.196,51 ha, de las cuales 9.378,09 se hallan en zonas de amenaza alta; 439,96 ha en zonas de amenaza media y solamente 37,46 en zonas de amenaza baja.
- Áreas amenazadas en cada uno de los municipios vecinos al proyecto *Plan Jarillón de Cali* es la siguiente:

Áreas amenazadas en cada municipio.

MUNICIPIO	ÁREA AMENAZADA POR INUNDACIONES (HA)			
	NIVEL DE AMENAZA			
	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL
Candelaria	187,13	201,55	3858,39	4247,07
Palmira	58,01	68,17	3969,17	4095,35
Cali	115,86	100,66	1392,92	1609,44
Yumbo	17,46	69,58	157,61	244,65
Total	37,46	439,96	9378,09	10196,51

- El 92,0% del área total expuesta al fenómeno de inundaciones corresponde a zonas de amenaza alta; el 4,3% a zonas de amenaza media y el 3,7% a zonas de amenaza baja.
- De acuerdo con la metodología de zonificación de amenaza por inundaciones establecida en el estudio, dado que se trata de una frecuencia o periodo de retorno de las crecientes

en los ríos Cauca y Cali y en el Canal Interceptor Sur de 100 años (es decir, frecuencia baja), la clasificación de la amenaza en alta, media y baja dependerá de la magnitud de la profundidad del agua en las áreas afectadas, así: amenaza alta, cuando la profundidad es mayor o igual a 1,0 m; amenaza media, cuando la profundidad de agua se halla entre 0,5 y 1,0 m; y amenaza baja, cuando la profundidad de agua es inferior a 1,0 m.

- La altura de los diques marginales de protección que se requieren para prevenir o mitigar el riesgo por inundaciones en las áreas vecinas al Proyecto *Plan Jarillón de Cali* es variable, dada la irregularidad natural del terreno.

En cuanto a la vulnerabilidad el 96.55% del área de estudio se encuentra en Vulnerabilidad baja correspondiente a los centros poblados cuyas condiciones de infraestructura, economías y en general medios de subsistencia son adecuados. En este rango se pueden ubicar El Caney, Ciudad 2000 y Brisas de los Álamos en el municipio de Santiago de Cali, las áreas industriales y comerciales de Acopi en el municipio de Yumbo y La Dolores en el municipio de Palmira, además el área Agrícola de los municipios de Palmira y Candelaria. Es importante recalcar que aunque en los resultados del estudio esta población se encuentra con vulnerabilidad baja, esto no debe entenderse como excusa para no implementar programas para la reducción de la vulnerabilidad, porque los límites de esta pueden ser de gran sensibilidad sobre todo en aspectos socioeconómicos donde interviene la estabilidad en el empleo y demás indicadores que pueden fluctuar.

La Vulnerabilidad media se expresa en el 2.36% del área de estudio representada en los asentamientos cuyas condiciones socioeconómicas y en general medios de subsistencia son aceptables. A este rango corresponden los centros poblados de la Urb. Ciudad del Campo, la urb. Poblado Campestre, Brisas del Limonar y los predios industriales de Domingo Largo, Juanchito, La Dolores y Cauca Seco. En estos núcleos poblacionales es necesario implementar estrategias para la reducción de la vulnerabilidad social. Es importante mencionar que la mayor parte del área de estudio corresponde a uso de suelo agrícola donde la evaluación está más dada por condiciones físicas de los cultivos propiamente, sin que se puedan destacar datos corporales y estructurales como en los centros poblados, cuya área comparativamente es mínima.

El 1,08% del área de estudio se encuentra en Vulnerabilidad alta, esto corresponde a las zonas que presentan mayor contacto con la amenaza, sus condiciones socioeconómicas son precarias y poseen escasa o nula capacidad de respuesta para hacer frente a situaciones adversas, a este rango de vulnerabilidad pertenecen sectores de Juanchito, La Dolores, El Estero, Domingo Largo y Caucaseco. Algunos de estos asentamientos presentan condiciones que demandan atención prioritaria por parte de las autoridades porque pueden ser muy

frágiles ante la ocurrencia de inundaciones. Ello se agrava si se tiene en cuenta su grado de exposición.

En todos los casos se puede evidenciar presencia de vulnerabilidad diferencial como rasgo distintivo de los procesos y dinámicas sociales presentes en la zona de estudio, lo cual demanda de acciones focalizadas en el marco de los procesos de participación de la comunidad articulados a los derechos y obligaciones que les otorga la ley. En este sentido, es prioritario dentro de los procesos de gestión del riesgo que orienta la ley 1523 de 2012 priorizar acciones enfocadas a la reducción de la vulnerabilidad en el área de estudio.

La relación entre el peligro de un fenómeno natural y las condiciones vulnerables creadas por una comunidad en su entorno físico y social es lo que determina el grado de afectación que pueda sufrir la misma. La importancia de elaborar un mapa de afectación, en las áreas vecinas al proyecto *Plan Jarillon de Cali*, por fenómenos de inundación a partir del desarrollo de la metodología propuesta en este estudio, se ve reflejada en el gran aporte que realiza al entendimiento del origen y comportamiento de escenarios de riesgo en los que sin duda, es el primer paso para estructurar y aplicar acciones que eviten, en la medida de lo posible, pérdidas humanas y materiales, como consecuencia de la acción de dichos fenómenos.

En cuanto a los resultados arrojados por la evaluación de la afectación en los municipios de Santiago de Cali la ocupación podría decirse que es netamente habitacional en los barrios de las tres comunas. En el municipio de Palmira los corregimientos de la Dolores presentan un área mayormente industrial y comercial, Caucaseco una ocupación heterogénea y en Juanchito predomina el uso habitacional con la localización de las Urbanizaciones Pereira y Ciudad del Campo; Candelaria presenta una ocupación más sectorizada en el centro Poblado de Juanchito, la mayor área es industrial y comercial al igual que el sector de Domingo Largo al localizarse el complejo industrial la Nubia y en el corregimiento de el Carmelo su uso es más habitacional al localizarse la Urbanización Poblado Campestre por último está el municipio de Yumbo donde la mayoría de los predios son industriales y comerciales.

Es así como en la zona de estudio ante los fenómenos de inundación, existen tres niveles diferenciados de afectación:

Afectación Baja: La zona se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza relativamente bajos al igual que unas condiciones de vulnerabilidad bajas con el 13%. Los daños que pueden presentarse en las edificaciones son ligeros no estructurales sin que se vea afectada la estabilidad de las mismas y en la zona agrícola los cultivos principalmente de caña de azúcar podrán resistir, aclarando que la afectación a los cultivos está asociado a la edad de la plata.

Las áreas que quedaron bajo esta clasificación son sectores de los barrios Brisas del limonar, de Ciudad 2000 y el Caney en el municipio de Santiago de Cali, un sector de Acopi en Yumbo y un sector agropecuario de los municipios de Palmira y Candelaria

Afectación Media: La zona se caracteriza por presentar unos niveles de amenaza moderada, al igual que unos niveles de vulnerabilidad socioeconómica y estructural relativamente moderados con el 60.09%. Deben realizarse pequeñas obras de mitigación para reducir la exposición frente a la amenaza; así mismo deben desarrollarse programas tendientes a la reducción de la vulnerabilidad de la población y la adecuación de las edificaciones que presentan problemas estructurales considerables

Las áreas que quedaron bajo esta clasificación son el barrio Brisas de los Álamos, sectores de los barrios Brisas del limonar y de Ciudad 2000 y el área de expansión en el corregimiento del Hormiguero y el corregimiento de Navarro en el municipio de Santiago de Cali, mayoritariamente el área industrial y comercial de Acopi en Yumbo, un sector de la Dolores y los predios agropecuario de los municipios de Palmira y Candelaria. Además los predios de uso público, como zonas verdes, canchas de fútbol y parques de toda el área de estudio excluyendo los que se localizan en Juanchito cerca al río Cauca.

Afectación Alta: La zona se caracteriza por presentar unas condiciones complejas de exposición a la amenaza, además de una vulnerabilidad alta caracterizada por edificaciones precarias y en mal estado, una población con poca o nula capacidad de resistencia. Los daños que pueden presentarse son la destrucción parcial de las edificaciones, pérdidas de vidas humanas, maquinaria, insumos industriales y productos comerciales, igualmente afectación en los cultivos en las áreas de estudio.

En cuanto a la población que se encuentra en riesgo alto no mitigable, se recomienda la realización de un estudio detallado de reasentamiento de estos núcleos poblacionales al igual que el traslado de toda actividad industrial, comercial y agrícola que se desarrolle sobre la misma. Debido a que en su mayoría se encuentran ubicados en la franja de protección del río Cauca, donde se propone la construcción de diques, los cuales no podrán albergar ningún tipo de población.

Las áreas que quedaron bajo esta clasificación son un sector de los barrios Brisas del Limonar y de Ciudad 2000, cercanos al Canal Interceptor Sur, el centro poblado de la vereda El Estero en el corregimiento de Navarro en el municipio de Santiago de Cali. Seguido por los corregimientos de Caucaseco, Juanchito las Urbanizaciones Pereira y Ciudad del Campo y la mayor área de La Dolores en el municipio de Palmira. Por ultimo en el municipio de Candelaria los corregimientos de Juanchito, San Joaquín y el Carmelo.

Es recomendable para todas las autoridades implicadas en los procesos de gestión del riesgo en la zona hacer seguimiento permanente a los diferentes factores de amenaza, vulnerabilidad y afectación debido a la complejidad de las interacciones presentes en escenarios sociales y ambientales donde la dinámica de los procesos es variable. Se requiere mayor control en las áreas definidas como franjas de protección, en cuanto a evitar la ocupación y asentamiento de nuevos grupos poblacionales.

De acuerdo a los resultados del estudio de las posibles pérdidas en infraestructura social se estiman por el orden de los \$ 449.377.149.289, esto corresponde a los daños esperados en viviendas, escuelas, centros hospitalarios. En cuanto a las pérdidas económicas estas se estiman por valor de \$ 177.022.941.882, las cuales están dadas por los daños causados en cultivos y en la zona industrial. En cuanto a los efectos directos en la salud de las poblaciones se estima que las pérdidas serían por el orden de \$ 229.427.390. En la asistencia para la atención y procesos de reconstrucción pos desastre el gobierno tendría que invertir cerca de \$ 689.138.682.636.

En cuanto a las obras de mitigación se plantearon prediseños que presentan las siguientes características estructurales. Para las áreas de riesgo mitigable consisten en diques en tierra o terraplenes cuyas características geométricas principales se describen a continuación: El predimensionamiento geométrico contempla un ancho de corona de mínimo 3.0 metros y taludes conformados por pendientes máximas de 2.0 metros horizontales por 1.0 metro vertical para el talud mojado y 1.5 metros horizontales por 1.0 metro vertical para el talud seco.

La altura de los diques se definió con base en los siguientes niveles de agua más un borde libre: para la margen derecha del Río Cauca correspondiente a los municipios de Candelaria y Palmira, se modelaron de acuerdo a un periodo de retorno de 1:100 años; para la margen izquierda del Río Cali y la margen derecha del Canal Interceptor Sur, tiempo de retorno 1:100 años teniendo en cuenta el efecto de remanso del río Cauca para una creciente de 1:500 años.

Es importante considerar que los prediseños presentan cotizaciones de materiales correspondientes al tiempo de ejecución del proyecto, por tanto, cuando se deseen hacer los diseños definitivos y estos se presupuesten deben actualizarse los costos de las obras y usarse los materiales en las calidades y características recomendados por el diseñador.

Los niveles de la corona de los diques marginales de protección sobre la margen derecha del río Cauca (en los municipios de Candelaria y Palmira) se establecieron con base en los niveles de agua en el río Cauca correspondientes a una creciente con un periodo de retorno de 100 años y considerando una altura adicional o borde libre de 1,0 metro. Lo anterior teniendo en

cuenta lo establecido en el Artículo Segundo del Acuerdo CVC No. 052 de 2011, según el cual el nivel de los diques confinantes de las aguas de crecidas de los cauces, requeridos para la protección contra inundaciones de los centros poblados marginales a cauces, debe corresponder al nivel asociado a un periodo de retorno de 100 años más un borde libre de 1,0 metro.

En el municipio de Cali se deben construir las protecciones con los niveles encontrados en los diseños del proyecto Plan Jarillón de Cali, mientras que en los municipios de Candelaria y Palmira siguiendo el Acuerdo CVC N° 052 de 2011 para áreas pobladas y para áreas agrícolas.

En el caso de presentarse la creciente en el río Cauca con un periodo de retorno de 100 años y teniendo en cuenta la realización de las obras del Plan Jarillón de Cali los niveles de agua en el río no se incrementan con respecto a la condición actual del jarillón de Aguablanca. En consecuencia, los niveles de amenaza y riesgo de inundaciones sobre la margen derecha del río en jurisdicción de los municipios de Candelaria y Palmira, considerando la construcción de las obras del Plan Jarillón de Cali, no se incrementan con respecto a la condición actual de los diques marginales.

Frente a la eventual ocurrencia de una creciente en el río Cauca con un periodo de retorno de 500 años, los niveles de agua en el río calculados mediante modelación matemática (CVC-Asocars-Universidad del Valle, 2014) no superarían los niveles de la corona de los diques marginales de protección proyectados en este estudio para los municipios de Candelaria y Palmira. El borde libre para esta condición sería, en promedio para el tramo de estudio, de unos 0.10 m.

Para establecer el nivel de protección definitivo de los diques marginales del río Cauca en los municipios de Candelaria y Palmira se recomienda realizar un estudio considerando tanto los costos de construcción de los diques como los costos de los daños por inundación evitados.

Se recomienda a los alcaldes y demás autoridades responsables realizar un monitoreo permanente a las dinámicas sociales y ambientales presentes en la zona de estudio, proceso en el que se requiere la participación activa de la comunidad, ello permitiría la articulación de actores e instituciones en la Gestión Local del Riesgo, actualización de los Planes Locales de Emergencia y Contingencia (PLECS) de los municipios, implementación de sistemas de pronóstico y alerta temprana, entre otras.

BIBLIOGRAFÍA

BILIOGRAFÍA

Marco Teórico

BURTON, Ian. y KATES, Robert (1964). The Perception of Natural Hazards in Resource Management, Natural Resources Journal, Vol. III, No. 3, pp. 412-441

CARDONA, Omar (1990) Términos de uso común en el manejo de riesgos. DPAD. Bogotá.

CENTENO, J. y ACASO, E. (1996). Los riesgos geológicos: un asunto territorial y sociedad en las ciencias de la tierra y el medio ambiente. Editorial Luis Roballo, Colección pautas No.7. Instituto de ciencias de la educación.

COCH (1995). Geo - hazards. New Jersey Ed Macmillan. p 1.

DOLLFUS, Olivier (1991). Territorios andinos reto y memoria. Ed IEP, Instituto de Estudios Peruanos. Lima 215 p

INSTITUTO GEOLOGICO AMERICANO (1984). Glossary of geology Falls church, American geological institute En Natural hazards: explanation and integration, G. Tobin and B. Montz. The Guilford press, New York.

ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS –OEA-(1991) Desastres, Planificación y Desarrollo: Manejo de Amenazas Naturales para Reducir los Daños. Washington, D.C.

ONAE. (1987) Oficina Nacional de Atención de Emergencias. Atención de emergencias. Presidencia de la República. Bogotá.

PNUD. (1991) Programa de entrenamiento para el manejo de desastres. Vulnerabilidad y evaluación del riesgo universidad de Winsconsin. 166p.

SMITH, K. (1992). Environmental hazards. London and New York: Routledge, 324

TOBIN, G.A., MONTZ, B.E. (1997). Natural Hazards: Explanation and Integration. Guilford Press, New York and London, 388pp

U.N.D.R.O (1991) Mitigating natural disasters phenomena, effects and options . United Nations, New York.

VELEZ, Jorge y VALLEJO, Alexandra (2001). Sistemas de Riesgo, Una Propuesta Metodológica Para el Estudio de los Desastres: Casos Comuna 1 y 20 Santiago de Cali. Tesis Universidad del Valle. Cali.

WILCHES CHAUX, Gustavo (1993). La vulnerabilidad global. En: Los desastres no son naturales, LA RED, Tercer mundo editores, Bogotá. p 9- 50.

Historicidad

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA –CVC Y UNIVERSIDAD DEL VALLE (2000). PMC, Proyecto de Modelación del Río Cauca – FASE I: “Régimen Hidrológico del Río Cauca. Tramo Salvajina – La Virginia”. Cali. Vol. I, Cap. 3.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA –CVC Y UNIVERSIDAD DEL VALLE (2007). El río Cauca en su valle alto. Cali. p. 359.

JIMÉNEZ PÉREZ, Nayibe (2005). Elementos históricos y urbanos en la generación de desastres por inundaciones y deslizamientos en Cali 1950-2000. Trabajo de grado (Historia). Universidad del Valle. Facultad de Humanidades. Departamento de Historia. Cali. p 218.

Fuentes Hemerográficas

Las fuentes periodísticas se consultaron en hemerotecas de la ciudad, localizadas en:

- Biblioteca Mario Carvajal de la Universidad del Valle.
- Biblioteca Jorge Garcés Borrero del Centro para la Ciencia y la Educación Rodrigo Lloreda Caicedo.
- Los diarios consultados: El País, Relator, El Tiempo, Occidente y El Espectador. Fechas: 1930-1950, 1970-2014.

Bases de datos

CORPORACIÓN OSSO (2010) - LA RED. Sistema de Inventario de Efecto de Desastre-Desinventar. Colombia. En línea. Disponible en:

<http://online.desinventar.org/> Consultado 11/11/2014

Diagnostico

ACUERDO N°66 DE JUNIO DE 1994: Plan de Ordenamiento Físico Espacial de La Dolores, Caucaseco y Juanchito

ACUERDO 162 DE NOVIEMBRE 5 DE 1997:

ACUERDO 013 DE ABRIL 17 DE 1998:

DECRETO 272 DE DICIEMBRE 03 DEL 2012: Plan de Gestión del Riesgo de Desastres del municipio de Palmira

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNCIPAL DE CANDELARIA. Acuerdo 015 Diciembre 29 de 2005. Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Candelaria Valle. P.B.O.T. 2.005 – 2.015.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNCIPAL DE PALMIRA. Acuerdo 028 Febrero 06 de 2014. Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Palmira .Valle.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNCIPAL DE SANTIAGO DE CALI. Acuerdo 0373 de 2014. Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Santiago de Cali. Valle.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNCIPAL DE YUMBO. Acuerdo 028 Diciembre 29 de 2005. Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Candelaria Valle. P.B.O.T. 2.005 – 2.015.

Amenaza

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ, UNIVERSIDAD NACIONAL, CORNARE, CORANTIOQUIA (2007). Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del río Aburrá, POMCA. Medellín, Antioquia.

ARISTIZABAL J.C. (2011). Modelación hidrodinámica del río cauca en el tramo la bolsa-guayabal, para definir la altura y adecuada localización de diques riberaños. Proyecto de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Santiago de Cali. Colombia.

BOCANEGRA. R.A. (2013).Un nuevo modelo de medidas estructurales para el manejo de inundaciones en el Valle Alto del Rio Cauca. Proyecto de Grado. Universidad del Valle. Santiago de Cali. Colombia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – INGETEC - INESCO (1975). Proyecto de Regulación del Río Cauca. Informe técnico. Santiago de Cali, Colombia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (1978). Proyecto de Regulación del Río Cauca: Discusión general de alternativas de diseño. Informe técnico. Santiago de Cali, Colombia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA. (2011). Ajuste al plan de manejo ambiental de la madre vieja El Estero – corregimiento de Navarro – zona rural del municipio de Cali, valle del Cauca. Informe técnico. Santiago de Cali, Colombia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – UNIVERSIDAD DEL VALLE (2001). Modelación matemática del río Cauca Tramo Salvajina La Virginia. Proyecto de Modelación del Río Cauca - Fase I, Volumen VIII. Santiago de Cali, Colombia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – UNIVERSIDAD DEL VALLE. (2005). Optimización y aplicaciones de los modelos hidrodinámico, sedimentológico y morfológico del río cauca tramo la Balsa – la Virginia. Proyecto de Modelación del Río Cauca - Fase II, Volumen VII. Santiago de Cali, Colombia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – UNIVERSIDAD DEL VALLE. (2006). Levantamiento topográfico de ejes de diques marginales y llanura de inundación del río Cauca tramo Yumbo - Tuluá. Proyecto de Modelación del Río Cauca - Fase III, Volumen II. Santiago de Cali, Colombia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – UNIVERSIDAD DEL VALLE. (2007). Optimización del modelo hidrodinámico y generación de mapas de inundación tramo Yumbo-Toro. Proyecto de modelación Rio Cauca – Fase III, Volumen XIV. Convenio Interadministrativo 029 de 2005, Santiago de Cali, Colombia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – UNIVERSIDAD DEL VALLE. (2009). Modelación Matemática del Sistema Río Cauca - Humedales. Convenio Interadministrativo 0144 de 2008, Volumen V. Santiago de Cali, Colombia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – FUNDACIÓN PACÍFICO VERDE. (2011). Diagnóstico del estado actual de los de los diques del distrito de Aguablanca. Informe de Diagnóstico. Santiago de Cali. Colombia

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – UNIVERSIDAD DEL VALLE, GRUPO IREHISA (2013). Análisis Hidrológico de las Crecientes Históricas del río Cauca. Proyecto corredor de conservación y uso sostenible del río Cauca. Informe Ejecutivo.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – UNIVERSIDAD DEL VALLE. (2014). Planteamiento de Alternativas estructurales y Modelación hidráulica de escenarios para la Gestión de Inundaciones en el Valle Alto del Río Cauca. Convenio Interadministrativo 001 de 2013. Santiago de Cali, Colombia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA– VALENCIA ESCOBAR Ingeniería & Arquitectura. (2012). Informe de evaluación y ajuste de la propuesta de intervención presentada como soporte para acceder al fondo de recurso de calamidades. Contrato CVC No. 0309 DE 2011. Informe técnico. Santiago de Cali. Colombia.

CORPORACIÓN OSSO. (2012). CONTRATO DE CONSULTORÍA N° 101 DE 2012 CELEBRADO ENTRE EL FONDO ADAPTACIÓN Y CORPORACIÓN OBSERVATORIO SISMOLÓGICO. Informe de avance N° 2 República de Colombia Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

FATTORELLI S. Y FERNÁNDEZ P.C. (2011). Diseño Hidrológico. 2^{da} edición. Edición digital publicada en la biblioteca virtual de la Water Assessment & Advisory Global Network.

JICA. (2002). Flood Control. Project for the enhancement of capabilities in flood control and Sabo engineering of the DPWH. Department of publicworks and highways.

PERAFÁN, Acenet. (2005). Transformaciones paisajísticas en la zona plana vallecaucana. Revista Historia y Espacio No. 24. Universidad del Valle

RAGHUNATH H.M. (2006). Hydrology: Principles - Analysis - Design. Revised Second Edition. Manipal, Karnataka

REPÚBLICA DE COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 2011. Ley 1450 de 2011. Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014. Bogotá: Departamento Nacional de Planeación.

RODRÍGUEZ D.M. Y JOJOA J.I. (2011). Estudio y evaluación de alternativas para la restauración de la hidrodinámica de la laguna de Sonso. Trabajo de Grado. Universidad del Valle.

ROYAL HASKONING DHV Y CORPORACIÓN OSSO (2013) .Dique de Aguablanca a lo largo del Río Cauca, Cali, Colombia. Diagnóstico y Recomendaciones.

SALAS M.A. (1999). Obras de Protección Contra Inundaciones. Cuadernos de Investigación No 49. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México.

SAAD M.B.A (). Nile River Flood Control: Egyptian Experiences. Hydraulics Research Institute. El Shorouk City.Egypt.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (2012). Guía para el acotamiento de las Rondas Hídricas de los cuerpos de agua de acuerdo a lo establecido en el Artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 – Plan Nacional de Desarrollo. Contrato Interadministrativo No. 377 de 2012. Informe Técnico. Bogotá, Colombia.

FOWG (2001). Guidelines of the FOWG. Berne. DUTCH WATER PROGRAM ROOM FOR THE RIVER

WANG Z. (2005). Flood Control in the Yangtze River Basin. Changjiang (Yangtze) Water Resources Commission (CWRC) Ministry of Water Resources, China.

Vulnerabilidad

BEHAR, Roberto y YEPES, Mario (2007)"Estadística: Un Enfoque Descriptivo" 3a Edición, Universidad del Valle, Cali-Colombia.

BELLO, S.; DÍAZ, E.; MALAGON, J.; ROMERO, M.; SALAZAR, V. (2011). Medición del impacto económico del dengue en Colombia: una aproximación a los costos médicos directos en el período 2000 – 2010. *Biomédica*, vol. 31, sup 3, pp. 3 – 315

CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE LA CAÑA DE AZÚCAR DE COLOMBIA, CENICAÑA (2011). Efecto de las inundaciones sobre el cultivo de la caña de azúcar. Disponible en:
http://www.cenicana.org/pdf/grupos_gtt/dias_de_campo/manuelita/como_vamos_2011/efecto_inundaciones_gtt_mn_cenicana_2011.pdf. Consultado 15/12/2014

COLOMBIA HUMANITARIA. En Valle del Cauca. Disponible en:
<http://www.colombiahumanitaria.gov.co/FNC/Documents/2011/separatas/valle.pdf>. Consultado: 20/12/2014

CONTRALORÍA DEPARTAMENTAL DEL VALLE DEL CAUCA (2011). Informe de auditoría gubernamental con enfoque integral, modalidad especial. Ola invernal – Cierre fiscal vigencias 2010. Disponible en:
<http://contraloriavalledelcauca.gov.co/descargar.php?id=3396> Consultado: 01/12/2014

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC) (2011). Proyecto corredor de conservación y uso sostenible en el cauce del alto Cauca. Santiago de Cali, Colombia.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA (CVC) – UNIVERSIDAD DEL VALLE (2013). Diagnóstico de inundaciones en el valle alto del río Cauca. Convenio. Convenio de asociación No. 001 de 2013. Santiago de Cali, Colombia.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL DE CANDELARIA. Acuerdo 015 Diciembre 29 de 2005. Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipio de Candelaria Valle. P.B.O.T. 2.005 – 2.015.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL DE PALMIRA. Acuerdo 028 Febrero 06 de 2014. Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Palmira .Valle.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL DE SANTIAGO DE CALI. Acuerdo 0373 de 2014. Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Santiago de Cali. Valle.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, DANE (2011). Encuesta nacional de calidad de vida. Disponible en:

<http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-sociales/calidad-de-vida-ecv> .

Consultado 15/12/2014

FISHER, B.; TURNER, K.; Y MORLING, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decisions making. *Ecological Economics*, vol. 68, pág. 643-653.

GOBERNACIÓN DEL VALLE DEL CAUCA (2009). Anuario Estadístico del Valle del Cauca. Secretaria de planeación departamental.

GOBERNACIÓN DEL VALLE DEL CAUCA (2011). Guía de costos agrícolas. Secretaria de Medio Ambiente, Agricultura, Seguridad Alimentaria y Pesca. Disponible en:

<http://www.valledelcauca.gov.co/agricultura/publicaciones.php?id=966>.

Consultado: 26/12/2014

INSTITUCIÓN EDUCATIVA PANABIANCO AMERICANO. Disponible en:

<http://panebianco.jimdo.com/quienes-somos/> Consultado: 10/12/2014

INSTITUCIÓN EDUCATIVA SEBASTIAN DE BELALCAZAR. Disponible en:

<http://iesebastiandebelalcazarguanabanal.blogspot.com/>. Consultado: 21/12/2014

KLINGER A. Rafael (2010) "Muestreo Estadístico: Métodos, Aplicaciones y Ejercicios", Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Escuela de Estadística; Cali-Colombia.

MATA, A. (2000). Metodología para la identificación, clasificación y cuantificación de los impactos ambientales de los desastres naturales. Workingpaper. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, Cepal. Disponible en:

http://www.eclac.cl/dmaah/mdn/cd/material/met_02.pdf

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL (2011). Plan de acción para atender la emergencia por el fenómeno de la niña. Disponible en:

<http://www.mineducacion.gov.co/1621/w3-article-281410.html> Consultado: 20/12/2014

MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO (2012). Informe de gestión al Congreso de la República, junio 2011 – mayo 2012. Disponible en:

<http://www.minvivienda.gov.co/Ministerio/Planeacion/Paginas/Informes-de-gesti%C3%B3n.aspx> Consultado: 10/12/2014

PLAN EDUCATIVO MUNICIPAL DE CANDELARIA.

<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/candelariavalledelcaucapem2012-2015.pdf> Consultado 20/12/2014

SÁNCHEZ, A. (2011). Después de la inundación. *Coyuntura Económica*, Vol. XLI, No. 2, pág. 213-246. Fedesarrollo, Bogotá, Colombia.

TORRES, A.; MERCEDES, G. (2012). Metodología de costos para instituciones prestadoras de servicios de salud: aplicación de los Grupos Relacionados por el Diagnóstico – GRD. *El Hombre y la Máquina*, N° 40, pp. 31 – 43. Disponible en:

<http://ingenieria.uao.edu.co/hombreymaquina/revistas/40%202012-3/art%2003%20Metodologia%20de%20costos%20para%20instituciones%20prestadoras%20de%20servicios%20de%20salud.pdf> Consultado: 03/12/2014

SECRETARIA DE EDUCACIÓN MUNICIPAL DE CALI. Listado de Instituciones Educativas. Disponible en:

www.cali.gov.co/jovenes/descargar.php?id=36916. Consultado 20/12/2014

SECRETARIA DE EDUCACIÓN MUNICIPAL DE PALMIRA: Caracterización y perfil del sector educativo de Palmira. Disponible en:

<http://www.sempalmira.gov.co/archivo/eved/2014/11/caracterizacion-y-perfil-educativo.pdf>. Consultado: 20/12/2014

VICENTE V José L (2000). "INTRODUCCIÓN A LA INFERENCIA ESTADÍSTICA: MUESTREO Y ESTIMACIÓN PUNTUAL Y POR INTERVALOS"

Prediseños

ASOCARS-CVC-UNIVERSIDAD DEL VALLE (2014). Propuesta y modelación de escenarios para la gestión de inundaciones en el valle alto del río Cauca. Santiago de Cali

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA –CVC-. Acuerdo 052 Octubre 05 de 2011.

DEPARTMENT OF THE ARMY U.S. Army Corps of Engineers, EM 1110-2-1913 (30 April 2000). DESIGN AND CONSTRUCTION OF LEVEES Manual. Washington, DC 20314-1000.

MINISTERIO DE TRANSPORTE- Resolución 664 de 1999. Reglamento de Construcción de Obras Fluviales.

INVIAS - SUBSECTOR MARÍTIMO Y FLUVIAL. GUÍA AMBIENTAL DE PROYECTOS. ABRIL DE 2011.

LILIAN POSADA GARCÍA, I.C MSc. PhD, Profesora Escuela de Geociencias y Medio Ambiente, Facultad de Minas - Universidad Nacional de Colombia en Medellín. Diques fusibles para el control de las inundaciones en la región de La Mojana - Antioquia. Feb. 12 de 2011.

MINISTRY OF WATER, LAND AND AIR PROTECTION, Flood Hazard Management Section Environmental Protection Division Province of British Columbia, Dike Design and Construction Guide Best Management Practices, Canadá – July 2003.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA, Terraplenes marginales a cauces naturales o canales para evitar los desbordamientos, Subdirección Técnica – Sección de Adecuación de Tierras, Informe CVC No. 81-5, Mayo de 1981.

SAG, Manual de mantenimiento de diques y cauces, convenio CVC – SAG, Marzo de 2014.

Convenio de Asociación No.001 de 2013 ASOCARS – UNIVERSIDAD DEL VALLE, DIAGNÓSTICO DE INUNDACIONES EN EL VALLE ALTO DEL RÍO CAUCA

CONTRATO DE CONSULTORÍA N° 101 DE 2012 CELEBRADO ENTRE EL FONDO ADAPTACIÓN Y CORPORACIÓN OBSERVATORIO SISMOLÓGICO DEL SUR OCCIDENTE - República de Colombia - INFORME DE AVANCE N° 2, caso del jarillón de Aguablanca en la margen izquierda del río Cauca, Cali, octubre 29 de 2012.

Agencia NL Ministerio de Asuntos Exteriores de los Países Bajos – Royal Haskoning DHV Enhancing Society Together /Fondo de Adaptación, Dique de Aguablanca a lo largo del Río Cauca - Diagnóstico y recomendaciones, Cali- Colombia, Enero 2013.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, Facultad de Ingeniería Civil – IMEFEN – CISMID, curso titulado “Diseño de Defensas Ribereñas” - Ing. Edgar Rodríguez Zubiato, MAYO 2003.

ESCUELA DE INGENIERIA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE, UNIVERSIDAD DEL VALLE, Estudio y diseño de las obras de mejoramiento y rehabilitación del dique marginal y de protección de las orillas del río Cauca en el Distrito de riego Roldanillo-La Unión – Toro, Contrato No. 0984 de 2010 CVC-UNIVALLE, Septiembre de 2011.

ANEXOS

ANEXOS
A.1 HISTORICIDAD

A.1.1. Ficha recolección de información de inundaciones históricas

Ficha N°. 01: Inundaciones Históricas de los Municipios de Santiago De Cali, Palmira, Candelaria y Yumbo

Ficha No. 01
INUNDACIONES HISTÓRICAS SANTIAGO DE CALI, PALMIRA, CANDELARIA Y YUMBO

DATOS DE LA FUENTE:

1. *Título de la publicación o del documento de archivo:* _____

2. *Ciudad donde se imprime o donde se encuentra el archivo:* _____

3. *Tipo de publicación o del documento:* _____

a. *REVISTA:* ____: *Periodicidad* _____, *Vol.* _____, *No.* _____, *Año* _____

b. *PERIODICO:* ____: *Periodicidad:* _____, *Día:* _____ *Mes:* _____, *Año:* _____

c. *LIBRO:* ____: *Autor:* _____, *Año:* _____, *Editorial:* _____

_____, *Páginas:* _____

d. *ARCHIVO:* _____, *Sección:* _____, *Fondo:* _____, *Tomo:* _____,

Signatura: _____, *Folios* _____, *Fecha:* _____

e. *OTRO:* ____: *Especifique:* _____

4. *Título del artículo y número de página(s):* _____

5. *Lugar: Biblioteca, Hemeroteca o Archivo donde se encuentra:* _____

6. INFORME SOBRE LA NOTICIA DE INUNDACIÓN:

Fecha del evento: *Día:* _____, *Mes:* _____, *Año:* _____, *Hora:* _____

Transcripción: _____

A.2. ZONIFICACIÓN DE AMENAZA

A.2.1. MAPA PLIEGO DE INUNDACIONES EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO *PLAN JARILLÓN DE CALI* PARA UNA CRECIENTE CON UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR.

A.2.2. MAPA PLIEGO DE AMENAZA DE INUNDACIONES EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO *PLAN JARILLON DE CALI* PARA UNA CRECIENTE CON UN PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS EN LOS RÍOS CAUCA Y CALI Y EL CANAL INTERCEPTOR SUR.

A.3. VULNERABILIDAD.

A.3.1. FORMULARIO DE ENCUESTA

FECHA Año: Mes: Día: Hora: N° Ficha:

Nombre del encuestado: _____

Departamento: _____

Municipio: _____

A. LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO

Corregimiento / Barrio: Comuna Dirección: Manzana N°: Predio. N°:

B. CONDICIONES INMOBILIARIA

1. **Uso del suelo:** Agrícola Ganadera Residencial Comercial Industrial Dotacional Otros

2. **Tipo edificación:** Casa Edificio de Apto Centro de Salud Centro Educativo Centro Comercial Bodega Otro –Especifique

3. **Tipo de Vivienda:** Precaria Interés Social Const. Tradicional Const. Técnica

C. CONDICIONES FAMILIARES

1. Jefe de hogar: _____ 2. Sexo: M F 3. N°. de personas en el hogar 4. N° de Personas que trabajan

5. Integrantes de la familia	6. Edad	7. Sexo		8. Nivel de Escolaridad*	9. Grupo Étnico*	10. Afiliación a Salud*		11. Discapacidad		12. Ocupación				13. Tipo de Contrato		14. Nivel de Dependencia			15. Pertenencia a grupos o Asociaciones*
		F	M			Tipo de Afiliación	Si	No	Estudiante	Empleado	Desempleado	Independiente	Definido	Indefinido	Alto	Medio	Bajo		
Padre																			
Madre																			
Hijo(a)																			

16. ¿Cuántas personas permanecen en la Vivienda: N° Personas Diurno N° Personas Nocturno

18. Ingresos del Hogar

17. Estado de salud del jefe de hogar	
Sin enfermedades crónicas o discapacidades físicas y mentales permanentes	
Con alguna enfermedad o discapacidad física y mental que se encuentren en tratamiento médico	
Una o varias enfermedades y discapacidades físicas y mentales y no estén bajo tratamiento médico	

7 o más S.M.M.L.V.	
5 a 6 S.M.M.L.V.	
3 a 4 S.M.M.L.V.	
1 a 2 S.M.M.L.V.	
< 1 S.M.M.L.V.	

D. PREPARACIÓN PARA PREVENIR Y ATENDER EMERGENCIAS

1. ¿Predio propio? Sí No

Nombre del Propietario: _____

2. Costo aproximado del predio (en millones): _____

3. ¿Vivienda asegurada? Sí No

4. ¿Valor aproximado de los enseres (en millones): _____

5. Recepción de giros provenientes de familiares en Colombia o el Exterior: Sí No

6. Ahorros o rentas adicionales: Sí No

7. Capacitación para la prevención y atención de emergencias: Sí No

8. Conoce si hay sistemas de alertas tempranas en el sector: Sí No

9. Existencia de planes para la gestión del riesgo conocidos por la Comunidad.: Sí No

10. Tiempo de vida en el sector: N° Años

A. CONDICIONES EMPRESA Y/O INDUSTRIA

1. Tipo de Empresa y/o Industria: _____

2. ¿La Empresa y/o Industria laboran por turnos?: Sí No

3. Cuantos turnos: 1 2 3

4. N° Total de Empleados: _____

5. N° de Empleados por turno: 1 2 3

6. Costo aproximado de activos: _____

7. Empresa y/o Industria asegurada: Sí No

Nombre del Encuestador: _____

Nota: Listado para seleccionar en los numerales 8, 9, 10 y 15

INDICADOR DE ESCOLARIDAD

S.E: Sin Escolaridad
Ed. P: Educación Primaria
Ed. S: Educación Secundaria
Ed. Téc: Educación Técnica
Ed. Técg: Educación Tecnológica
U. : Universitario

INDICADOR SALUD

S: Subsidiado
C: Cotizante
B: Beneficiario
No Af: No afiliado

PERTENENCIA A GRUPOS O ASOCIACIONES

A.S: Asociación Sindical
C. : Cooperativas
ONGs: Organización No Gubernamentales
G.F: Grupos Focales

GRUPO ETNÍCOS

M: Mestizos
B: Blancos
A: Afrocolombianos
I: Indígenas
O: Otros Grupos

FECHA **Año:** **Mes:** **Día:** **Hora:** **N° Ficha:**

Nombre del encuestado: _____

Departamento: _____

Municipio: _____

A. LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DEL PREDIO

Corregimiento / Barrio: Comuna Dirección: Manzana N°: Predio. N°:

B. CONDICIONES INMOBILIARIAS

1. Uso del suelo: Agrícola Ganadera Residencial Comercial Industrial Dotacional Otros

2. Tipo edificación: Casa Edificio de Apartamentos Centro de Salud Centro Educativo Centro Comercial Bodega Otro –Especifique

3. Tipo de Vivienda: Precaria Interés Social Const Tradicional Const. Técnica

4. Estado de la edificación: Buen estado Regular estado Mal estado

C. CONDICIONES DE INFRAESTRUCTURAS

1. Tipo de Vías: Primarias Secundarias Terciarias

2. Estado de las Vías: Buen estado Regular estado Mal estado

D. CONDICIONES DE LA EDIFICACIÓN

1. Edad : Tiempo de construida: entre 0 y 5 años entre 6 y 10 años >10 años **2. Geometría:** N° Pisos

CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN												
3. Material predominante Paredes Exteriores					4. Materiales predominantes de los Techos		5. Materiales predominantes de los Pisos		6. Afectación	SI	NO	
RÚSTICA		MAMPOSTERÍA		CONCRETO								
I. Zinc		II. Adobe		III. Armado		I. Paja, Palma, similar		Sin recubrimiento		Goteras		
I. Desechos plásticos		II. Ladrillo		III. En masa		II. Teja de barro		Tabla		Grietas		
I. Cartón		II. Piedra		III. Ordinario		II. Asbesto		Concreto (Losa)		Humedad		
I. Esterilla		II. Roca pulida				II. Madera		Concreto esmaltado		Cimentación		
I. Guadua		II. Cantos				II. Lámina metálica		Baldosín				
I. Madera burda						III. Cemento		Cerámica				
I. Bahareque						III. Concreto		Otro				
Otra - Especifique												

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

E. OBRAS DE MITIGACIÓN

1. Servicios Públicos Domiciliarios: Acueducto Alcantarillado Energía Gas Domiciliario Telecomunicaciones Ninguno de las anteriores

2. Existencia de diques: Sí No

3. Existencia de planes de monitoreo y mantenimiento de diques: Sí No

4. Existencia de Plantas de Bombeo Funcionales: Sí No

5. Alcantarillado Pluvial o Combinado: Sí No

Nombre del Encuestador: _____

A.3.2. DESCRIPCIÓN DE VARIABLES E INDICADORES UTILIZADOS EN LA ENCUESTA PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

1. Condiciones de familiares.

Para la determinación de la fragilidad corporal se define por los siguientes indicadores:

- *Sexo del jefe de hogar:* con este indicador se clasifica por género masculino o femenino, el cual determina el grado de vulnerabilidad.
- *Número de personas en el hogar:* este indicador identifica cuantos integrantes está compuesto el hogar entre mayor sea el número de personas más vulnerable es y viceversa, se clasifica así: alta si es mayor a 7, media entre 4 y 6 y baja. entre 1 y 3
- *Personas que trabajan en el hogar:* este indicador relaciona el número de personas que generan ingresos en el hogar.
- *Tipo de familia:* con este indicador se define la composición de la familia y se clasifica en: familia extendida es cuando está compuesta por padre, madre, hijos y más familiares, monoparental cuando está compuesta por uno de los padres y sus hijos y familias nuclear si está compuesta por padres e hijo(s).
- *Edad de las personas que habitan en el hogar:* este indicador identifica alusión a la edad actual de cada uno de las personas que residen en la vivienda, la cual puede agruparse en edades menores a 5 años, 6 a 60 años y mayores a 60 años.
- *Escolaridad:* con este indicador se evalúa el nivel de educación alcanzado por cada integrante de la familia y se clasifica en: sin escolaridad, básica primaria / secundaria y técnico / universitario.
- *Afiliación al sistema de salud:* con este indicador se evalúa cada uno de los miembros de la familia si cuenta o no con servicio médico y si lo está a que régimen pertenece, el cual se clasifica en: No Afiliado, Subsidiado (SISBEN) o Cotizante / Beneficiario
- *Discapacitados en el hogar:* este indicador hace referencia al número de personas con discapacidad en el hogar, partiendo que estas personas dependen de otra para su respuesta ante un evento catastrófico.

- *Ocupación:* este indicador identifica la actividad de cada uno de los miembros de la familia y si genera o no ingresos económicos, se clasifica en: desempleado / estudiante, independiente y empleado.
- *Tipo de contrato:* este indicador es si la respuesta anterior la ocupación -fue empleado-, ya que es importante conocer el tipo de contrato al identificar si es a término fijo o indefinido.
- *Nivel de dependencia:* este indicador evalúa la dependencia económica que se tienen del jefe del hogar o de quienes aportan en el hogar.
- *Personas que permanecen en la vivienda:* este indicador se establece para cuantificar el número de integrantes que se encuentran en el día y la noche en la vivienda y así evaluar los dos escenarios de riesgo (día y noche) ante la ocurrencia de un evento.
- *Estado de salud del jefe del hogar:* este indicador se identifica la condición física, mental y fisiológica de la persona en tanto puede ser este un factor importante para la respuesta ante la ocurrencia de evento y debe valorarse como un aspecto central en la determinación de la fragilidad corporal. Se definen 3 categorías: Bueno, Regular y Malo
- *Ingresos económicos:* este indicador permite identificar los ingresos económicos mensuales totales percibidos por el hogar, en tanto que este indicador puede ser importante para estimar la capacidad de recuperación de una familia ante situaciones de emergencia; se definen tres variables: bajo, medio y alto.

Para las capacidades corporales se define por los siguientes indicadores:

- *Sistemas de alertas tempranas en el sector:* este indicador se identifica si la comunidad se encuentra organizada y cuenta con alertas tempranas.
- *Capacitación para la prevención y atención de emergencia:* este indicador se identifica si las personas se encuentran capacitadas en primeros auxilios y medidas para la prevención de desastres ante la ocurrencia de un evento.
- *Existencia de planes de gestión del riesgo:* este indicador identifica si la comunidad tiene conocimiento de los planes de gestión de riesgo del municipio, ya que los debe hacer y socializarlo con la comunidad que son los directamente afectados en la ocurrencia de un evento.

- *Tiempo de vida en el sector:* con este indicador se identifica el conocimiento que la persona tiene del lugar donde vive y se clasifica en 3 categorías: 0 a 1 año, de 1 a 5 y mayores a 5 años.
- *Recepción de giros provenientes de familiares en Colombia o el Exterior:* este indicador permite identificar si el hogar tiene otros ingresos a parte de su salario.
- *Ahorros o rentas adicionales:* este indicador como el anterior permite identificar otros ingresos aparte de los ingresos salariales.
- *Propiedad del predio:* con este indicador se identifica si la familia debe destinar una parte de sus ingresos el pago de arrendo.
- *Vivienda asegurada:* con este indicador se identifica si la familia quedaría desamparada totalmente el momento de la ocurrencia de un evento catastrófico.

Para la fragilidad estructural se definen por tres variables:

2. Condiciones Inmobiliarias se define por los siguientes indicadores:*

- *Tipo de edificación:* con este indicador se evalúa las características como fue construida, por tanto se emplea las siguientes variables, precaria, interés social y tradicional / construcción técnica.
- *Tipo de vivienda:* con este indicador se evalúa las características de construcción y se clasifican en: precaria, interés social y tradicional / construcción técnica.
- *Estado de la edificación:* este indicador evalúa el estado físico de acuerdo al grado de deterioro que se encuentra en general la vivienda se clasifica en: bueno, regular o malo.

Para la determinación de la fragilidad estructural se tiene los siguientes indicadores:

3. Condiciones de la Edificación se define por los siguientes indicadores:*

- *Años de construcción de la vivienda:* este indicador evalúa el tiempo de construcción de la vivienda y se clasifica en: más de 10 años, entre 6 - 10 años y de 0 – 5 años de construcción.

- *Geometría de la edificación:* este indicador se avalúa el número de pisos construidos en la edificación, se emplea dos categorías, 1 piso y 2 o más pisos construidos.
- *Material predominante de construcción:* este indicador identifica el tipo de material empleado para la edificación de las paredes y muros de las viviendas; se definen tres categorías: rústico / rudimentario, mampostería y concreto.
- *Tipología de cubiertas:* con este indicador se evalúa los materiales empleados en los techos de las viviendas; se define en 3 categoría: liviano, tejas de barro / asbesto y loza.
- *Características del piso interior:* este indicador se identifica los materiales y tipo en qué está construido se clasifica en: sin recubrimiento / tabla, concreto / concreto esmaltado y cerámica.

4. Condiciones de Infraestructura.*

Para determinar la fragilidad estructural se define por los siguientes indicadores:

- *Tipo de vías:* con esta variable se hace una identificación en: primarias, secundaria y terciaria.
- *Estado de las vías:* con este indicador se evalúa las condiciones físicas y de mantenimiento, el cual se clasifica en: mal estado, regular estado y buen estado.
- *Estado de los puentes:* con este indicador se evalúa las estructuras y materiales, utilizando una clasificación de bueno, regular y malo.

Para la capacidad estructural se define se define por los siguientes indicadores:

- *Servicios públicos domiciliarios:* este indicador permite establecer si la vivienda cuenta con los servicios básicos para satisfacer las necesidades básicas y se clasifica en: insuficientes, aceptables y suficientes.
- *Existencia de diques:* este indicador permite identificar se el sector cuenta o no con esta construcción como una medida de mitigación para eventos por inundación,

- *Planes de monitoreo y mantenimiento de diques:* es indicador permite identificar si la comunidad o el sector cuentan como medida de mitigación los planes de monitoreo y si la respuesta anterior fue -la existencia de diques- si se realiza o no mantenimiento periódico.
- *Alcantarillado pluvial o combinado:* este indicador permite conocer el manejo de las aguas residuales y aguas lluvias en las distintas zonas del estudio.
- *Existencia de plantas de bombeo funcionales:* este indicador está asociado a la existencia de diques; el cual identifica la existencia y el funcionamiento en el momento de la ocurrencia de un evento para drenar el agua.

5. Condiciones comerciales y/o industriales

Para la determinación de la fragilidad corporal se define por los siguientes indicadores

- *La empresa labora por turnos:* este indicador permite identificar si en la empresa o industria los empleados trabajan de día y de noche.
- *Numero de turnos:* si la respuesta anterior fue laboran por turnos con este indicador permite identificarlos.
- *Número total de empleados:* con este indicador permite identificar cuanto personal laboran en la empresa o industria.

Para la determinación de las capacidades corporales se define por los siguientes indicadores

- *Empresa asegurada:* con este indicador se identifica si la empresa cuenta con seguro en el momento de la ocurrencia de un evento catastrófico.

* *Nota:* para los predios industriales y comerciales la determinación de la fragilidad y la capacidad estructural se consideraron los mismos criterios que para los predios habitacionales.

A.3.3. INFORME DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y AFECTACIÓN CORPORAL DE LAS ÁREAS VECINAS DEL PROYECTO PLAN JARILLÓN DE CALI

1. Descripción por municipios

1.1. Municipio de Palmira

En ésta área de la zona de estudio se evidencia como principal uso residencial, agrícola e industrial, en este sentido un posible evento por inundación generaría grandes impactos económicos en el sector ya que muchas familias residentes en la zona subsisten de las buenas condiciones de vida en los alrededores de su habitad.

1.1.1. Corregimiento La Dolores

Es un sector que tiene usos del suelo especialmente industriales, sin embargo en la primera zona encuestada especialmente en la franja residencial la cual se obtuvo una mayor cercanía de lotes por motivos de tiempo y distancia. Cabe anotar la valiosa disponibilidad e información ofrecida por habitantes y empresas en los alrededores ya que la cercanía del riesgo por inundación era evidente en sus percepciones sociales a lo largo de los eventos ocurridos.

La zona industrial/empresarial de Palmira, Dolores. Se caracteriza por tener vías en mal estado, el sistema eléctrico y de acueducto que ellos poseen, es prestada por EMCALI, y sus impuestos son pagados a la Alcaldía de Palmira, información entregada por los encuestados. Algunos predios de las muestra, estaban abandonados ó por arrendar, debido a que las inundaciones pasadas, perdían su producción y sumarle al mal estado de las vías, empeoraba su situación.

1.1.2. Corregimiento Cauceseco

Es un sector que tiene usos del suelo agrícola y residencial, pero con regularidad se presentan casas fincas las cuales tienen una extensión de franjas verdes y antejardines mucho más amplias que las comunes en las zonas urbanas. Se evidencian familias con más de 5 integrantes y con pocos ingresos económicos, como a su vez, condiciones de vida complicadas. La falta de alcantarillado adecuado hace que los habitantes de la zona, utilicen

el río Cauca como desembocadura de aguas negras y/o basurero; además las vías de comunicación son precarias y la infraestructura de las viviendas se encuentra deterioradas.

1.1.3. Corregimiento de Juanchito

➤ *Urbanización Pereira:* usos del suelo residencial, sin embargo algunos lotes que están al margen del río Cauca tienen condiciones precarias de acceso vial, a lo largo del recorrido se percibió rangos preocupantes de inseguridad y pobreza. Y mucha desconfianza con respecto a la labor del trabajo investigativo (motivos por negligencia estatal).

➤ *Cuidad del Campo:* Es un sector que de uso residencial y comercial, sin embargo el uso frecuente es residencial, fue de gran ayuda para el trabajo de campo la distribución de los lotes en consecutivo y por sus tamaños regulares lo cual colaboro en distancia y tiempo y a su vez la disponibilidad de la comunidad en la buena disposición al hora de hacer las encuestas. Por otro lado la estructura la existencia de los diques disminuirá el impacto en relación por riesgo de inundaciones.

Como hecho común de los sectores encuestados es que están alrededor de los estratos económicos de 1 y 3, tienen muy poca percepción del riesgo eminente al que se enfrenta día a día en sus áreas de vivienda o de trabajo. Aunque estén en riesgo, hayan vivido el riesgo más de 2 veces seguida, algunos individuos no comprenden su situación como tal, han aprendido a vivir con él.

1.2. Municipio de Candelaria

En ésta área de la zona de estudio se evidencia como principal uso el industrial y comercial, en este sentido un posible evento por inundación generaría grandes impactos económicos en el sector ya que muchas familias residentes en la zona dependen de estas distintas actividades económicas localizadas en el sector.

1.2.1. Corregimiento de Juanchito

En la zona de Juanchito se evidencian familias con muchos integrantes y con pocos ingresos económicos en las cuales niños menores de edad permanecen solos en horario laboral de sus padres, en algunas viviendas se observó más de un niño menor de edad sin la responsabilidad de un adulto, también con falta de alcantarillado adecuado porque utilizan el río Cauca como desembocadura de aguas negras y basurero, las vías de comunicación son precarias y la infraestructura de las viviendas se encuentran deterioradas.

En la zona de la Nubia se localiza la mayor parte industrial, estas empresas han tenido un proceso de adaptación ante los eventos por inundación ya que han construido diques y se preparan con motobombas para enfrentar un posible desastre también tienen procesos de educativos con los empleados con el fin de afrontar en mejores condiciones una posible inundación destacando el trabajo realizado por el Condominio Industrial La Nubia, en este sector como existen gran dependencia económica para la región ya que se localizan muchas industrias del sector secundario de la economía.

Mientras que Domingo Largo es utilizado como zona residencial principalmente las familias se encuentran con mejores ingresos económicos, las viviendas se encuentran con mayores y mejores enseres, en el cual han tenido mejor adaptación debido a la exposición ya que las viviendas son mejor construidas a una altura superior a la del suelo, resaltando la atención de los habitantes con nuestra presencia a la hora de atenderlos con la encuesta.

1.2.2. Corregimiento el Carmelo

En la urbanización Poblado Campestre predomina el uso residencial y se observó como medida de adaptación la existencia de un dique que rodea el asentamiento y planta de bombeo. Las viviendas son de construcción de interés social, la homogeneidad en cuanto el estrato socioeconómico infiere una capacidad de respuesta media en un posible evento, las vías de comunicación son buenas aunque cabe resaltar que existe solo una vía de acceso al asentamiento, las familias son predominantemente nucleares.

1.3. Municipio de Santiago de Cali

1.3.1. Comuna 2 Barrio

➤ *Brisas del Álamos*: encuentra ubicado en la comuna 2 de la ciudad al noreste del casco urbano y geográficamente se encuentra en el lado occidente del río Cali.

El tipo de edificación en el sector es de construcción técnica, la tipología de las viviendas son entre 1 y 2 pisos, junto con apartamentos de 5 pisos con habitante entre 900 y 1000 personas por cada unidad residencial. Presenta una estratificación entre 3 y 4, el uso del suelo es mixto predominando el uso residencial, el tipo de familia en el sector es principalmente nuclear y la mayoría de sus habitantes presentan nivel de educación superior,

en cuanto a la salud la gran mayoría son cotizantes de entidades privadas, y la mayoría de los adultos son pensionados. Los habitantes del sector manifiestan que nunca se han inundado.

El acceso a la información fue complejo, los habitantes se sentían impedidos por desconfianza o posible aumento en el impuesto predial

1.3.2. Barrios Comuna 16

➤ *Brisas del Limonar:* El uso del suelo predominante es residencial, con algunos casos de uso mixto, La mayoría de viviendas poseen un tipo de construcción tradicional. En el proceso de aplicación de las encuestas se pudo dialogar con algunas personas de la comunidad, donde nos informaron que pese a estar cerca al canal interceptor CVC, en la zona nunca se han presentado inundaciones o desbordamiento de afluentes.

Las encuestas se aplicaron en entre las 10 y 11am, en la cual la mayoría de las viviendas de la muestra, no se pudo obtener información por no estar nadie presente en el lugar o por negarse a dar información, por tal razón se decidió por parte del grupo de trabajo, trasladar la muestra a otra vivienda, ya sea enseguida o al frente. En relación a los ítems de la encuesta, la comunidad evidencio un disgusto al preguntársele por los ingresos de la vivienda o por el valor se los enseres, por tal razón la veracidad de esta información no es 100% confiable.

En cuanto a lo evidenciado en el componente poblacional, la mayoría de viviendas encuestadas presentan una conformación familiar nuclear, (padre, madre e hijos)

En relación a las viviendas, ninguno de los lugares encuestado se encuentran asegurados, ni han recibido capacitaciones para prevención y atención de emergencias, por tal razón, es de total preocupación la vulnerabilidad en relación a la falta de información de inundaciones por parte de los habitantes del sector.

➤ *Ciudad 2000:* Al realizar la aplicación de la encuesta en este barrio, se encontró con varias características comunes en el sector.

Es un sector con unas características generales en la construcción técnica de las casas, el uso del suelo es predominantemente residencial y la conformación de sus hogares es extendida y nuclear; primando la extendida.

El acceso a la información con esta población fue bastante complicada, la negación fue un común denominador, manifiestan que ellos nunca han tenido inconvenientes con inundaciones y además, tienen muchos recelos con este tipo de trabajos como son las

encuestas en los hogares y con preguntas tan privadas como son las de ingresos económicos, todo por la inseguridad de la que han sido víctimas.

Los integrantes de los hogares son en su mayoría mayores de edad, con un nivel educativo alto y en un empleo fijo y buenas condiciones laborales. Es un estrato socioeconómico entre 4 y 5, lo que da explicación a la actitud de respuesta de la población.

1.3.3. Barrio Comuna 17

➤ *El Caney:* El uso del suelo es predominantemente residencial, se pudo visualizar que se presentan fracturas en las paredes y los techos, debido al tipo de suelo. Se presentan humedades en las paredes asociadas a las inundaciones del sector. Las viviendas poseen pisos promedios de 2 y 3. La estratificación de la zona es de 4.

Según el señor Edgar Restrepo habitante del predio con dirección calle 50 # 81-63, “En el sector se han presentado 13 inundaciones, donde se han generado pérdidas aproximadas por predios de 80 millones” La comunidad se siente vulnerable ante futuras inundaciones por los afluentes del sector, se han presentado diferentes derechos de petición a la CVC, donde no se le prestó la atención pertinente. No se tiene proyectos ambientales en el sector. Solo se recibió ayudas por parte de las empresas municipales, donde se identificaron por parte de la comunidad y el comité ambiental 76 factores de riesgo.

En relación a la ejecución de las encuestas en las viviendas, se pudo identificar diferentes limitantes para dar respuesta a los ítems, por tal razón en algunos casos no se generó información relacionada al valor de los ingresos y enseres.

1.3.4. Corregimiento de Navarro

➤ *Vereda El Estero:* Esta es una zona predominantemente de invasión, el tipo de construcción es tradicional, las familias son extendidas, en un solo hogar pueden vivir hasta 5 familias, las condiciones de hacinamiento y pobreza son evidentes, el material predominante en las edificaciones es la madera. Las condiciones de salubridad en el sector son precarias y las inundaciones son un factor común en el sector.

La gran mayoría es beneficiarios del sisben, son trabajadores independientes y sobreviven del pan coger.

La participación de los habitantes para obtener información a través de las encuestas fue muy cordial, la disposición fue 100% positiva

Los habitantes se sienten abandonados por parte del estado, pues no cuentan con centro de salud, la calidad de la educación es mínima y el acceso al sector es complejo pues no cuentan con sistema de transporte público. Esta población maneja un alto nivel de conciencia con respecto a las inundaciones y las consecuencias en todos los aspectos que éstas pueden ocasionar.

A.3.4. INFORME DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y AFECTACIÓN ESTRUCTURAL DE LAS ÁREAS VECINAS DEL PROYECTO PLAN JARILLÓN DE CALI

1. Evaluación de las Edificaciones

En términos generales la mampostería es el material más común en todas las edificaciones encuestadas, estas cuentan con vigas, cimentaciones de apoyo y la mayoría de ellas tiene techo en asbesto o concreto. Este prototipo de vivienda tiene una resistencia promedio a ciertos cambios y exposiciones, en el caso de las inundaciones es una ventaja que las viviendas tengan en sus paredes exteriores mampostería y no madera.

Cabe resaltar que se encontraron viviendas en condiciones precarias en las que el material de construcción no era el adecuado o estaban en muy mal estado. Usualmente estas viviendas fueron construidas tradicionalmente sin tener en cuenta alguna norma de seguridad o estudios previos de prevención.

A continuación se presentaran algunos tipos de viviendas en las que podemos notar la variedad de estructuras encontradas en las diferentes salidas de campo en las áreas vecinas al proyecto *Plan Jarillón de Cali*.

2. Descripción por Municipio

2.1. Municipio de Santiago de Cali

El área de estudio en el municipio de Santiago de Cali se localiza en la vereda El Estero del corregimiento de Navarro en la zona rural y en los barrios Brisas de los Álamos en la comuna 2, Brisas del Limonar y Ciudad 2000 en la comuna 16 y el Caney en la comuna 17 de la zona urbana.

2.1.1. Corregimiento de Navarro vereda El Estero

Entre la muestra, la vereda El Estero del corregimiento de Navarro es uno de los lugares más perjudicados y con mayor vulnerabilidad a una inundación. En esta vereda se encontró viviendas construidas en condiciones precarias con materiales de desechos, plástico, madera y lámina (Fotos A.3.1 y A.3.2). También viviendas en adobe, ladrillo, tejas de asbesto y barro y losa donde alguna de ellas está a punto del colapso al presentar grietas en techos y paredes,

se puede inferir que puede ser causada por el mal estado de los materiales o desgaste de estos (Foto A.3.3).

En la Foto A.3.4 se observa una estructura artesanal que han hecho los habitantes de la vivienda para prolongar la vida útil de está. La estructura consiste en colocar guaduas de forma que actúen en reemplazo de una viga y una columna en medio de la sala que es el lugar más afectado por las grietas y humedad. En la Foto A.3.5 se observa claramente una gran humedad en las paredes externas de la vivienda, esta humedad además de tener una gran altura respecto al suelo puede perjudicar la estabilidad estructural de la vivienda en algunos años.



Foto. A.3.1. Edificación en madera con techo de lamina



Foto. A.3.2. Edificación en madera con techo de lamina



Foto. A.3.3. Edificación en mampostería con techo en teja de barro



Foto. A.3.4. Edificación en ladrillo con techo de losa



Foto. A.3.5. Edificación en ladrillo con techo en teja de barro

2.1.2. Brisas de los Álamos -Comuna 2-, Brisas del Limonar y Ciudad 2.000 – Comuna 16 y El Caney – Comuna 17

En la zona urbana se observan dos tipos de generalidades, en el sector norte predominan las viviendas de interés social que tienen una construcción técnica y algunas son de construcción tradicional que presentan muchas humedades, grietas y en muy pocas viviendas hay goteras. En el sector sur encontramos conjuntos cerrados y supermercados además de viviendas con construcción técnica en buen estado, cabe resaltar que existen algunas excepciones en ambas clasificaciones.

En las Fotos A.3.6, A.3.7, A.3.8 y A.3.9 se observa humedad en losas, en la primera ha desprendido parte del repello del interior de la vivienda, aunque la humedad fue tratada, esta continua afectando al predio, en las demás la humedad no han sido tratadas y se localizan en las paredes exteriores de las viviendas.



Foto. A.3.6. Edificación en ladrillo y losa en el barrio Brisas del Limonar



Foto. A.3.7. Edificación en ladrillo y losa en el barrio Caney



Foto. A.3.8. Edificación en ladrillo y losa en el barrio Caney



Foto. A.3.9. Edificación en ladrillo y losa en el barrio Caney



Foto. A.3.10. Edificación en ladrillo y losa en el barrio Caney

2.1.3. Municipio de Palmira

En el Municipio de Palmira se observaron edificaciones de construcción tradicional en el corregimiento de Juanchito, la Dolores y Caucaseco y construcciones técnicas (casas de interés social) en la Urbanización Ciudad del Campo.

Las viviendas de las Fotos A.3.11 y A.3.13 están construidas de manera tradicional la primera con teja de asbesto y la segunda en teja de barro y se observa que el techo ha comenzado a colapsar por partes, esto se debe al mal estado de los materiales a las fuertes lluvias que ha soportado, ambas presentan graves problema de humedad donde se ve notoriamente el cambio que ha dado esta en las edificaciones uno de ellos es poner a exposición los ladrillos haciéndolos propensos al desgaste.

2.1.3.1. Corregimiento de Juanchito, La Dolores y Caucaseco – Palmira



Foto. A.3.11. Edificación de la Urb. Pereira del corregimiento de Juanchito - Palmira.



Foto. A.3.12. Edificación de la Urb. Pereira del corregimiento de Juanchito - Palmira.



Foto. A.3. 13. Edificación del corregimiento La Dolores - Palmira.



Foto. A.3.14. Edificación del corregimiento La Dolores - Palmira.



Foto. A.3.15. Edificación del corregimiento Caucaseco - Palmira



Foto. A.3.16. Edificación del corregimiento Caucaseco - Palmira

2.1.3.2. Municipio Candelaria.

En el Municipio de Candelaria se encontró, en el corregimiento de Juanchito viviendas construidas tradicionalmente, es decir viviendas de autoconstrucción y viviendas precarias, es decir viviendas en madera, lamina etc. En el corregimiento del Carmelo se encuentra viviendas de construcción precarias, tradicional y tecnificada, esta última son las viviendas de la Urbanización Poblado Campestre. En hay construcciones técnicas, ambas presentan problemas de humedad.

Generalmente las viviendas que tienen techo de asbesto presentan problema de goteras y casi todas tenían problema de grietas en el centro poblado de Juanchito y el sector de Domingo Largo.

En las viviendas de las Fotos A.3.17, A.3.20, A.3.23 y A.3.24 están construidas de manera tradicional con materiales de adobe, teja de barro y asbesto se observa humedades en las paredes, techos y pisos.

Las viviendas de las Fotos A.3.18 y A.3.19 son construcciones tradicionales, presentan grietas en pares, la última se observa grieta en losa del primer piso.

En la Foto A.3.21 se observa una vivienda que está ubicada justo bajo el puente de Juanchito, esta vivienda presenta un problema con grietas y humedad, además el techo está deteriorado por el tiempo.

Por ultimo en la Foto A.3.22 se observa humedad en paredes

Corregimiento de Juanchito Candelaria



Foto. A.3.17. Edificación del corregimiento de Juanchito - Candelaria.



Foto. A.3.18. Edificación del corregimiento de Juanchito - Candelaria.



Foto. A.3.19. Edificación del corregimiento de Juanchito - Candelaria.



Foto. A.3.20. Edificación del corregimiento de Juanchito - Candelaria.



Foto. A.3.21. Edificación del corregimiento de Juanchito - Candelaria.



Foto. A.3.22. Edificación del corregimiento de Juanchito - Candelaria.



Foto. A.3.23. Edificación del corregimiento de Juanchito - Candelaria.



Foto. A.3.24. Edificación del corregimiento de Juanchito - Candelaria.

2.1.3.3. Municipio de Yumbo.

En la muestra del municipio de Yumbo se caracteriza por ser zona industrial y empresarial estas fueron construidas técnicamente, estas presentaban algunos problemas de grietas y otras habían optado por realizar un dique alrededor de esta como medida de protección ante una posible inundación.

A.3.5. EVALUACIÓN DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE ENERGÍA, ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Con base a las encuestas realizadas en diferentes sectores de los municipios de Palmira, Yumbo, Candelaria y Santiago de Cali se realiza este informe sobre el estado de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado prestados a los municipios mencionados. Los corregimientos de La Dolores y Caucaseco del municipio de Palmira no cuentan con acueducto y alcantarillado para el municipio de Yumbo en el sector de Acopi en el corregimiento de Arroyohondo es la EMPRESA DE SERVICIOS PUBLICOS DE YUMBO ESPY S.A ESP (operó hasta el 11 de diciembre del 2014 la empresa EMCALI), para Candelaria la empresa ACUAVALLE y para el municipio Santiago de Cali la empresa EMCALI S.A. Es importante mencionar que se presentan algunas irregularidades en la prestación del servicio en algunos sectores donde las condiciones de vida son precarias y sus habitantes no cuentan con un servicio de calidad.

Los habitantes de estos corregimientos, donde las condiciones de vida son mínimas, se ven obligados a contar con varias fuentes de abastecimiento, como el uso de agua extraída directamente del río o transportada por carro tanques con lo cual se genera el consumo de agua no potable, además de esto, en los municipios mencionados se encuentran localidades donde no se cuenta con alcantarillado pluvial en las calles, aumentando así la probabilidad de inundación y afectación en estos sitios.

Durante las visitas se evidenció la carencia de un sistema de manejo de aguas residuales en las zonas más precarias de estos corregimientos, donde la comunidad se vio obligada a la implementación de pozos sépticos en sus hogares empeorando las condiciones sanitarias y los niveles de humedad en los predios, en estos casos no existen ningún tipo de mantenimiento preventivo o correctivo de estos sistemas caseros lo cual hace más difícil la mitigación de los riesgos existentes.

1. Evaluación de los servicios públicos domiciliarios de energía, acueducto y alcantarillado por municipios

1.1. Municipio de Palmira

Los comentarios expresados por la comunidad en el municipio respecto al estado de su red de acueducto y alcantarillados muestran inconformidad a causada por la inexistencia de un sistema de Acueducto y Alcantarillado elaciones con la comunidad.

En el corregimiento La Dolores la prestación de estos servicios es menos eficiente y equitativa, el estado económico de la sociedad se ve reflejado también en las condiciones precarias del servicio en las zonas más vulnerables, en zonas de menor vulnerabilidad el servicio llega a ser aceptable pero aun así se hace evidente la falta de continuidad de los mismos. En este corregimiento se realizaron encuestas a un alto número de bodegas industriales y comerciales donde no existía la implementación de ninguna medida preventiva contra inundaciones o afectaciones por la proximidad al río, las disposición de alcantarillado pluvial o combinado variaba según el área, pero se puede decir que la mayoría de los predios del sector no cuenta con este servicio.

Es importante mencionar que algunos corregimientos de este municipio cuenta con suministro de agua potable por medio de convenios externos con empresas como EMCALI, como es el caso de La Dolores y parte de los corregimientos de Juanchito y Caucaseco, pero aun así es necesaria una ampliación de la red de acueducto hasta sus zonas más alejadas, el aumento de conexiones domiciliarias, de su capacidad de cobertura para vincular a nuevos suscriptores al sistema, mejorar el tratamiento de las aguas residuales domésticas y dar mantenimiento a las infraestructuras existentes en zonas de mayor vulnerabilidad.

1.2. Municipio Yumbo

Anteriormente el suministro de agua potable en este municipio era proporcionado por la empresa EMCALI, problemas con la potabilización del agua se vieron reflejados con la aparición de enfermedades intestinales en la comunidad, además la prestación del servicio de acueducto se hace de manera intermitente continuamente debido a daños en la infraestructura del sistema y a la falta de capacidad del mismo, que en épocas de sequías hace necesaria la racionalización del suministro de agua potable. Al igual que en los otros municipios en las zonas de ladera existen viviendas con fallas estructurales y desprotegidas de los riesgos de inundación y derrumbes de la zona.

El alto riesgo de desbordamiento e inundaciones a causa del incremento de las lluvias permanece latente entre la comunidad, el municipio no cuenta con un sistema de control de aguas lluvias por lo que la alcaldía local se ve obligada a declarar calamidad pública siempre que ocurren lluvias continuas.

1.3. Municipio de Candelaria

A nivel de infraestructura y prestación del servicio en el sector concurrido en el corregimiento de Juanchito se podrían considerar insuficiente, puesto que no cuentan con

acueducto y alcantarillado, lo que si se pudo observar en el trabajo de campo fue un rudimentario alcantarillado pluvial y combinado que desemboca en el río Cauca sin que antes se le realice un tratamiento al agua, en este sector gran parte de los predios no cuenta con plantas de bombeo ni diques o muros de contención.

En la parte del corregimiento de El Carmelo donde se localiza la Urbanización Poblado Campestre la situación es completamente diferentes, ya que cuenta con planta de tratamiento de agua potable propio, es decir cuentan con acueducto y alcantarillado se podría decir que es el único centro poblado del municipio que cuenta con todos los servicios públicos que satisfacen las necesidades básicas de la comunidad, además cuenta con alcantarillado pluvia y diques para la protección de río Cauca.

1.4. Municipio de Santiago de Cali

Las zonas visitadas durante la encuestas en Santiago de Cali en el barrio Brisas de los Álamos al norte de la ciudad en la comuna 2, los barrio localizados en el sector sur como Brisas del Limonar, Ciudad 2000 en la comuna 16 y el Caney en la comuna 17, cuenta con los servicios públicos domiciliarios eficientes prestados por las Empresas Municipales de Cali –EMCALI- satisfaciendo las necesidades básicas de la comunidad. En el barrio e Caney se cuenta con un canal pluvial.

En el corregimiento de Navarro en la vereda El Estero no cuentan con acueducto y alcantarillado, únicamente el servicio eléctrico prestado por las Empresas Municipales de Cali –EMCALI-, además en esta zona no existe estructura como diques o muros de contención para el manejo de aguas

A.3.6. INFORME PUENTES SOBRE EL RIO CAUCA

1. Descripción de los puentes vehiculares y férreos

1.1. Puente Vehicular de Juanchito

A diario circulan por esta zona alrededor de 31.000 vehículos, visualmente se identifica gran dilatación en las uniones de los tramos de la estructura, fuertes movimientos y gran desgaste en general, debido a que transitan gran cantidad de vehículos y/o que tienen gran carga, esto ha llevado a generar restricciones para los vehículos ya mencionados. Debido a los riesgos que existen en este puente, se han elaborado estudios para mitigar y arreglar daños, también se tiene en marcha el proyecto de la construcción de un nuevo puente superando las dificultades del actual, ya que poseerá doble calzada con cuatro carriles.



Foto. A.3.25. Puente sobre el río Cauca en la vía Santiago de Cali - Candelaria. Sentido oriente - occidente



Foto. A.3.26. Puente sobre el río Cauca en la vía Santiago de Cali - Candelaria. Sentido occidente - oriente



Foto. A.3.27. Puente sobre el río Cauca en la vía Santiago de Cali - Candelaria. Bajo el puente



Foto. A.3.28. Puente sobre el río Cauca en la vía Santiago de Cali - Candelaria. Bajo el puente

En las Fotos anteriores se identifica el puente de Juanchito, el cual comunica los municipios de Santiago de Cali y Candelaria, este puente atirantado posee una calzada con dos carriles, se construyó en 1957 para el cual se diagnosticó una vida útil de 50 años y hasta el momento ha excedido 8 años de uso.

1.2. Puente Vehicular Paso del Comercio

Este puente vehicular conocido como “Puente del Comercio” comunica los municipios de Santiago de Cali y Palmira, es de doble calzada con cuatro carriles cada uno, adyacente a éste se encuentra otro puente usado como puente peatonal anteriormente como vehicular, está ubicado en la vía llamada “Recta Cali-Palmira” se encuentra en buen estado en general debido a que es una vía amplia y la estructura no es antigua (Fotos A.3.29, A.3.30 y A.3.31).



Foto. A.3.29. Puente sobre el río Cauca en la vía Santiago de Cali – Palmira. Sentido occidente - oriente

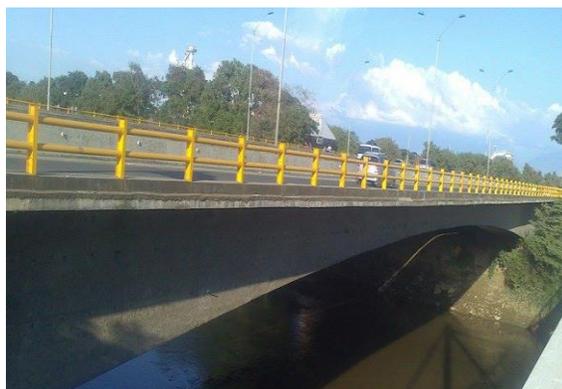


Foto. A.3.30. Puente sobre el río Cauca en la vía Santiago de Cali – Palmira. Sentido occidente - oriente



Foto. A.3.31. Puente sobre el río Cauca en la vía Santiago de Cali – Palmira. Carril peatonal

1.3. Puente Férreo de La Carrera 5

Puente giratorio, se construyó de esta manera para el paso de los barcos a vapor, anteriormente transitado por el ferrocarril del pacifico, actualmente no está en funcionamiento, aunque la corrosión y el deterioro es evidente, la estructura se mantiene estable y se podría rehabilitar (Fotos A.3.32, A.3.33 y A.3.34).



Foto. A.3.32. Puente sobre el río Cauca en la Carrilera Santiago de Cali – Palmira. Sentido oriente - occidente



Foto. A.3.33. Puente sobre el río Cauca en la Carrilera Santiago de Cali – Palmira. Sentido oriente - occidente



Foto. A.3.34. Puente sobre el río Cauca en la Carrilera Santiago de Cali – Palmira.

A.3.7. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

1. DICCIONARIO PARA IDENTIFICAR LOS USOS DEL SUELO DENTRO DE LA BASE DE DATOS

DESCRIPCION	CODIGO
HABITACIONAL	A
INDUSTRIAL	B
COMERCIAL	C
AGROPECUARIO	D
MINERO	E
CULTURAL	F
RECREACIONAL	G
SALUBRIDAD	H
INSTITUCIONAL	I
EDUCATIVO	J
RELIGIOSO	K
AGRICOLA	L
PECUARIO	M
AGROINDUSTRIAL	N
FORESTAL	O
USO PUBLICO	P
SERVICIOS ESPECIALES	Q
LOTE URBANIZABLE NO URBANIZADO	R
LOTE URBANIZADO NO EDIFICADO	S
LOTE NO URBANIZABLE	T

2. CAPACIDAD CORPORAL

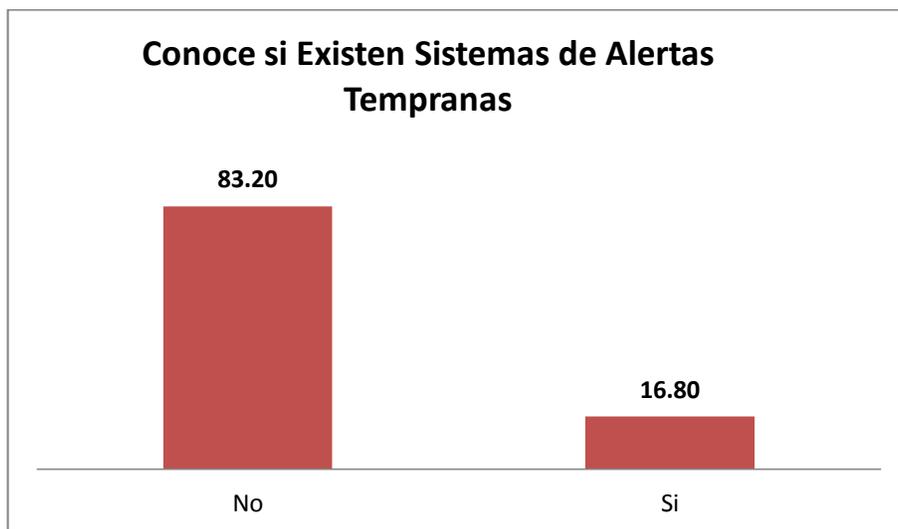


Figura A.3.1. Conoce si existen sistemas de alertas tempranas

Teniendo en cuenta la Figura A.3 1, el 83.20% de la población no conocen si existen sistemas de alarmas tempranas en el sector, es decir que esta población se encuentra en Vulnerabilidad alta, frente a la que si conoce, pues solo el 16.80% de la población está en Vulnerabilidad media, pues al conocer pueden evitar mayores desastres.

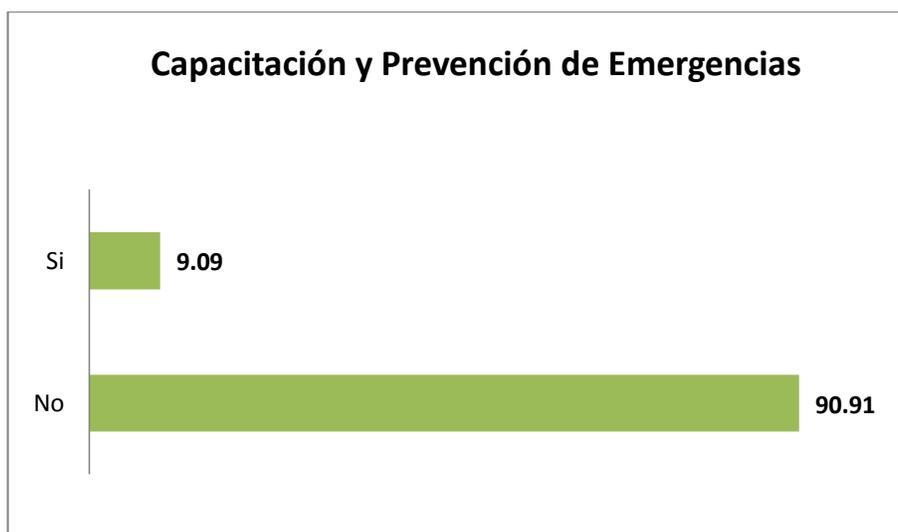


Figura A.3.2. Capacitación y Prevención de Emergencias

Se puede observar en la Figura A.3.2, que la mayoría de los habitantes del sector no están capacitados para prevenir y atender una emergencia, pues solo el 9,09% de los habitantes

encuestados se han capacitado, por lo tanto en general esta población se encuentra en una condición de Vulnerabilidad alta.



Figura A.3.3. Existen planes de Gestión de Riesgo conocidos por la comunidad

Entre la población encuestada se encontró que el 96,97% de la población no tiene información sobre planes de gestión de riesgo, lo que hace que esta comunidad se encuentre en vulnerabilidad alta pues según la Figura A.3.3, se encontró que solo el 3, 03 de la población si está informada.

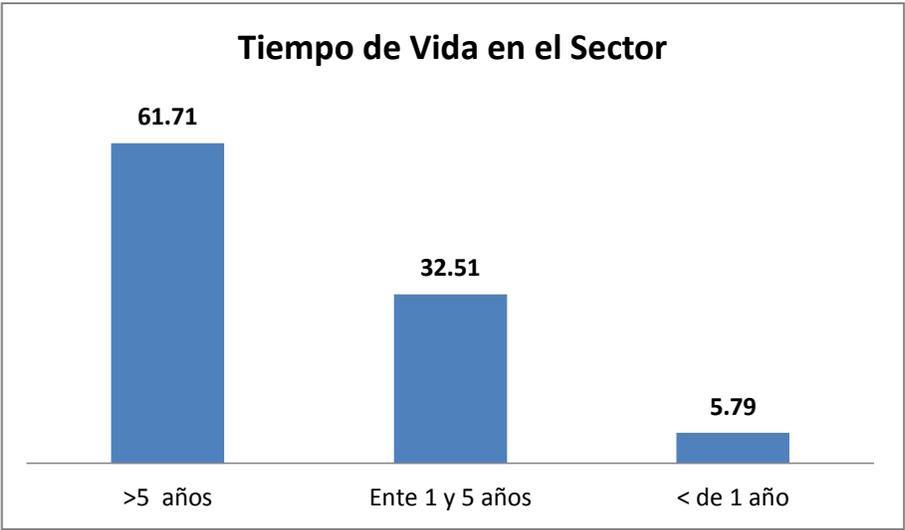


Figura A.3.4. Tiempo de vida en el sector

Se puede observar en la Figura A.3.4, que el 5,79% de la población vive hace menos de 1 año en el sector, lo que significa que un porcentaje pequeño de la población puede estar presentando alta vulnerabilidad, comparado con el resto de la población que debido al tiempo

de vida puede conocer mucho más el comportamiento de la amenaza y así evitar una emergencia.

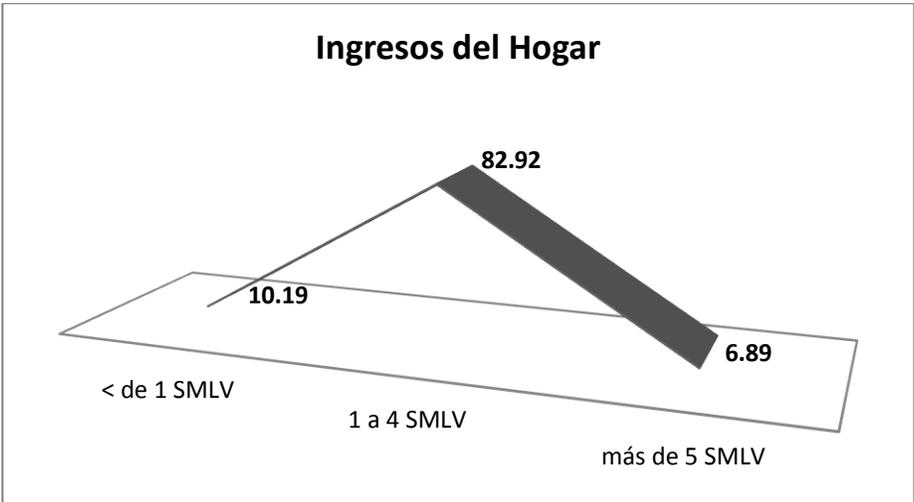


Figura A.3.5. Ingresos del hogar

En la Figura A.3.5, se observa que el 82,92% de la población presentan ingresos ente 1 y 4 SMLV, es decir que presenta una mínima capacidad en el momento de presentarse un evento, el 10.19% en caso de presentarse no cuentan con ingresos para solventar la emergencia y el 6.89 % cuentan con uy buena capacidad para afrontar la emergencia.

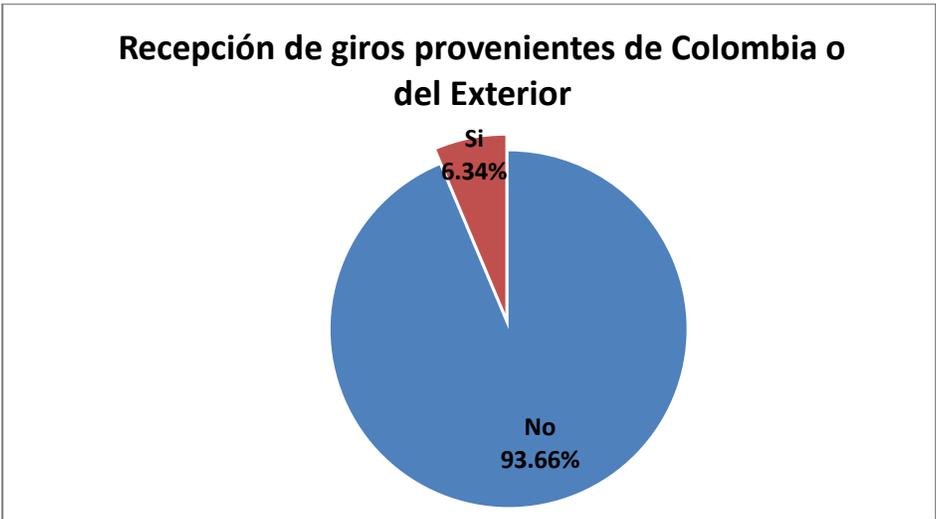


Figura A.3.6. Recepción de giros provenientes de Colombia o del Exterior

La Figura A.3.6, se observa que el 93,66% de la población no reciben giros de familiares en otras ciudades ni en el exterior, mientras que el 6.34% si perciben ese tipo de ingresos.

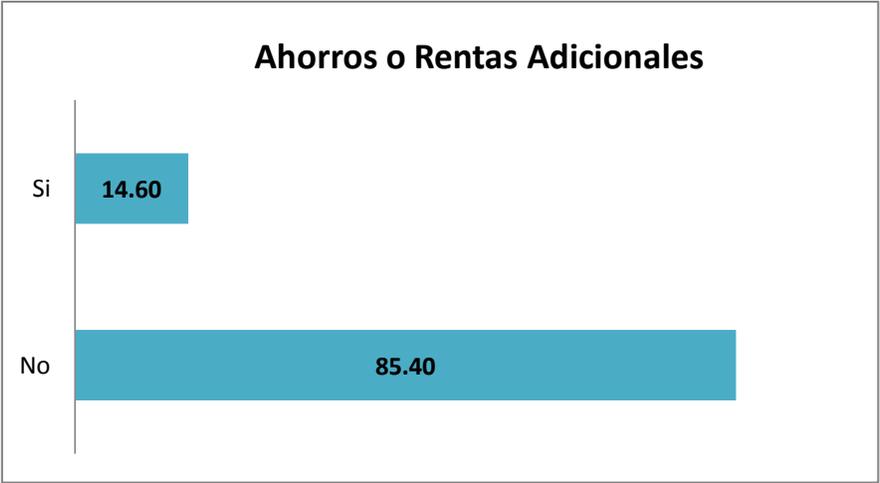


Figura A.3.7. Rentas o ahorros adicionales

Esta Figura A.3.7 presenta un compartimento similar a la anterior

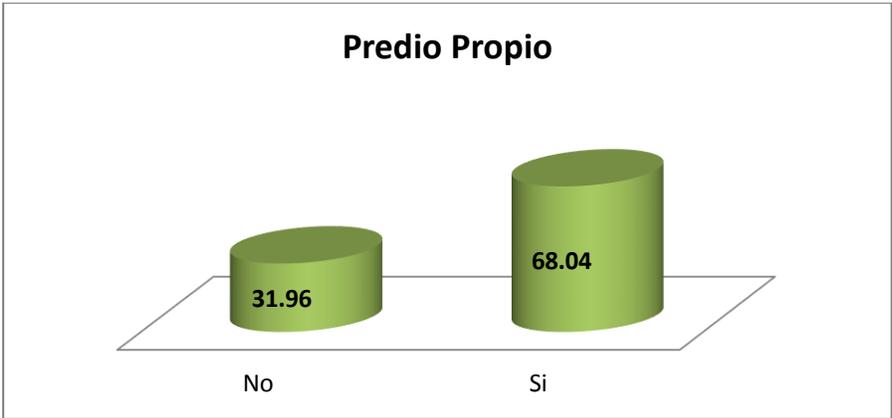


Figura A.3.8. Predio Propio

Se puede observar en el Figura A.3.8, que el 68,04% de la población cuentan con vivienda propia, pues representa un activo en el hogar, por lo no se le incrementaran los gastos y esto es un beneficio comparado con el 31,96% de la población que no cuentan con un predio propio, pues tendrían un gasto adicional.

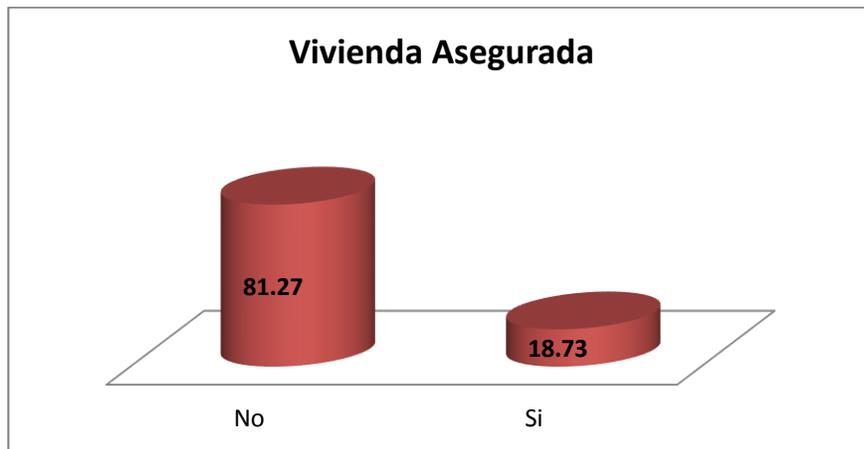


Figura A.3.1.9. Vivienda Asegurada

Entre la población encuestada se encontró que el 81, 27% no tienen asegurada sus viviendas, por lo tanto se podría decir que esta población presenta una baja capacidad de respuesta ante la ocurrencia de una emergencia deberán con sus propios medios económicos recuperarlas, esto según lo muestra la Figura A.3. 9.

3. CAPACIDAD ESTRUCTURAL

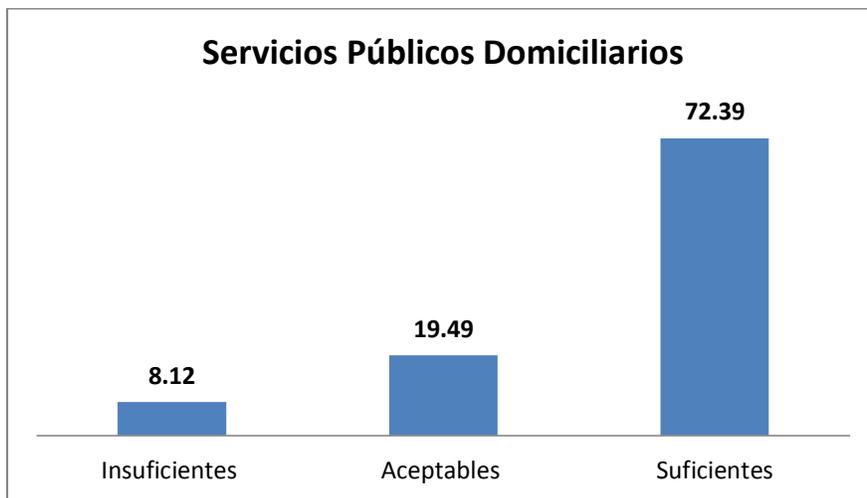


Figura A.3.10. Servicios Públicos Domiciliarios

Según la información que se muestra la Figura A.3.10, para el 72,39% de la población los servicios públicos domiciliarios son suficientes, es decir que cuentan con alcantarillado, acueducto, energía y Gas, para el 19,49% los servicios públicos domiciliarios son aceptables, cuentan con solo acueducto y energía, y el 8, 12 de la población no cuentan con acueducto y alcantarillado.

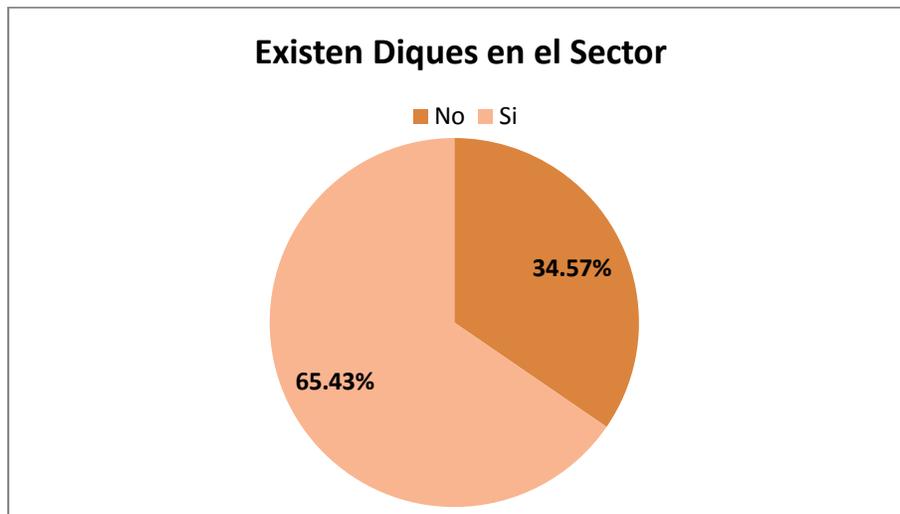


Figura A.3.11. Existencia de diques

La Figura A.3.11, muestra que el 65.43% de la población tienen conocimiento de la existencia de Diques en el borde de los ríos Cauca y Cali y el Canal Interceptor Sur mientras que el 34.57% no tienen conocimiento si en el sector cuentan con esa obra para mitigar las inundaciones.



Figura A.3.2. Existen Planes de Monitoreo y Mantenimiento de Diques

Teniendo en cuenta la Figura A.3.12, se puede observar que la población se encuentra bastante vulnerable, pues no tienen conocimiento de la existencia de planes de monitoreo y mantenimiento de diques en el sector, pues el 99,5% de los habitantes del sector niegan

conocer este tipo de sistemas o planes para estar preparados en caso de que el nivel de los ríos y canales aumenten y se tenga el tiempo suficiente para evacuar la zona.

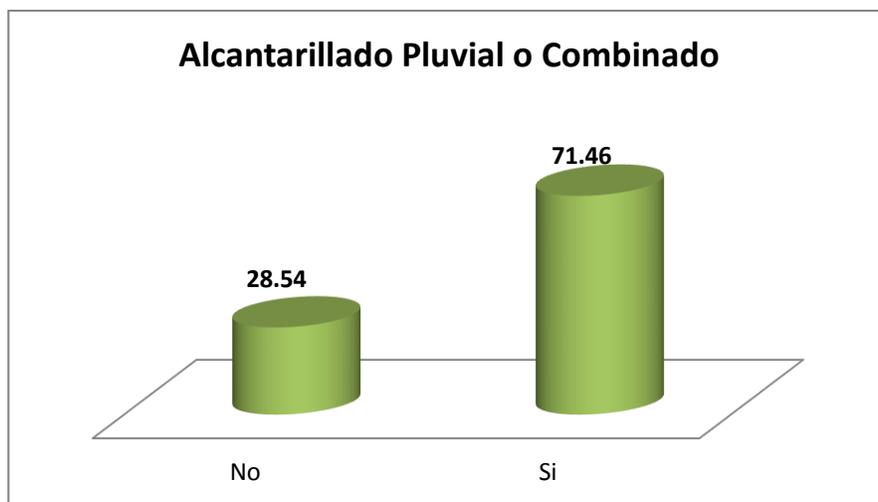


Figura A.3.13. Alcantarillado Pluvial o Combinado

Según la Figura A.3.13, se puede decir que la población presentó confusión se encuentra en vulnerabilidad moderada, pues el 71,46% la zona cuenta con Alcantarillado Pluvial o Combinado, mientras que el 28,54% de la población no cuenta con este tipo de alcantarillado.

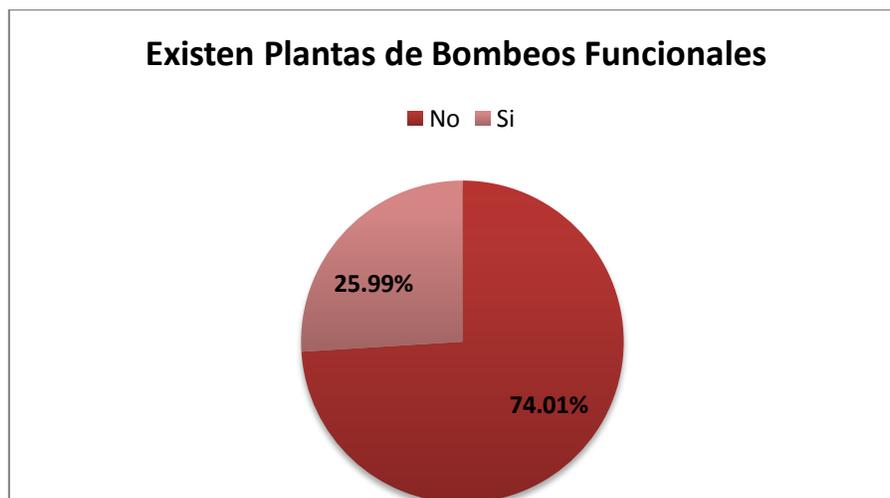


Figura A.3.14. Existencia de Plantas de Bombeo Funcionales

Se puede observar en la Figura A.3.14, que el 74,01% de la población desconocen la existencia de Plantas de bombeo funcionales, por lo tanto al no tener en cuenta esta información se encuentran en vulnerabilidad alta.

4. FRAGILIDAD CORPORAL

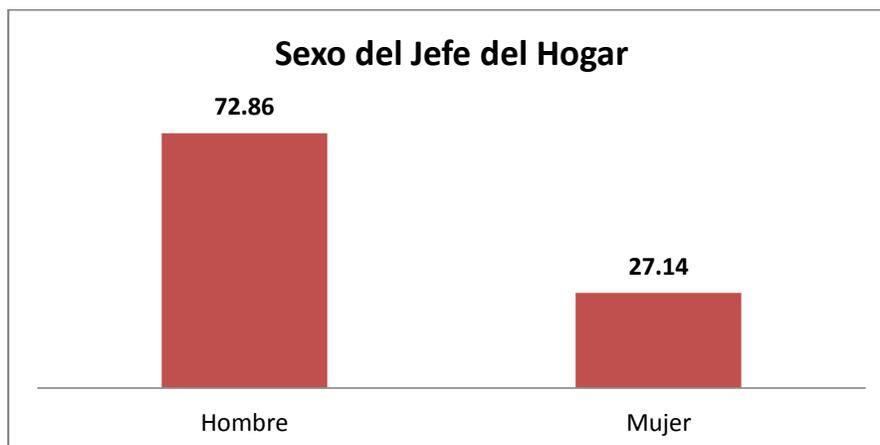


Figura A.3.15. Sexo Jefe del Hogar

Teniendo en cuenta el Figura A.3.15, se puede observar que el 72.86% de los jefes de hogar de la población son hombres, mientras que el 27.14% es mujer.

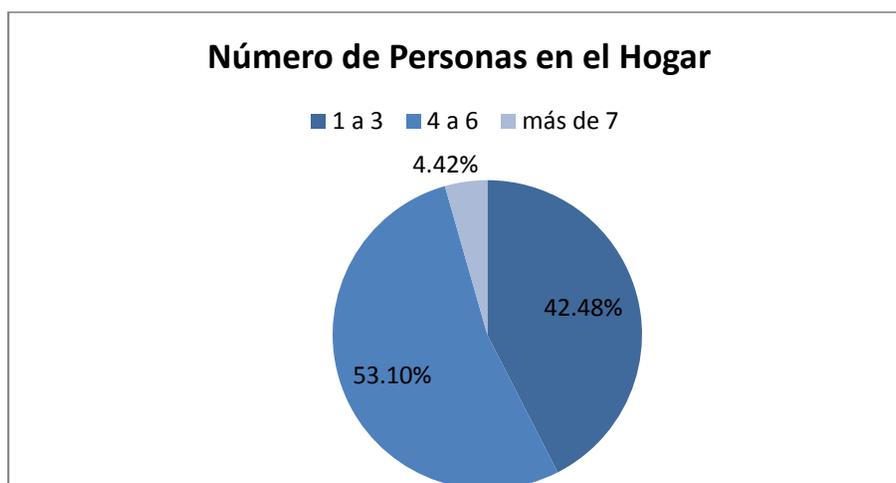


Figura A.3.16. Número de Personas en el Hogar

Se encontró que entre la población el 53,10% está conformada por 4 a 6 personas, seguido del 42,48% que está conformada por 1 a 3 personas y solo el 4,42%, están conformados por más de 7 persona, esto se puede observar en la Figura A.3.16.

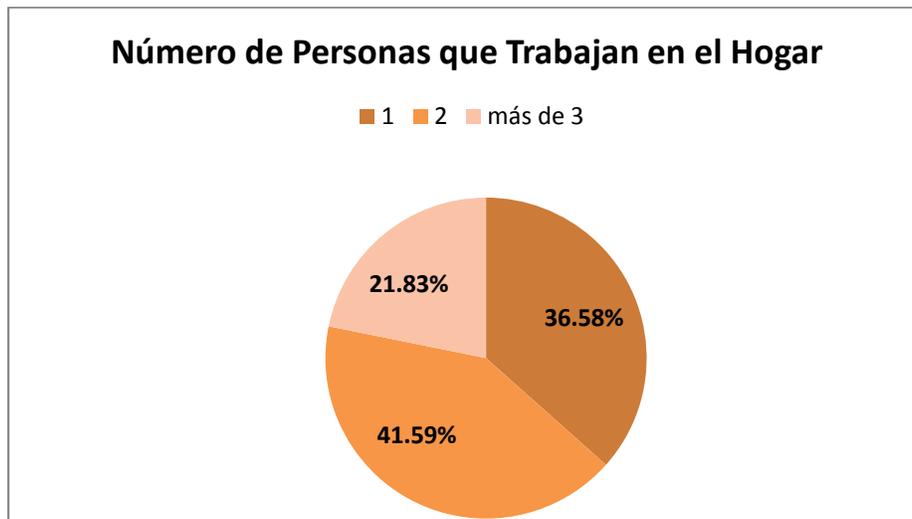


Figura A.3.17. Número de Personas que Trabajan en el Hogar

Según la Figura A.3.17, en el 41,59% de los hogares de la población trabajan dos personas, además que en el 36.58% de los hogares trabaja 1 persona y solo en el 21.83% de los hogares hay más de 3 trabajadores, por lo tanto se podría pensar que la población es moderadamente vulnerable.

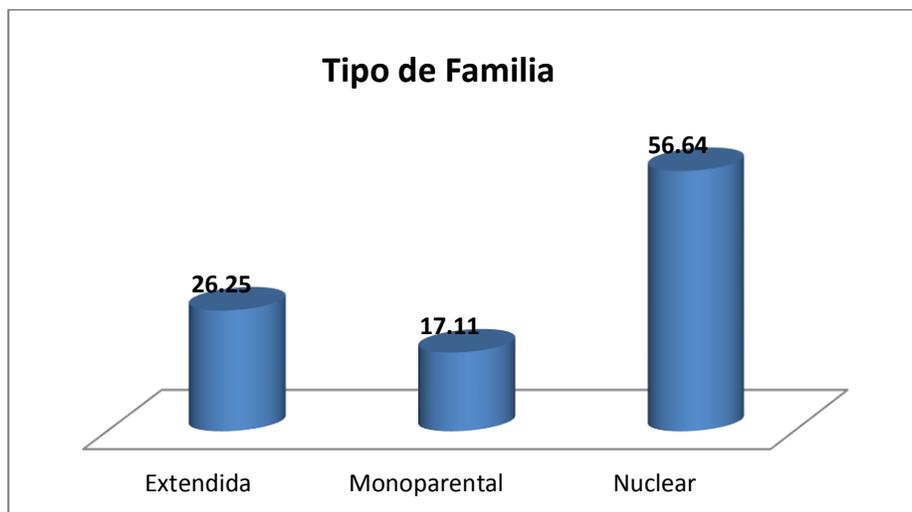


Figura A.3.18. Tipo de Familia

Teniendo en cuenta el Figura A.3.18, se puede observar que el 56.64% de las familias de la población son tipo de familia Nuclear, pues está compuesta por el Padre, la Madre y los hijos, seguido del 26.25% que son tipo de familia Extendida y solo el 17.11% son tipo de familias Monoparental.

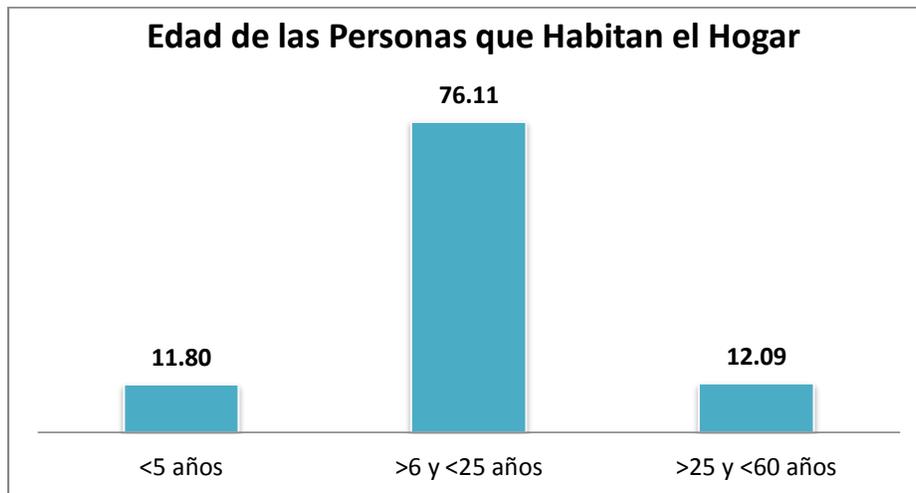


Figura A.3.19. Edad de las Personas que Habitan el Hogar

La Figura A.3.19, muestra que 76.11% de la población está altamente representada por las edades mayores de 6 a 25 años, edades en la cual son más frágiles, además que el 11,80% de la población son los menores de 5 años, la cual es una población altamente frágil y los mayores de 25 a 60 años son un 12.09% de la población, es decir que en sí la población se encuentra en una fragilidad moderada.

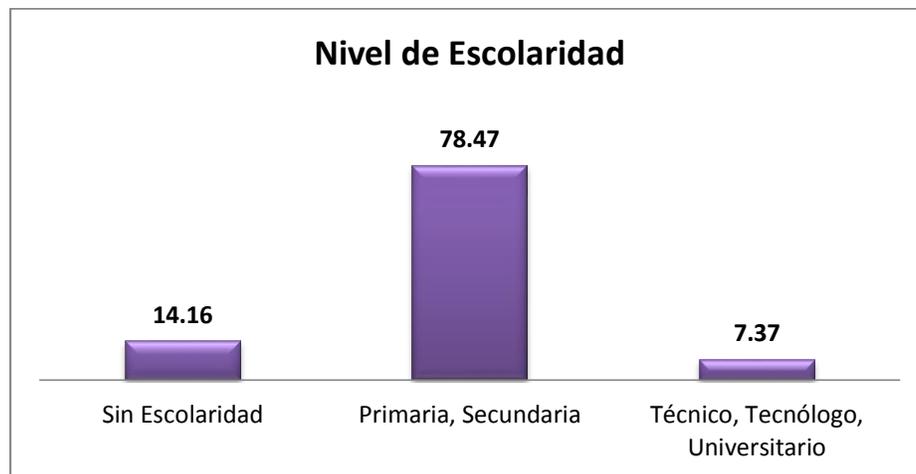


Figura A.3.20. Nivel de escolaridad

De acuerdo a la Figura A3.20, la población con nivel de escolaridad Primaria o Secundaria es el 78.47%, seguido del 14.16% que no presentan ningún nivel de escolaridad y además que solo el 7.37 % de la población son Técnicos, Tecnólogos o Universitarios, por lo tanto se podría decir que esta población presenta fragilidad moderada, pues es una población medianamente analfabeta.

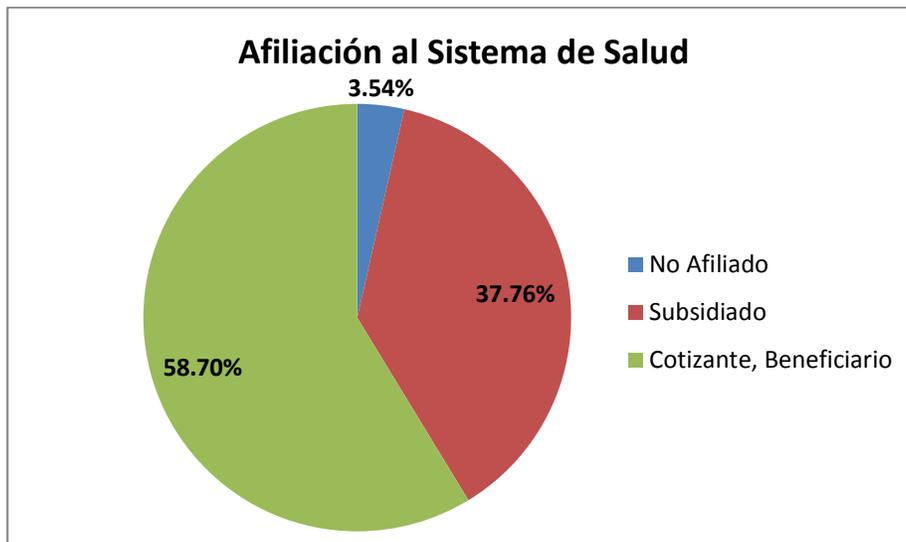


Figura A.3.1.21. Afiliación al Sistema de Salud

Teniendo en cuenta el Gráfico 20, se observa que solo el 3.54% de la población no están afiliados a ningún Sistema de Salud, y que el 96.46% si cuentan con Afiliación, por lo tanto esta población se encuentra en baja vulnerabilidad, pues al presentarse alguna emergencia y de haber alguna dificultad que ponga en riesgo la vida de las personas no tendrían que pagar EPS privadas, lo cual generaría un gasto.

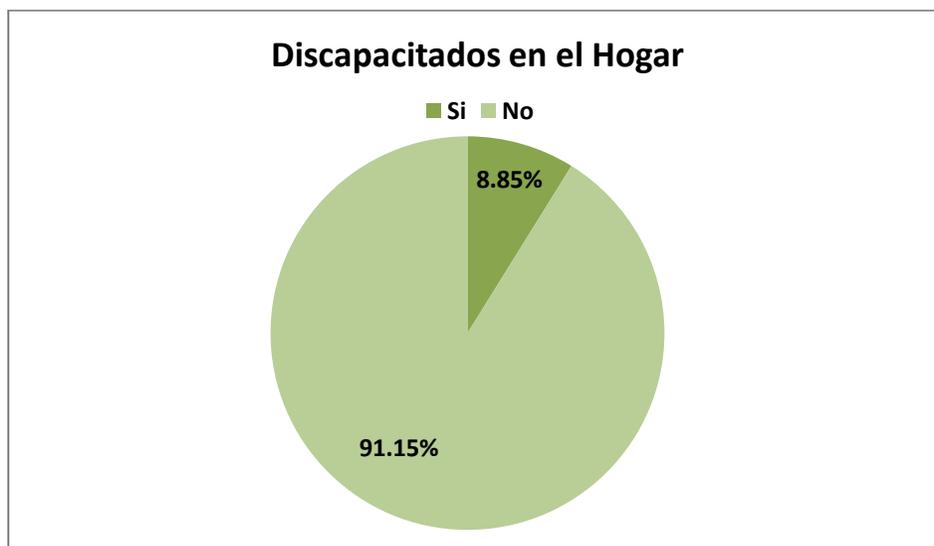


Figura A.3.1.22. Personas con Discapacidad en el Hogar

Se encontró que entre la población el 91.15% no presentan ninguna condición de discapacidad y que solo el 8.85% están en condición de discapacidad, por lo tanto se podría decir que esta población presenta una fragilidad baja, pues en caso de una emergencia la

mayoría de personas se podrían movilizar por sus propios medios, esto se puede observar en la Figura A.3.21.

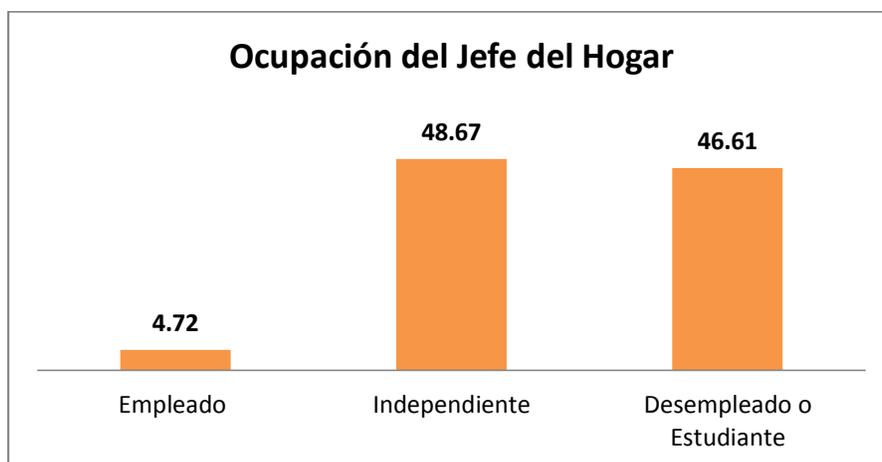


Figura A.3.23. Ocupación del Jefe del Hogar

Según la información que está representada en la Figura A.3.23, el 53.39% de los Jefe de Hogar de la población están económicamente activos u ocupados y que el 46.61% de los Jefe de Hogar de la población se encuentra en condición de desempleados, por lo tanto se podría decir que la tasa de desempleo de los Jefe de Hogar de esta población es del 87.29%, es decir relativamente alta, por lo tanto esta población presenta una vulnerabilidad alta.

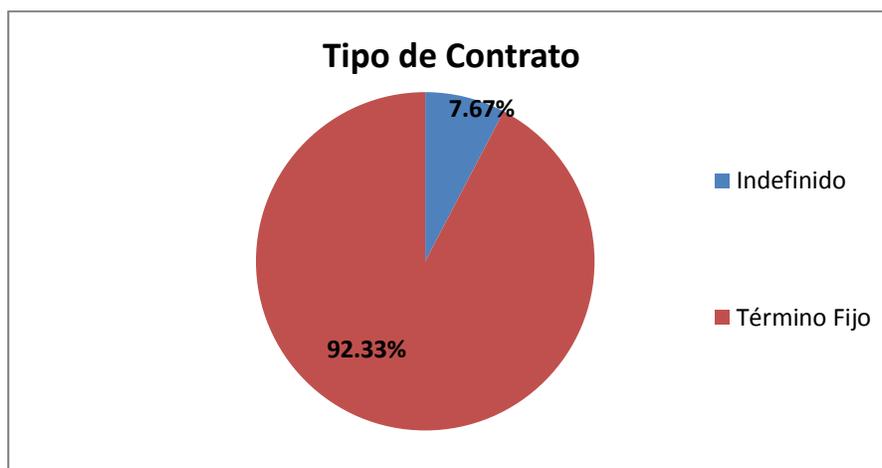


Figura A.3.24. Tipo de contrato del Jefe del Hogar

Teniendo en la Figura A.3.24, el 92.33% de los Jefe de Hogar de la población tienen contrato a Término Fijo y solo el 7.67% tienen contrato Indefinido, es decir que esta población es moderadamente frágil, debido a que las personas que tienen contratos a término indefinido

pueden asegurar por más tiempo su estabilidad económica y en caso de una emergencia tendrían a favor más factores de ayuda.

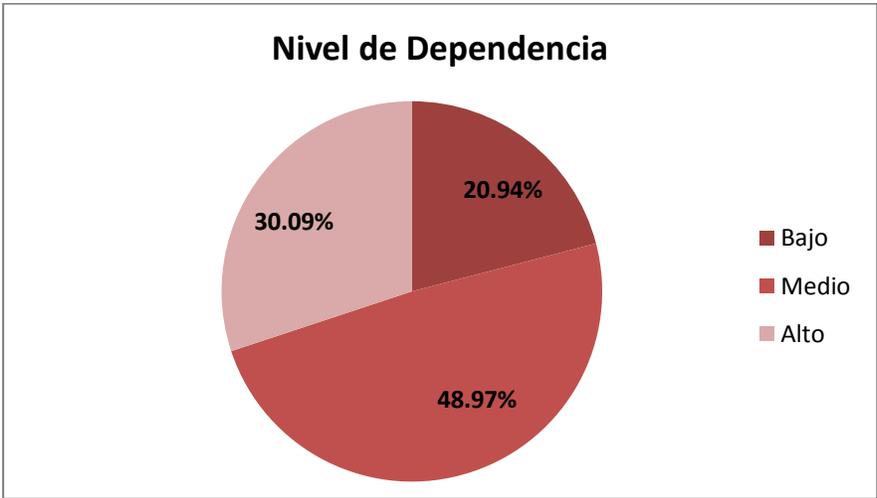


Figura A.3.25. Nivel de Dependencia

Según la información que se muestra en el Figura A.3.24, con un 48.97% el nivel de dependencia dentro de los hogares más representativo es el medio, seguido del 30.09% de un nivel de dependencia Alto. Por último el 20.94% el nivel de dependencia es bajo.

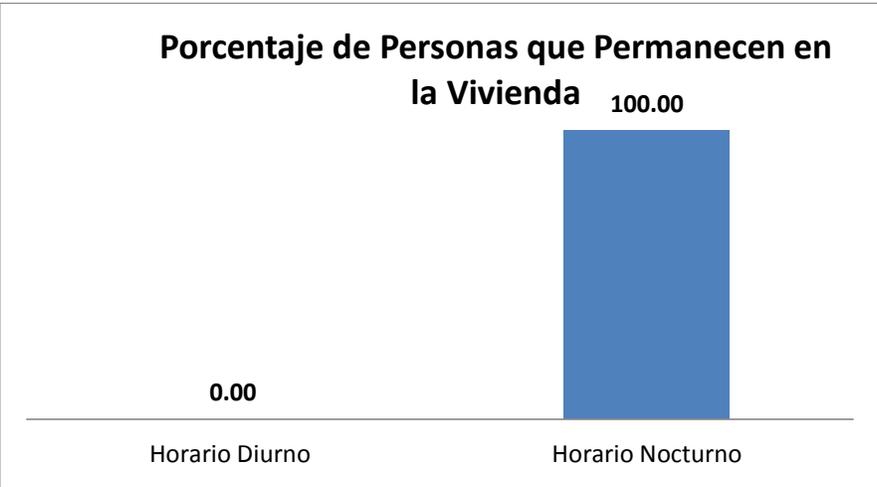


Figura A.3.26. Porcentaje de Personas que Permanecen en la Vivienda

En la Figura A.3.26, se puede observar que 100% de las personas permanecen en la vivienda en el horario Nocturno, por lo tanto se puede decir que la población es altamente vulnerable con respecto a este horario, pues en la noche la capacidad de reacción es menor.

5. FRAGILIDAD ESTRUCTRAL

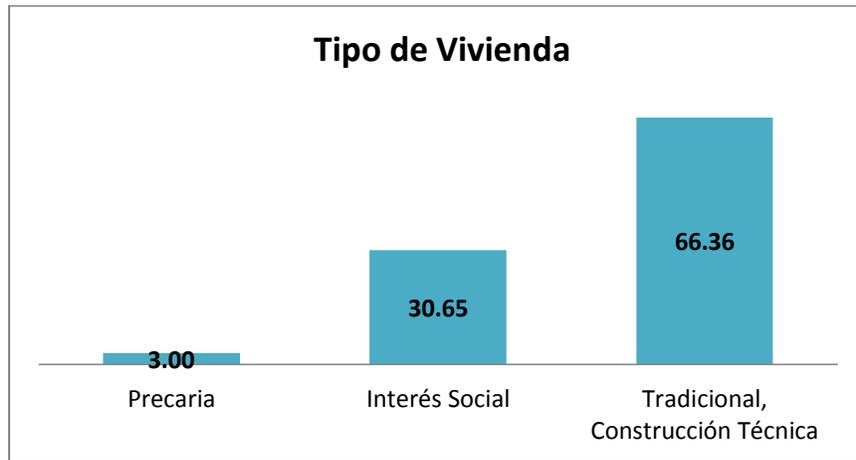


Figura A.3.27. Tipo de Vivienda

En la Figura A.3.27, se puede observar que el tipo de vivienda Tradicional o Construcción Técnica es la que más se presenta en la Población objeto de estudio con un 66.36%, además el 30.65% la población presenta tipo de vivienda Interés social y solo el 3% tienen tipo de vivienda precaria.

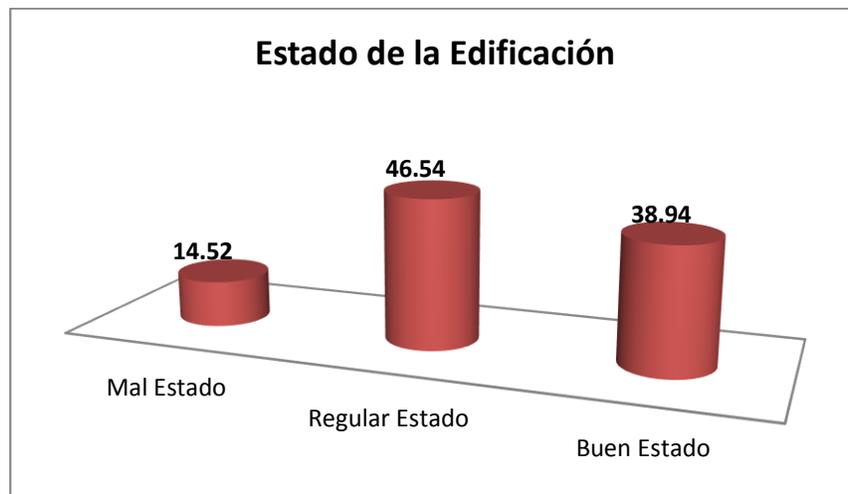


Figura A.3.28. Estado de la edificación

La Figura A.3.28, muestra que el 46.54% de las edificaciones están en regular estado, el 38.94% se encuentran en buen estado, mientras que el 14.52 % las edificaciones están en malas condiciones

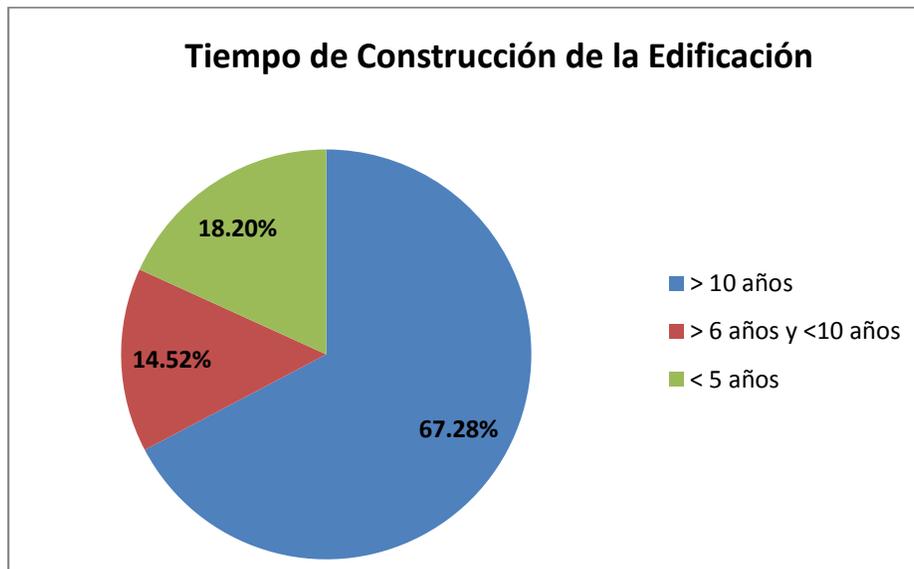


Figura A.3.29. Tiempo de Construcción de la Edificación

Teniendo en cuenta la Figura A.3.29, el 67.28% de los predios encuestados tienen un tiempo de construcción de más de 10 años, y que el 18.20% están entre más de 6 y menos de 10 años y el 14.52 tienen tiempo de construcción de menos de 5 años.

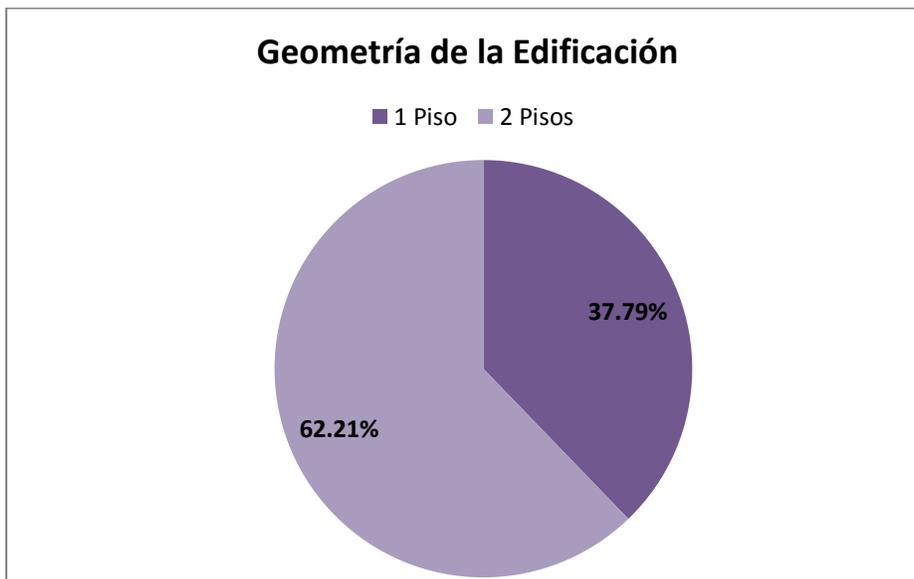


Figura A.3.30. Geometría de la Edificación

Según la información que muestra la Figura A.3.30 el 62.21% de las edificaciones son de 2 o más pisos y el 37.79% es de un solo piso.

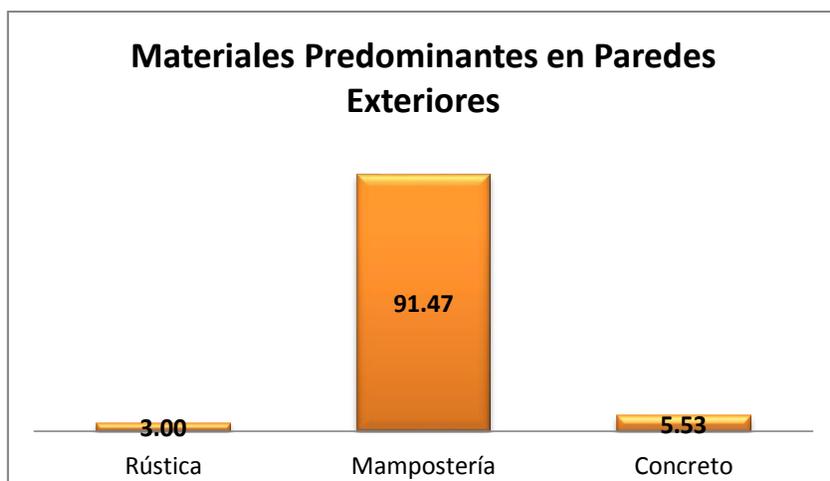


Figura A.3.31. Materiales Predominantes en Paredes Exteriores

Se puede observar en la Figura A.3.31, que el 91.47% de los predios encuestados el material predominante de las paredes exteriores es la Mampostería, el 5, 53% de las paredes exteriores de los predios su material predominante es el concreto y solo el 3% están hechas de material Rústica.

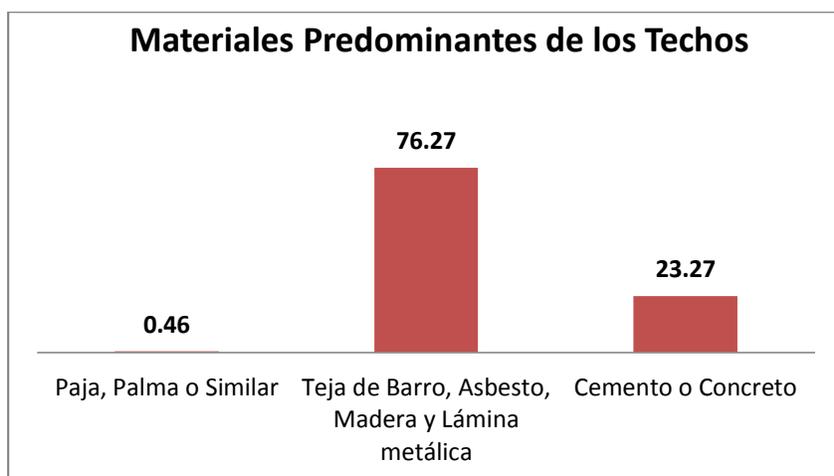


Figura A.3.32. Materiales Predominantes de los Techos

En la zona se logró identificar que los materiales predominantes en los techos es de Teja de Barro, Asbesto y Lamina o Zinc con el 76.27%, el 23.27% es de cemento o concreto y el 0.46 es de Paja o cartón.

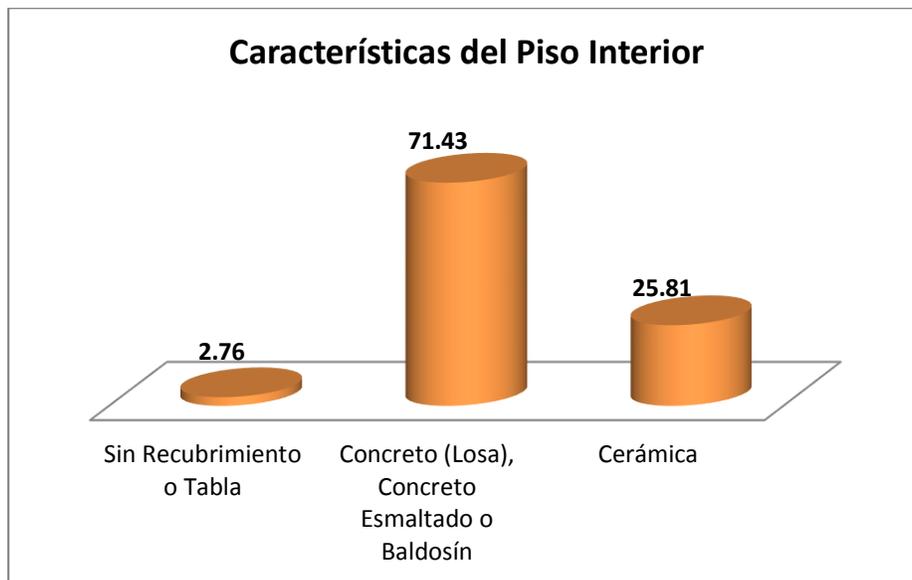


Figura A.3.33. Características del Piso Interior

Se encontró que entre los predios de la población objeto de estudio el 71.43% el material del piso interior está hecho de Concreto (losa) o Concreto Esmaltado, seguido del 25.81% que está hecho de material de Cerámica y solo el 2.76%, está Sin recubrimiento o Tabla, esto se puede observar en la Figura A.3.33

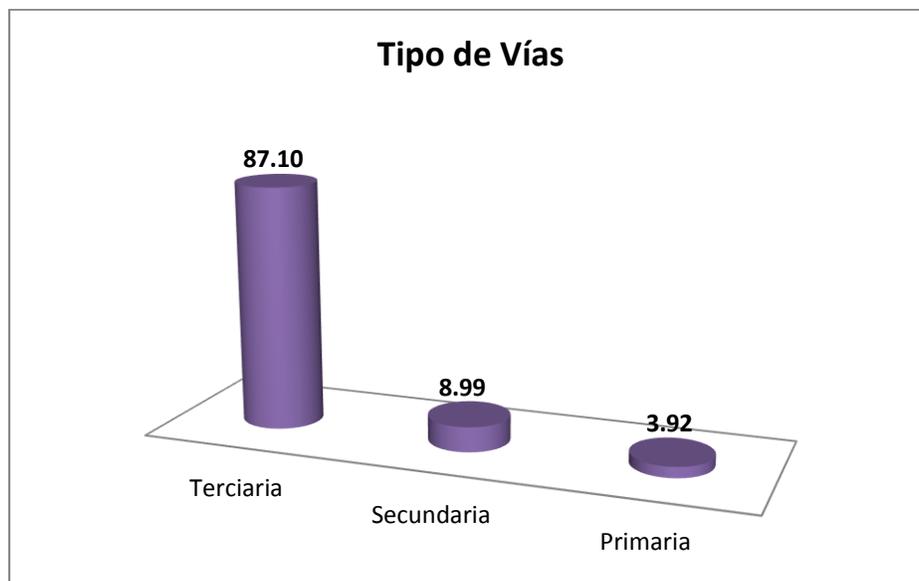


Figura A.3.34. Tipo de Vías

Teniendo en cuenta la Figura A.3.34, se puede observar que el 87.10% de las vías de la población son Terciarias, el 8.99% son vías secundarias y solo el 3.92% son vías primarias.

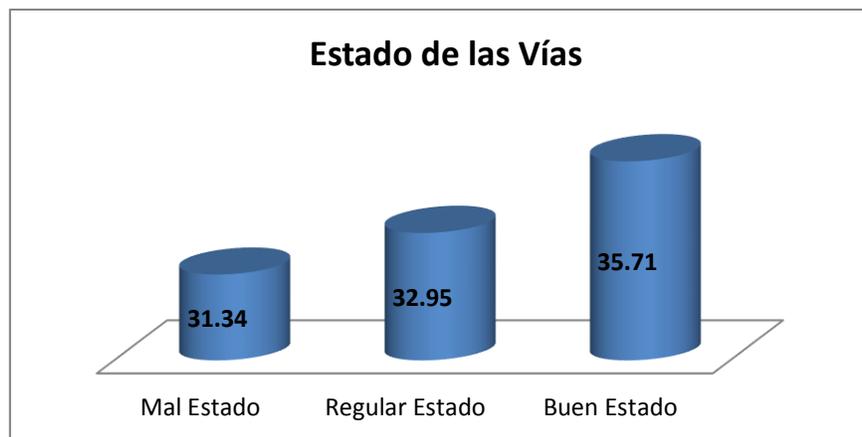


Figura A.3.35. Estado de las Vías

Teniendo en cuenta la Figura A.3.35, se puede observar que el estado de las vías de la población estudiada es relativo, pues el 35.71% están en Buen Estado, el 32.95% están en Regular Estado y el 31.34% están en mal estado.

A.3.8. MUESTRA DE ALMACENES PARA LA DETERMINACIÓN DEL PRECIO DE PUPITRES, MESAS Y SILLAS POR SEDE EDUCATIVA. PRECIOS DE 2013.

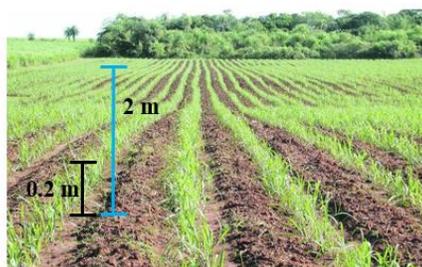
ALMACÉN CONTENIDO	INDUSTRIAS ROMIL S.A.S	HEMOCENTER	PRODESCOL
Pupitre	110.200		55.000
Mesa salacomputo	313.200	119.000	140.000
Silla	92.800	45.000	33.000

Fuente: Elaboración propia

Nota: los precios del contenido de las escuelas en Industrias Romil S.A.S y Prodescol se obtuvieron a través de una cotización vía telefónica.

A.3.9. RESISTENCIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR A PERÍODOS DE ENCHARCAMIENTO

ENTRE 1 Y 2 MESES DE EDAD



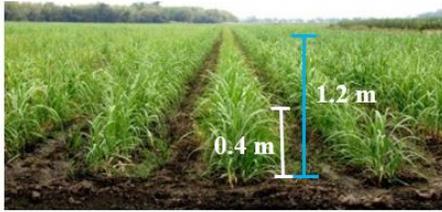
Resiste 1-2 días de inundación



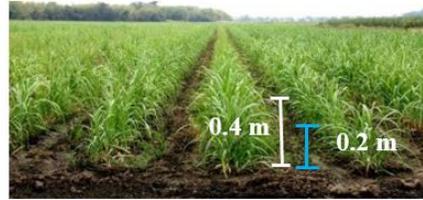
Resiste 2-3 días de inundación

— Altura del agua
— Altura de la planta

ENTRE 2 Y 4 MESES DE EDAD



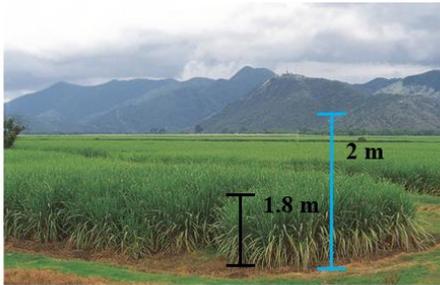
Resiste 2-5 días de inundación



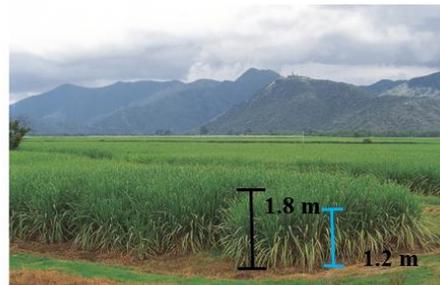
Resiste 5-8 días de inundación

— Altura del agua
— Altura de la planta

ENTRE 5 Y 8 MESES DE EDAD



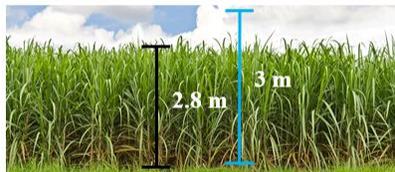
Resiste 5-9 días de inundación



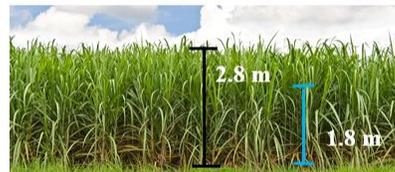
Resiste 15-20 días de inundación

— Altura del agua
— Altura de la planta

ENTRE 10 Y 12 MESES DE EDAD



Puede resistir más de 30 días de inundación



— Altura del agua
— Altura de la planta

Fuente: CENICAÑA (2011). Elaboración propia

A.4 MAPAS PLIEGOS VULNERABILIDAD Y AFECTACIÓN

1. MAPA DE VULNERABILIDAD TOTAL EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO *PLAN JARILLON DE CALI*
2. MAPA AFECTACIÓN TOTAL EN LAS ÁREAS VECINAS AL PROYECTO *PLAN JARILLON DE CALI*

A.5. PREDISEÑOS DE LOS DIQUE DE LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CAUCA, MARGEN DERACHA DEL CANAL INTERCEPTOR SUR Y MARGEN IZQUIERDA DEL RIO CALI

1. PREDISEÑO DEL DIQUE MARGEN DERECHA DEL RÍO CAUCA, PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES PLANTA – PERFIL MUNICIPIO DE CANDELARIA.
2. PREDISEÑO DEL DIQUE MARGEN DERECHA DEL RÍO CAUCA, PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES PLANTA – PERFIL TRAMO: MUNICIPIO DE PALMIRA.
3. PREDISEÑO DEL DIQUE MARGEN DERECHA DEL CANAL INTERCEPTOR SUR, PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES PLANTA – PERFIL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.
4. PREDISEÑO DEL DIQUE MARGEN DERECHA DEL RÍO CALI, PARA MITIGACIÓN DE INUNDACIONES PLANTA – PERFIL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI.