

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N° 070 DE 2018 CVC – UNIVALLE
MUNICIPIO DE PRADERA**



**INFORME TÉCNICO
ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD Y ESCENARIO DE
AFECTACIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA
URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA, VALLE DEL CAUCA**



Santiago de Cali, 2020



CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N°070 DE 2018
CVC – UNIVALLE
MUNICIPIO DE PRADERA



PRESENTACIÓN

Para la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, es una gran satisfacción aportar al municipio de Pradera, la evaluación de la vulnerabilidad y escenarios de afectación o daño (riesgo) en el componente urbano municipal, en cumplimiento de la función dada por la Ley 1523 de 2012 sobre el apoyo a los municipios en el conocimiento del riesgo.

Conocedores de la importancia y responsabilidad que reviste abordar el tema del conocimiento de las amenazas y los riesgos, la CVC llevó a cabo una alianza con el Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente, OSSO, adscrito a la Universidad del Valle, con el fin de obtener los mejores resultados en estas evaluaciones. De igual forma, es necesario reconocer el aporte, contribución y compromiso de las administraciones municipales y sus propios habitantes, a lo largo de la ejecución de este estudio.

Por medio de los estudios se fortalece el conocimiento que tenemos de nuestro entorno para tener certeza y articular una adecuada planificación y ocupación de nuestros territorios. Los estudios entregados son parte fundamental de la información que se requiere para que cada municipio formule su Ordenamiento Territorial de segunda generación y son evaluaciones que dan soporte para la reducción y la elaboración de planes de emergencia y contingencia.

La presente evaluación de las amenazas y riesgos deben estructuralmente permitirle al municipio reglamentar el uso del suelo en el componente urbano, de tal manera que, como lo define la política de gestión del riesgo y en esencia la Constitución Política Colombiana, se logre avanzar hacia un desarrollo sostenible, que ofrezca seguridad para la vida de los habitantes, sus bienes y medios de subsistencia, así como a toda la infraestructura del municipio.

Finalmente, la CVC con estas evaluaciones, a través de la Universidad, espera contribuir en la formación y fortalecimiento de la capacidad profesional de la región en este tipo de estudios.

MARCO ANTONIO SUÁREZ GUTIÉRREZ
Director General
CVC

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y la Dirección Ambiental Regional- Suroriente a la Secretaría de Planeación e Infraestructura Física, Secretaria de Gobierno y su Oficina de Gestión del Riesgo de Desastres adscrita a esta Secretaria de la Administración Municipal, al Cuerpo de Bomberos Voluntarios del Municipio de Pradera, a la Asociación de Usuarios de Aguas del río Bolo - ASOBOLO por la información suministrada y a los líderes comunitarios quien brindaron acompañamiento. De igual manera se agradece a cada una de las entidades que de una u otra manera puso a disposición la información necesaria para adelantar los estudios de historicidad, actualización de vulnerabilidad y escenarios de afectación por avenida torrencial de la zona urbana del municipio de Pradera en el marco del Convenio Interadministrativo N°070 de 2018 entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC y La Universidad de Valle, el cual tiene como objeto *“Aunar Esfuerzos Técnicos y Recursos Económicos para la Elaboración de los Estudios de Zonificación de Amenaza y Vulnerabilidad y Escenarios de Afectación a nivel de detalle, para Áreas urbanas de los municipios de El Dovio, Obando, Pradera, Toro, Ulloa y Zarzal”*.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – CVC

DIRECTIVOS

MARCO ANTONIO SUÁREZ GUTIÉRREZ

Director General

ANA CECILIA COLLAZOS AEDO

Secretaria General

JUAN CAMILO VALLEJO LORZA

Director Técnico Ambiental

CARLOS HERNANDO NAVIA PARODI

Directora Territorial – Dirección Ambiental Regional – Surorientado

SUPERVISIÓN

YUNCELY GIMENA BASTIDAS B

Ingeniería Civil

Líder del proyecto 5001

Supervisora del Convenio Interadministrativo N° 070 de 2018 CVC-Univalle

EQUIPO TÉCNICO

NUBIA MADELEINE BASTIDAS B

Ingeniera Sanitaria

ANDRÉS CRUZ BERNATE

Ingeniero Topográfico

ALEXANDRA DE LA CRUZ HERNÁNDEZ

Zootecnista

Especialista en Educación Ambiental

UNIVERSIDAD DEL VALLE

DIRECTIVOS

EDAGAR VARELA BARRIOS

Rector

LILIANA ARIAS CASTILLO

Vicerrectora Académica

INÉS MARÍA ULLOA VILLEGAS

Vicerrectora Administrativa

CLAUDIA SANTAMARÍA GAITÁN

Vicerrector de Bienestar Universitario

JAIME RICARDO CANTERA KINTZ

Vicerrector de Investigación

ANTONIO JOSÉ ECHEVERRY PÉREZ

Secretario General

GLADYS STELLA LÓPEZ JIMÉNEZ

Decana - Facultad de Humanidades

EQUIPO TÉCNICO

ELKIN DE JESÚS SALCEDO HURTADO

Director - Observatorio Sismológico y Geofísico del Sur Occidente Colombiano - OSSO
(Ph. D.) en Física-Matemáticas

GRUPO DE HISTORICIDAD

Jorge Andrés Vélez Correa

Doctor (C) en Ciencias Ambientales
Coordinador

Alba Nidia Castaño Castaño

Geógrafa.
Est. Mag. en Desarrollo Sustentable

Yeli Ceidy Castillo González

Geógrafa
Est. Mag. en Políticas Públicas

Karen Andrea Sánchez Estupiñan

Geógrafa
Angela Patricia Ampudia Altamiranda
Est. Geografía

Luisa María Tejada Posso

Est. Geografía
Luis Anderson Cabrera Riascos
Est. Ingeniería Topográfica

GRUPO DE CARTOGRAFÍA Y SIG

Jhon Jairo Barona

Doctor en Ingeniería Geográfica
Coordinador

Danny Alexander Cocuñame Ricardo

Geógrafo

Vanessa García Cardona

Ing. Topográfica

Jorge Andrés Díaz Rentería

Est. Geografía

GRUPO DE GEÓLOGIA

Sandra Yackeline Bedoya Cuervo
Geóloga

Mauricio Javier Cruz
Geólogo
Mag en Administración de Empresas

Diana Marisol Maya Maya
Est. Ing Civil

GRUPO DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA

Carlos Ramírez Callejas
Ing. Civil

Andrés Fabián Barrios Hurtado
Ing. Agrícola

Cesar Andrés Vivas Medina
Esp. Recursos Hídricos y Prevención
Atención y Reducción de Desastres

GRUPO DE TOPOGRAFÍA

Jhon Jairo Barona
Doctor en Ing Geográfica
Coordinador

Evlín Mireya López
Ing. Topográfica

Alexander Pretel
Est de Ing. Topográfica

GRUPO DE GEOTÉCNIA

Jhonalberth Palacios Sánchez
Mag en Geotecnia

Nisley Zúñiga Estacio
Geógrafa

Eduar Orlando Muñoz Muñoz
Est. Geografía

GRUPO DE VULNERABILIDAD

Jorge Andrés Vélez Correa
Doctor (C) en Ciencias Ambientales
Coordinador

Alba Nidia Castaño Castaño
Geógrafa.
Est. Mag en Desarrollo Sustentable

Yeli Ceidy Castillo González
Geógrafa
Est. Mag en Políticas Públicas

Karen Andrea Sánchez Estupiñan
Geógrafa

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	23
OBJETIVOS	25
GENERAL	25
ESPECÍFICOS	25
ALCANCES	25
1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE PRADERA VALLE DEL CAUCA	26
1.1. CONTEXTO GEOGRÁFICO DEL MUNICIPIO	26
1.1.1. LÍMITES	26
1.1.1.1. DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA.....	27
1.1.1.1.1. ZONA URBANA	27
1.1.2.1. ZONA RURAL.....	30
1.1.3. DEMOGRAFÍA	32
1.1.4. CLIMATOLOGÍA	32
1.1.5. HIDROLOGÍA.....	32
1.2. CONTEXTO FISIAGRÁFICO DEL MUNICIPIO.....	35
1.2.2. FISIOGRAFÍA Y RELIEVE	35
1.2.3. GEOLOGÍA Y MORFOLOGÍA	35
1.2.3.1. UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	35
2. HISTORICIDAD DE EVENTOS.....	39
2.1. CONCEPTUALIZACIÓN DE INUNDACIÓN Y AVENIDA TORENCIAL	39
2.1.1. INUNDACIÓN	39
2.1.1.1. TIPOS DE INUNDACIÓN.....	39
2.1.1.1.1. SEGÚN LA DURACIÓN	39
2.1.1.1.2. SEGÚN EL MECANISMO DE GENERACIÓN	40
2.1.2. AVENIDA TORRENCIAL.....	40
2.1.2.1. TIPOS DE PROCESOS DE LAS AVENIDAS TORRENCIALES.....	41
2.2. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE EVENTOS HISTÓRICOS	42
2.2.1. MÉTODOS INTENSIVISTAS Y EXTENSIVISTA	42
2.1.1. ESPACIALIZACIÓN DE LOS RESULTADOS DE HISTORICIDAD	43
2.1.1.1. DENSIDAD DE KERNEL DEFINICIÓN DE ÁREAS DE SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIÓN A PARTIR DE DATOS PUNTUALES DE HISTORICIDAD.....	44
2.1.2. ESPACIALIZACIÓN DE INFORMACIÓN HISTÓRICA NO PUNTUAL.....	46
2.1.3. FUENTES DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTOS CONSULTADOS.....	47
2.1.3.1. ARCHIVO	47
2.1.3.2. BIBLIOGRÁFICAS	48
2.1.3.3. HEMEROGRÁFICAS	48
2.1.3.4. BASES DE DATOS.....	49
2.2. EVENTOS HISTORICOS POR AVENIDAS TORRENCIALES E INUNDACIONES	50
2.2.1. REPORTES SOBRE EVENTOS HISTÓRICOS DE AVENIDAS TORRENCIALES E INUNDACIONES PLUVIALES.....	50
2.2.2. DESCRIPCIÓN Y TIPIFICACIÓN DE EVENTOS DE INUNDACIÓN Y AVENIDA TORRENCIAL..	53
2.2.2.1. PERIÓDICO EL PAÍS	53
2.2.2.2. ARCHIVO DEL CUERPO DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DE PRADERA	55
2.2.2.3. ARCHIVO SECRETARIA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE	58

2.2.3.	MAPA DE INUNDACIONES PLUVIALES Y AVENIDAS TORRENCIALES HISTÓRICAS DEL MUNICIPIO DE PRADERA PERIODO 1980 HASTA FEBRERO 2019.....	61
2.2.4.	INVENTARIO GENERAL DE REPORTES POR EVENTOS HISTÓRICOS DE AVENIDAS TORRENCIALES DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA PERIODO 1980-FEBRERO 2019.....	69
2.3.	TALLER DE SOCIALIZACIÓN Y VALIDACIÓN	71
2.3.1.	SOCIALIZACIÓN DEL PROYECTO Y EJECUCIÓN DEL TALLER CON LOS ASISTENTES	71
2.3.2.	RESULTADOS CARTOGRÁFICOS DEL TALLER	75
2.3.3.	MAPAS SÍNTESIS DE HISTORICIDAD POR AVENIDAS TORRENCIALES E INUNDACIONES ...	78
3.	ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL COMPORTAMIENTO DEL RÍO BOLO ENTRE 1998 Y 2016 EN EL ÁREA URBANA QUE SE ENCUENTRA EN AMENAZA ALTA POR AVENIDA TORRENCIAL EN EL MUNICIPIO DE PRADERA	80
3.1.	GEOLOGÍA	80
3.1.1.	CONO DE DEYECCIÓN DE PRADERA (QCA2).....	83
3.1.2.	DEPÓSITOS DE CANAL Y LLANURA DE INUNDACIÓN – NIVEL DE TERRAZAS (QT2).....	83
3.1.3.	DEPÓSITOS DE CANAL Y LLANURA DE INUNDACIÓN – NIVEL DE TERRAZAS (QT1).....	84
3.1.4.	DEPÓSITOS ALUVIALES RECIENTES (QAL).	84
3.2.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	85
3.2.1.	FALLA GUABAS – PRADERA	85
3.3.	ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL COMPORTAMIENTO DEL RIO BOLO....	86
3.3.1.	FASE 1.	86
3.3.2.	FASE 2	92
3.3.3.	FASE 3	102
3.3.4.	ANÁLISIS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	102
4.	VULNERABILIDAD ANTE AVENIDAS TORRENCIALES DEL MUNICIPIO PRADERA	106
4.1.	CONTEXTO DE LA AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES EN EL MUNICIPIO DE PRADERA.....	106
4.1.1.	AMENAZA ALTA.....	108
4.1.2.	AMENAZA MEDIA	109
4.2.	CONCEPTUALIZACIÓN DE VULNERABILIDAD	111
4.2.1.	VULNERABILIDAD	111
4.2.2.	ESCENARIO DE VULNERABILIDAD	111
4.2.3.	EXPOSICIÓN.....	112
4.2.4.	FRAGILIDAD	112
4.2.5.	INTENSIDAD - TIPOS Y MODOS DE DAÑOS	113
4.2.6.	AVENIDA TORRENCIAL	113
4.3.	METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE AVENIDAS TORRENCIALES	114
4.3.1.	ESCENARIO DE VULNERABILIDAD	114
4.3.2.	ESCENARIO DE VULNERABILIDAD ANTE AVENIDA TORRENCIAL	116
4.3.2.1.	EXPOSICIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL	116
4.3.2.2.	FRAGILIDAD ANTE AVENIDA TORRENCIAL.....	117
4.3.2.2.1.	INTENSIDAD ANTE AVENIDA TORRENCIAL.....	117
4.3.2.2.2.	FACTOR DE RESISTENCIA	118
4.3.3.	CLASIFICACIÓN DEL TIPO Y MODO DE DAÑOS ANTE AVENIDA TORRENCIAL	122

4.4.	ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE AVENIDA TORRENCIAL.....	123
4.4.1.	IDENTIFICACIÓN, LOCALIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS ANTE AVENIDAS TORRENCIALES	123
4.4.1.1.	EXPOSICIÓN CORPORAL (POBLACIÓN)	124
4.4.1.2.	EXPOSICIÓN ESTRUCTURAL	125
4.4.1.3.	EXPOSICIÓN DE LÍNEAS VITALES.....	138
4.4.2.	FRAGILIDAD DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS ANTE AVENIDA TORRENCIAL.....	148
4.4.2.1.	INTENSIDAD.....	148
4.4.2.2.	FACTOR DE RESISTENCIA CORPORAL	150
4.4.2.3.	FACTOR DE RESISTENCIA ESTRUCTURALES.....	153
4.4.2.4.	FACTOR DE RESISTENCIA LÍNEAS VITALES	158
4.4.3.	CÁLCULO Y ZONIFICACIÓN DE VULNERABILIDAD	164
4.4.3.1.	VULNERABILIDAD CORPORAL (POBLACIÓN).....	164
4.4.3.2.	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL (EDIFICACIONES)	164
4.4.3.3.	VULNERABILIDAD DE LÍNEAS VITALES	167
4.4.4.	CUERVA DE FRAGILIDAD DE DAÑOS.....	173
5.	ESCENARIO DE AFECTACIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL.....	176
5.1.	CONCEPTUALIZACIÓN DE AFECTACIÓN O RIESGO	176
5.1.1.	RIESGO	176
5.1.2.	EVALUACIÓN DEL RIESGO.....	176
5.1.3.	ESCENARIOS DE RIESGO.....	176
5.1.4.	ÁREAS CON CONDICIÓN DE RIESGO.....	177
5.1.5.	RIESGO ALTO NO MITIGABLE	177
5.1.6.	RIESGO MITIGABLE	177
5.2.	METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE AFECTACIÓN (RIESGO) POR AVENIDA TORRENCIAL	177
5.2.1.	RIESGO ESPECÍFICO	177
5.2.2.	RIESGO TOTAL.....	178
5.2.3.	RIESGO ESPECÍFICO POR AVENIDA TORRENCIAL	179
5.2.4.	ESCENARIO DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR AVENIDA TORRENCIAL	180
5.2.4.1.	ZONAS DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE POR AVENIDA TORRENCIAL.....	181
5.2.4.2.	ZONAS DE AFECTACIÓN ALTA NO MITIGABLE POR AVENIDA TORRENCIAL	181
5.3.	ESCENARIO DE AFECTACIÓN O RIESGO ANTE AVENIDA TORRENCIAL	182
5.3.1.	ESCENARIO DE AFECTACIÓN CORPORAL	182
5.3.2.	ESCENARIO DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL	182
5.3.3.	ESCENARIO DE AFECTACIÓN LÍNEAS VITALES	185
5.3.3.1.	RED VIAL.....	185
5.3.3.2.	RED ELÉCTRICA	189
5.4.	ESCENARIO DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR AVENIDAS TORRENCIALES MUNICIPIO DE PRADERA	191
5.4.1.	ZONAS DE ALTO RIESGO MITIGABLE Y NO MITIGABLE.....	191
5.4.1.1.	ZONAS DE ALTO RIESGO MITIGABLE	192
5.4.1.2.	ZONAS DE ALTO RIESGO NO MITIGABLE.....	192
5.4.1.3.	AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE LÍNEAS VITALES	194

5.5.	CÁLCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA ..198
5.5.1.	IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS EN ESCENARIO DE AFECTACIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL..... 199
5.5.1.1.	EDIFICACIONES..... 199
5.5.1.2.	INFRAESTRUCTURA SOCIAL 199
5.5.1.2.1.	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE LA ESTRUCTURA DE LAS EDIFICACIONES NO RESIDENCIALES..... 201
5.5.1.2.2.	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE LA ESTRUCTURA DE LAS EDIFICACIONES RESIDENCIALES..... 201
5.5.1.3.	CONTENIDO (ELECTRODOMÉSTICOS Y MOBILIARIO) PROMEDIO EN HOGARES. 202
5.5.1.3.1	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DEL CONTENIDO DE LAS EDIFICACIONES 202
5.5.1.3.2	ESTIMACIÓN DEL COSTO TOTAL APROXIMADO POR DAÑOS DEL CONTENIDO EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES. 203
5.5.1.4.	POSIBLES PÉRDIDAS POR DAÑOS EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS..... 204
5.5.1.4.1.	ESTIMACIÓN DEL COSTO DE DAÑOS EN LA ESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EN CONSTRUCCIÓN. 204
5.5.1.4.2.	ESTIMACIÓN DEL COSTO DE DAÑOS EN LA ESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EN FUNCIONAMIENTO..... 204
5.5.1.4.3.	RESUMEN DE COSTOS APROXIMADOS DE DAÑO EN LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL..... 207
5.5.1.5.	ASISTENCIA GUBERNAMENTAL 207
5.5.1.5.1.	POSIBLES COSTOS POR ASISTENCIA DEL GOBIERNO A DAMNIFICADOS. 207
5.5.1.5.2.	RESUMEN DE COSTOS APROXIMADOS DERIVADOS DE LA ASISTENCIA GUBERNAMENTAL 208
5.5.2.	LÍNEAS VITALES. 209
5.5.2.1.	RED VIAL..... 209
5.5.2.1.1.	COSTOS POR POSIBLES AFECTACIONES EN LA RED VIAL. 209
5.5.2.2.	RED ELÉCTRICA (POSTES)..... 210
5.5.2.3.	RESUMEN DE COSTOS APROXIMADOS DE AFECTACIÓN EN LAS LÍNEAS VITALES (RED VIAL Y POSTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA). 211
5.5.3.	ESTIMACIÓN DEL RIESGO TOTAL (PÉRDIDAS ECONÓMICAS) ANTE AVENIDA TORRENCIAL..... 211
5.5.3.1.	RESUMEN DE COSTOS APROXIMADOS TOTALES EN EDIFICACIONES Y ASISTENCIA DEL GOBIERNO..... 213
5.5.3.2.	RESUMEN DE COSTOS APROXIMADOS DE AFECTACIÓN LÍNEAS VITALES (RED VIAL Y POSTES RED ELÉCTRICA) 213
5.5.3.3.	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS TOTALES EN INFRAESTRUCTURAS EN ZONAS DE AFECTACIÓN 213
5.5.4.	POSIBLES PÉRDIDAS EN EDIFICACIONES LOCALIZADAS EN ZONAS DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE ANTE VENEIDA TORRENCIAL..... 214
5.5.4.1.	CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES EXPUESTOS EN EDIFICACIONES CON AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE..... 214
5.5.4.2.	ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS EDIFICACIONES EN AFECTACIÓN ALTO MITIGABLE Y NO MITIGABLE..... 215
5.5.5.	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN EDIFICACIONES LOCALIZADAS EN ZONA DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE..... 215

CONCLUSIONES	216
RECOMENDACIONES	220
REFERENCIAS	221
ANEXOS	226

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.1. DIVISIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	28
TABLA 1.2. DIVISIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA DE LA ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE PRADERA	30
TABLA 2.1. LISTADO DE FUENTES DE INFORMACIÓN	49
TABLA 2.2. NÚMERO DE EVENTOS DE INUNDACIÓN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA, VALLE DEL CAUCA, EN EL PERIODO 1980 HASTA FEBRERO 2019.	51
TABLA 2.3. TIPIFICACIÓN DE LOS REPORTES DE EVENTOS POR INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIALES EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	59
TABLA 2.4. REPORTE DE EVENTOS DE AVENIDAS TORRENCIALES EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA DURANTE EL PERIODO 1980 – FEBRERO DEL 2019.....	70
TABLA 4.1. CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD PARA ESTRUCTURAS Y LÍNEAS VITALES.....	116
TABLA 4.2. VALORES DE EXPOSICIÓN	117
TABLA 4.3. CATEGORÍAS Y VALORES DE INTENSIDAD.....	117
TABLA 4.4. DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD PARA ELEMENTOS CORPORALES, ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES.....	118
TABLA 4.5. FACTOR DE RESISTENCIA POR TIPOLOGÍA DE LAS ESTRUCTURAS.	119
TABLA 4.6. FACTOR DE RESISTENCIA POR ALTURA DE LAS ESTRUCTURAS.	119
TABLA 4.7. FACTOR DE RESISTENCIA POR SERVICIO DE LAS ESTRUCTURAS.	119
TABLA 4.8. VIDA ÚTIL DE LAS ESTRUCTURAS.	120
TABLA 4.9. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.	120
TABLA 4.10. PARÁMETROS DE RESISTENCIA DE LA RED ELÉCTRICA.....	121
TABLA 4.11. CATEGORÍAS Y VALORES DE INTENSIDAD.....	122
TABLA 4.12. DESCRIPCIÓN DE LOS NIVELES DE INTENSIDAD PARA ELEMENTOS CORPORALES, ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES.....	122
TABLA 4.13. NÚMERO DE EDIFICACIONES POR BARRIO EXPUESTOS A AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	124
TABLA 4.14. NÚMERO Y PROMEDIO DE HABITANTES EN LAS CONSTRUCCIONES EN QUE SE LOGRÓ EL ACCESO AL INTERIOR.....	124
TABLA 4.15. NÚMERO TOTAL DE HABITANTES, DÍA Y DE NOCHE DE LA POBLACIÓN ENCUESTADA, EXPUESTOS SEGÚN A LOS SUBNIVELES DE AMENAZA ALTA POR AVENIDA TORRENCIAL EN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	125
TABLA 4.16. NÚMERO Y ÁREA (M ²) DE LOS PREDIOS EXPUESTOS A AMENAZA ALTA POR AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	126
TABLA 4.17. RELACIÓN DEL NÚMERO DE PREDIOS CON Y SIN CONSTRUCCIONES Y EL SUBNIVEL DE LA AMENAZA EN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	127
TABLA 4.18. USO DEL SUELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO EXPUESTAS A UNA AVENIDA TORRENCIAL EN PRADERA.....	127
TABLA 4.19. TIPOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN	128
TABLA 4.19. TIPOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	129
TABLA 4.21. ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	131

TABLA 4.22. ESTADO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTOS A LA AMENAZA ALTA POR AVENIDA TORRENCIAL EN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.	132
TABLA 4.23. SISTEMA DE CUBIERTA DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS CON SUBNIVELES DE AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	133
TABLA 4.23. TIEMPO DE SERVICIO O VIDA ÚTIL DE LAS ESTRUCTURAS EXPUESTAS A AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	133
TABLA 4.24. NÚMERO DE PISOS DE LA EDIFICACIÓN Y TIPO DE AMENAZA ALTA A LA QUE SE EXPONE EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	134
TABLA 4.26. LÍNEAS VITALES DE RED VIAL EXPUESTAS A LA AMENAZA ALTA POR AVENIDAS TORRENCIALES EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	138
TABLA 4.27. SUBNIVEL DE AMENAZA AL QUE SE ENCUENTRAN EXPUESTAS LAS VÍAS EN LA ZONA URBANA DE PRADERA.....	138
TABLA 4.28. LONGITUD DE RED VIAL EN (M) EXPUESTA POR BARRIOS.....	138
TABLA 4.29. DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD (M) DE LA VÍA SEGÚN SU MATERIAL Y EXPOSICIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA.....	139
TABLA 4.30. DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD (M) DE LA VÍA SEGÚN SU ANCHO Y EXPOSICIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	141
TABLA 4.31. EXPOSICIÓN DE RED ELÉCTRICA POSTES ANTE AVENIDAS TORRENCIALES ZONA URBANA PRADERA.....	143
TABLA 4.32. DISTRIBUCIÓN DE LA CANTIDAD DE POSTES SEGÚN SU MATERIAL Y SUBNIVELES DE EXPOSICIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA	143
TABLA 4.33. DISTRIBUCIÓN DE LA CANTIDAD DE POSTES SEGÚN CARGA Y SUBNIVELES DE EXPOSICIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	144
TABLA 4.34. SERVICIOS PÚBLICOS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	147
TABLA 4.35. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL NÚMERO TOTAL DE HABITANTES, DÍA Y NOCHE FRENTE A LA EXPOSICIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.	150
TABLA 4.36. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN DE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	153
TABLA 4.37. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN DE AVENIDA TORRENCIAL EN ZONA URBANA DE PRADERA.	154
TABLA 4.38. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA EDAD DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN DE AVENIDA TORRENCIAL DE LA ZONA URBANA PRADERA.	155
TABLA 4.39. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL NÚMERO PISOS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A AVENIDA TORRENCIAL DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.	156
TABLA 4.40. FACTOR DE RESISTENCIA RED VIAL ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA.....	158
TABLA 4.41. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD (M) DE LA VÍA Y ANCHO ANTE AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	159
TABLA 4.42. VULNERABILIDAD CORPORAL POR EL NÚMERO TOTAL DE HABITANTES, POR ÁREA (M ²) EN ZONA URBANA DE PRADERA	164

TABLA 4.43. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL POR ÁREA (M ²) Y NÚMERO DE EDIFICACIONES ANTE UNA AVENIDA TORRENCIAL EN ZONA URBANA DE PRADERA	164
TABLA 4.44. VULNERABILIDAD DE LÍNEA VITAL RED VIAL ANTE AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO PRADERA	167
TABLA 4.45. LONGITUD (M) DE RED VIAL SEGÚN EL MATERIAL CON VULNERABILIDAD ALTA ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA DE PRADERA.	168
TABLA 4.46. LONGITUD (M) DE LA RED VIAL SEGÚN ANCHO DE LA VÍA CON VULNERABILIDAD ALTA Y MEDIA ANTE AVENIDAS TORRENCIALES ZONA URBANA PRADERA.	169
TABLA 4.47. DISTRIBUCIÓN DE LA CANTIDAD DE POSTES SEGÚN CARGA NOMINAL Y VULNERABILIDAD ALTA ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA.....	171
TABLA 5.1. PROBABILIDAD POR VIDA ÚTIL DEL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN Y NIVEL DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL PARA LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL DEL MUNICIPIO DE PRADERA.	179
TABLA 5.2. VIDA ÚTIL, PROBABILIDAD POR VIDA DE INFRAESTRUCTURA LÍNEA VITAL Y NIVEL DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL PARA LÍNEAS VITALES DEL MUNICIPIO DE PRADERA	179
TABLA 5.3. MATRIZ DE CLASIFICACIÓN PARA CALCULAR LOS NIVELES DE ESCENARIO DE AFECTACIÓN EN ESTRUCTURAS Y PERSONAS POR EL FENÓMENO DE AVENIDA TORRENCIAL	180
TABLA 5.4. CRITERIOS DE INTENSIDAD OBTENIDOS DE LOS ESTUDIOS DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	181
TABLA 5.5. AFECTACIÓN CORPORAL POR ÁREA EN METROS CUADRADOS ANTE EL FENÓMENO DE AVENIDAS TORRENCIALES	182
TABLA 5.6. AFECTACIÓN ESTRUCTURAL POR ÁREA EN METROS CUADRADOS ANTE EL FENÓMENO DE AVENIDAS TORRENCIALES	183
TABLA 5.7. ESCENARIO DE AFECTACIÓN DE LÍNEA VITAL RED VIAL ANTE EL FENÓMENO DE AVENIDAS TORRENCIALES	185
TABLA 5.8. NIVEL DE AFECTACIÓN EN LA RED VIAL SEGÚN MATERIAL ANTE AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	185
TABLA 5.9. NIVEL DE AFECTACIÓN EN LA RED VIAL SEGÚN ANCHO ANTE AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA URBANA DE PRADERA	186
TABLA 5.10. NIVEL DE AFECTACIÓN EN LA RED POSTES SEGÚN CARGA ANTE AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	189
TABLA 5.11. ÁREA EN METROS CUADRADOS Y PORCENTAJE DE ÁREA EN AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE	191
TABLA 5.12. NUMERO DE CONSTRUCCIONES Y ÁREA EN M ² EN RIESGO ALTO MITIGABLE ZONA URBANA PRADERA.....	192
TABLA 5.13. NUMERO DE CONSTRUCCIONES Y ÁREA EN M ² EN RIESGO ALTO NO MITIGABLE ZONA URBANA PRADERA.....	192
TABLA 5.14. LONGITUD DE LA RED VIAL CON AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE ANTE AVENIDAS TORRENCIALES ZONA URBANA PRADERA	194
TABLA 5.15. NUMERO DE POSTES EN AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE ANTE AVENIDAS TORRENCIALES ZONA URBANA PRADERA	196
TABLA 5.16. CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES Y FUNCIONALES EN AFECTACIÓN ALTA ANTE AVENIDA TORRENCIAL EN EL MUNICIPIO DE PRADERA.	199
TABLA 5.17. COSTO TOTAL APROXIMADO DE LAS EDIFICACIONES NO RESIDENCIALES EN AFECTACIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL.....	201

TABLA 5.18.	COSTO TOTAL APROXIMADO DE LAS EDIFICACIONES RESIDENCIALES EN AFECTACIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL.	202
TABLA 5.19.	VALOR APROXIMADO DEL CONTENIDO EN LAS EDIFICACIONES RESIDENCIALES.	203
TABLA 5.20.	COSTO TOTAL APROXIMADO POR DAÑOS DEL CONTENIDO EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES EN RIESGO ANTE AVENIDA TORRENCIAL.	203
TABLA 5.21.	COSTO TOTAL APROXIMADO DE LA EDIFICACIÓN DESTINADA A USO EDUCATIVO EN AFECTACIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL.....	204
TABLA 5.22.	INSTITUCIONES EDUCATIVAS QUE SE ENCUENTRAN EN RIESGO ANTE LA OCURRENCIA DE UNA AVENIDA TORRENCIAL.	205
TABLA 5.23.	COSTO TOTAL APROXIMADO DE LA ESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA. PRECIOS DE 2019.....	205
TABLA 5.24.	MUESTRA DE PRECIO DE ALMACÉN PARA LA DETERMINACIÓN DEL COSTO DEL CONTENIDO.....	206
TABLA 5.25.	COSTO TOTAL APROXIMADO DEL CONTENIDO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA.	206
TABLA 5.26.	COSTO TOTAL APROXIMADO POR INSTITUCIÓN EDUCATIVA EN FUNCIONAMIENTO EN AFECTACIÓN POR AVENIDA TORRENCIAL.	207
TABLA 5.27.	RESUMEN DE COSTOS APROXIMADOS DE DAÑO EN LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL AFECTADA POR AVENIDA TORRENCIAL.	207
TABLA 5.28.	MONTOS DESIGNADOS POR EL GOBIERNO NACIONAL PARA ASISTENCIA ALIMENTARIA Y ASEO A DAMNIFICADOS DURANTE SITUACIONES DE DESASTRES (PRECIOS 2019).....	208
TABLA 5.29.	COSTOS APROXIMADOS POR ASISTENCIA A FAMILIAS POSIBLEMENTE AFECTADAS ANTE UNA AVENIDA TORRENCIAL. (PRECIOS 2019).	208
TABLA 5.30.	RESUMEN DE LOS COSTOS APROXIMADOS DERIVADOS DE LA ASISTENCIA DEL GOBIERNO PARA EDIFICACIONES RESIDENCIALES AFECTADAS POR AVENIDA TORRENCIAL.	208
TABLA 5.31.	COSTO PROMEDIO APROXIMADO POR CONSTRUCCIÓN, REHABILITAMIENTO Y MANTENIMIENTO VIAL.....	210
TABLA 5.32.	COSTO TOTAL APROXIMADO DE MEJORAMIENTO Y REHABILITACIÓN DE LA RED VIAL POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIO DE AVENIDA TORRENCIAL.....	210
TABLA 5.33.	COSTOS PROMEDIO APROXIMADOS DE REPOSICIÓN DE POSTES DE ENERGÍA POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIO DE AFECTACIÓN POR AVENIDA TORRENCIAL.	211
TABLA 5.34.	COSTOS TOTALES APROXIMADO DE REPOSICIÓN DE POSTES DE ENERGÍA POR POSIBLES DAÑOS ANTE ESCENARIOS DE AFECTACIÓN POR AVENIDA TORRENCIAL.....	211
TABLA 5.35.	RESUMEN DE LOS COSTOS APROXIMADOS DERIVADOS DE AFECTACIÓN DE LAS LÍNEAS VITALES POR AVENIDA TORRENCIAL.	211
TABLA 5.36.	APROXIMACIÓN DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES Y NO RESIDENCIALES AFECTADAS POR AVENIDA TORRENCIAL.	212
TABLA 5.37.	APROXIMACIÓN DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS AFECTADAS POR AVENIDA TORRENCIAL.	212
TABLA 5.38.	APROXIMACIÓN DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN RED VIAL AFECTADA POR AVENIDA TORRENCIAL.....	212
TABLA 5.39.	APROXIMACIÓN DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN LA RED DE ENERGÍA ELÉCTRICA (POSTES) AFECTADAS POR AVENIDA TORRENCIAL.	212
TABLA 5.40.	APROXIMACIÓN DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN INFRAESTRUCTURA SOCIAL AFECTADA POR AVENIDA TORRENCIAL.	213
TABLA 5.41.	APROXIMACIÓN DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN LÍNEAS VITALES (RED VIAL Y POSTES DE LA RED DE ENERGÍA ELÉCTRICA) AFECTADA POR AVENIDA TORRENCIAL. .	213

TABLA 5.42. RESUMEN DE LAS POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN INFRAESTRUCTURAS EN AFECTACIÓN ANTE UNA AVENIDA TORRENCIAL.	214
TABLA 5.43 CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXPUESTOS EN NIVEL DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE ANTE AVENIDA TORRENCIAL EN EL MUNICIPIO DE PRADERA.	214
TABLA 5.44 ÁREA (M2) TOTAL CONSTRUIDA Y COSTO TOTAL DE LAS EDIFICACIONES EN RIESGO ALTO MITIGABLE Y NO MITIGABLE ANTE AVENIDA TORRENCIAL.	215
TABLA 5.45 APROXIMACIÓN DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN EDIFICACIONES CON RIESGO ALTO MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR AVENIDA TORRENCIAL.....	215

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	27
FIGURA 1.2. MAPA POLÍTICO ADMINISTRATIVO DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.	29
FIGURA 1.3. MAPA POLÍTICO ADMINISTRATIVO RURAL DEL MUNICIPIO DE PRADERA.	31
FIGURA 1.4. DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	32
FIGURA 1.5. DENSIDAD DE POBLACIÓN DEL MUNICIPIO DE PRADERA	32
FIGURA 1.6. MAPA DE HIDROLOGÍA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	34
FIGURA 1.7. MAPA GEOLÓGICO A DEL MUNICIPIO DE PRADERA ZONA URBANA.....	38
FIGURA 2.1. FLUJOGRAMA DEL PROCESO METODOLÓGICO ESTUDIOS DE HISTORICIDAD.....	43
FIGURA 2.2. ESQUEMA METODOLÓGICO DEL PROCESAMIENTO DE LOS REPORTES	44
FIGURA 2.3. FUNCIÓN DE DENSIDAD KERNEL A DIFERENTES ANCHOS DE BANDA	45
FIGURA 2.4. CLASIFICACIÓN DE LA DENSIDAD KERNEL.....	45
FIGURA 2.5. CLASIFICACIÓN DE PUNTOS SEGÚN CURVAS DE NIVEL	46
FIGURA 2.6. ESPACIALIZACIÓN DE INFORMACIÓN HISTÓRICA NO PUNTUAL SEGÚN CURVAS DE NIVEL	47
FIGURA 2.7. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL DEL NÚMERO DE REPORTES DE EVENTOS POR INUNDACIÓN POR AÑO EN LA ZONA URBANA DE PRADERA EN EL PERIODO 1980 HASTA FEBRERO 2019.....	52
FIGURA 2.8. DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE EVENTOS POR INUNDACIÓN Y AVENIDAS TORRENCIALES POR BARRIOS ENCONTRADOS EN EL PERIODO DE 1980 HASTA FEBRERO 2019 EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.	53
FIGURA 2.9. MAPA DE HISTORICIDAD POR EVENTOS PUNTUALES DE INUNDACIÓN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	62
FIGURA 2.10. MAPA DE FRECUENCIA DE EVENTOS HISTÓRICOS DE INUNDACIÓN REGISTRADOS EN LOS BARRIOS DE LA ZONA URBANA DE PRADERA	63
FIGURA 2.11. MAPA CONSOLIDADO DE REPORTES HISTÓRICOS DE INUNDACIÓN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	64
FIGURA 2.12. MAPA DE DENSIDAD POR EVENTOS DE INUNDACIÓN FLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	65
FIGURA 2.13. MAPA DE DENSIDAD POR EVENTOS DE INUNDACIÓN PLUVIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	65
FIGURA 2.14. MAPA DE BARRIOS CON REPORTE HISTÓRICO DE EVENTOS DE INUNDACIÓN POR AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	67
FIGURA 2.15. MAPA HISTÓRICO POR REPORTE DE EVENTOS PUNTUALES POR INUNDACIÓN POR AVENIDAS TORRENCIALES EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	67
FIGURA 2.16. MAPA CONSOLIDADO DE REPORTES HISTÓRICOS DE INUNDACIÓN POR AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	68
FIGURA 2.17. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO POR PARTE DE LA CVC.....	71
FIGURA 2.18. EXPOSICIÓN DE RESULTADOS DE HISTORICIDAD DE EVENTOS POR INUNDACIÓN Y MOVIMIENTOS EN MASA EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA A CARGO DEL COORDINADOR DE HISTORICIDAD Y VULNERABILIDAD UNIVERSIDAD DEL VALLE.	72
FIGURA 2.19. EXPOSICIÓN DE LA FOTOINTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO Y HALLAZGOS CON RELACIÓN A CAMBIOS EN LA TRAMA	

URBANA DEL MUNICIPIO Y ANTIGUOS RECORRIDOS DEL RÍO BOLO A CARGO DE LA PROFESIONAL EN GEOLOGÍA SANDRA BEDOYA, UNIVERSIDAD DEL VALLE.	72
FIGURA 2.20. LOS REPRESENTANTES DE LA SECRETARIA DE PLANEACIÓN Y SECRETARIA DE VIVIENDA ACLARAN QUE LAS INUNDACIONES EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO SON PRINCIPALMENTE POR COLAPSO DE ALCANTARILLADO Y ESCORRENTÍA A CAUSA DE LAS FUERTES LLUVIAS Y QUE EN LA ACTUALIDAD SE ESTÁN REALIZANDO ALGUNAS OBRAS PARA MITIGAR LA SITUACIÓN.....	72
FIGURA 2.21. REPRESENTANTE DE LA ALCALDÍA MUNICIPAL INDICA QUE LOS BARRIOS LOS COMUNEROS Y VILLA MARÍA REPRESENTADOS EN LA CARTOGRAFÍA COMO BARRIOS AFECTADOS POR AVENIDAS TORRENCIALES, SE INUNDAN POR LA ESCORRENTÍA DE AGUAS LLUVIAS Y NO POR AVENIDAS TORRENCIALES.	72
FIGURA 2.22. INTERVENCIÓN DEL INGENIERO OMAR CHÁVEZ REPRESENTANTE DE LA CVC.....	73
FIGURA 2.23. EXPOSICIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TALLER	74
FIGURA 2.24. MAPA DEL TRABAJO DE LOS ASISTENTES	74
FIGURA 2.25. CARTOGRAFÍA SOCIAL PARA EL ESCENARIO DE INUNDACIÓN POR AVENIDAS TORRENCIALES RESULTADO DE LA SOCIALIZACIÓN MUNICIPIO PRADERA VALLE DEL CAUCA	76
FIGURA 2.26. CARTOGRAFÍA SOCIAL PARA EL ESCENARIO DE INUNDACIÓN POR AVENIDA TORRENCIAL RESULTADO DE LA SOCIALIZACIÓN MUNICIPIO PRADERA VALLE DEL CAUCA	77
FIGURA 2.27. MAPA SÍNTESIS DE EVENTOS HISTÓRICOS POR AVENIDAS TORRENCIALES EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	78
FIGURA 2.28. MAPA SÍNTESIS DE EVENTOS HISTÓRICOS POR INUNDACIÓN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA EN EL PERIODO 1980-DEBRERO DEL 2019	79
FIGURA 3.1. MAPA GEOLÓGICO PLANCHA 300 (VALLE DEL CAUCA-COLOMBIA).....	81
FIGURA 3.2. MAPA GEOLÓGICO PARA EL ESTUDIO DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA Y RIESGO POR AVENIDAS TORRENCIALES DE LA CABECERA MUNICIPAL DE PRADERA.....	82
FIGURA 3.3. MAPA GEOLÓGICO PLANCHA 300 (VALLE DEL CAUCA-COLOMBIA), NÓTESE EL TRAZO DE LA FALLA GUABAS – PRADERA SOBRE EL ÁREA URBANA.	85
FIGURA 3.4. FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO FAL_407 F-04 FOTOS 638, 639 Y 640 DEL AÑO 1998.....	87
FIGURA 3.5. FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO IGAC 2733 FOTOS 47, 48, 49, 50 (PARTE 1) DEL AÑO 2004.	87
FIGURA 3.6. FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO IGAC 2733 FOTOS 47, 48, 49, 50 (PARTE 2) DEL AÑO 2004.	88
FIGURA 3.7. FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO IGAC 2733 FOTOS 58, 59, 60, 61, 62 DEL AÑO 2004.....	88
FIGURA 3.8. FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO IGAC 2733 FOTOS 73, 74, 75, 76 DEL AÑO 2004. .	88
FIGURA 3.9. FOTOINTERPRETACIÓN DIGITALIZADA PARA EL VUELO IGAC 2733	89
FIGURA 3.10. FOTOINTERPRETACIÓN DIGITALIZADA PARA EL VUELO FAL_407 F-04	89
FIGURA 3.11. A. CAUCE INTERPRETADO SOBRE IMAGEN GOOGLE EARTH DEL AÑO 2014. B. CAUCE INTERPRETADO SOBRE IMAGEN GOOGLE EARTH DEL AÑO 2016.	90
FIGURA 3.12. A Y B. COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DEL CAUCE DEL RIO BOLO DURANTE LOS AÑOS 1998, 2004, 2014 Y 2016. SE USÓ COMO BASE LA FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO IGAC 2733.....	92

FIGURA 3.13. TIPOS DE GEOFORMAS PRINCIPALES IDENTIFICADAS EN EL ÁREA URBANA Y ALREDEDORES DEL MUNICIPIO DE PRADERA. MORFOESTRUCTURAL (S), DENUDACIONAL (D), FLUVIAL (F) Y ANTRÓPICO (A).....	93
FIGURA 3.14. IMAGEN TOMADA DESDE EL CANAL DEL BARRIO BERLÍN AL ESTE DEL ÁREA URBANA. LOMA RESIDUAL (DLOR), DEPÓSITOS DE LADERA Y COLUVIALES (DCO). DEPÓSITOS DE ABANICO ALUVIAL ANTIGUO (FAAA).....	94
FIGURA 3.15. DEPÓSITOS DE ABANICO ALUVIAL ANTIGUO DEL RIO BOLO.	94
FIGURA 3.16. BARRIO PRIMERO DE MAYO. DETALLE DE LA GEOFORMA Y DEPÓSITOS DE ABANICO ALUVIAL ANTIGUO, CAUCE Y BARRA LATERAL EN EL RIO BOLO.	95
FIGURA 3.17. RÍO BOLO. A. GEOFORMAS DE TERRAZA ALUVIAL BAJA EN INMEDIACIONES DEL BARRIO PRIMERO DE MAYO. B. TERRAZAS ALUVIALES BAJAS EN EL BARRIO LA VEGA. C Y D. CURVA EROSIVA Y TERRAZA ALUVIAL BAJA EN LA CRA 11. E. TERRAZA ALUVIAL BAJA FRENTE AL BARRIO LA VEGA EN LA CRA 9A. F. TERRAZA ALUVIAL BAJA Y GEOFORMA DE ABANICO ALUVIAL ANTIGUO EN EL BARRIO LA VEGA.....	96
FIGURA 3.18. RIO BOLO. A Y B. TERRAZA ALUVIAL MEDIA EN EL BARRIO PRIMERO DE MAYO (CRA 14), NÓTESE EL ESPESOR DEL DEPÓSITO. C. TERRAZA ALUVIAL MEDIA (FTAM) EN LA LADERA IZQUIERDA DEL RIO, AL FONDO EL BARRIO LA VEGA, TAMBIÉN SE DETALLAN TERRAZAS BAJAS (FTAB), LLENOS ANTRÓPICOS (ALL). D. TERRAZA ALUVIAL MEDIA (FTAM), TERRAZA ALUVIAL BAJA (FTAB) Y DEPÓSITO DE BARRA LATERAL EN LOS ALREDEDORES DE LA CRA 9.	97
FIGURA 3.19. A Y B. DEPÓSITOS DE BARRA LONGITUDINAL Y LATERAL EN EL BARRIO LA VEGA. C. DEPÓSITOS DE BARRA LATERAL EN EL BARRIO PRIMERO DE MAYO. D. ISLA (FI) EN MEDIO DEL CAUCE, TAMBIÉN SE OBSERVAN LLENOS ANTRÓPICOS (ALL), TERRAZAS BAJAS (FTAB) Y DEPÓSITOS DE ABANICOS ALUVIALES ANTIGUOS (FAAA).....	98
FIGURA 3.20. A. LLENOS ANTRÓPICOS MIXTOS QUE REEMPLAZAN EL MATERIAL DE LA TERRAZA ALUVIAL BAJA (FTAB) DEL RIO BOLO, EN LOS ALREDEDORES DE LA CRA 13. B. DETALLE DEL LLENO MIXTO CON PROFUNDIDAD APROXIMADA DE 2M. C. AGUAS SERVIDAS QUE CIRCULAN ENTRE LOS DEPÓSITOS DE LLENOS EN EL SECTOR. D. VIVIENDAS AFECTADAS EN ÉPOCAS DE INUNDACIÓN, NÓTESE LA FRACTURA EN PAREDES.....	99
FIGURA 3.21. LLENOS ANTRÓPICOS MIXTOS ENTRE LA CRA 5 Y 3. A. CONTACTO ENTRE LLENOS ANTRÓPICOS MIXTOS (ALL) Y DEPÓSITOS DE TERRAZAS ALUVIALES BAJAS (FTAB). B Y C. DETALLE DEL LLENOS MIXTOS.	100
FIGURA 3.22. LLENO ANTRÓPICO DE ROCA EN CERCAÑA A LA CRA 9. BARRIO LA VEGA.	100
FIGURA 3.23. A. LLENOS ANTRÓPICOS MIXTOS QUE REEMPLAZAN EL MATERIAL DE LA TERRAZA ALUVIAL BAJA (FTAB) DEL RIO BOLO, EN LOS ALREDEDORES DE LA CRA 13. B. DETALLE DEL LLENO MIXTO CON PROFUNDIDAD APROXIMADA DE 2M. C. GEOFORMAS EN EL SECTOR DEL BARRIO PRIMERO DE MAYO, ALREDEDORES DE LA CRA 14.	101
FIGURA 3.24. A. LLENOS ANTRÓPICOS DE ESCOMBROS (ALLE) ENTRE LOS BARRIOS PRIMERO DE MAYO Y SERREZUELA. B. MATERIAL DE RELLENO DE ESCOMBROS SOBRE DEPÓSITOS DE TERRAZA ALUVIAL BAJA (FTAB). C. DETALLE DEL MATERIAL Y ESPESOR DE RELLENO EN EL SECTOR.....	102
FIGURA 3.25. VARIEDAD DE PATRONES DE CAUCES ALUVIALES Y SU RELACIÓN CON LA FORMA DE TRANSPORTE DEL SEDIMENTO, SCHUMM, 1981.	103
FIGURA 3.26. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE UN SISTEMA FLUVIAL TRENZADO. A. BANCOS O BARRAS DE CAUCE. B. BANCOS O BARRAS ADOSADOS LATERALMENTE. C. ISLA. D. ALBARDONES. E. CAUCE ABANDONADO (LAGUNA O PANTANO). F. LLANURA ALUVIAL.	

G. LAGUNA. H. MARGEN EROSIVA. I. MARGEN DEPOSICIONAL. J. DEPÓSITOS DE CAUCE (BANCOS Y FONDO DE CANAL). K. DEPÓSITOS DE INUNDACIÓN, RELLENOS SEDIMENTARIOS DE LAGUNAS Y PANTANOS.	104
FIGURA 3.27. DETALLE DE MODIFICACIONES DE CAUCE QUE COINCIDEN CON RELLENOS ANTRÓPICOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	105
FIGURA 3.28. GRÁFICO EXPLICATIVO ADAPTADO AL MUNICIPIO DE PRADERA, SOBRE EL CONCEPTO DE CAUCE MENOR Y CAUCE MAYOR.	105
FIGURA 4.1. PROCESOS GENERADORES DE DAÑOS.	108
FIGURA 4.2. MAPA DE AMENAZA APTA POR AVENIDAS TORRENCIALES EN LA ZONA URBANA PRADERA	110
FIGURA 4.3. DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE HABITANTES, DÍA/NOCHE EXPUESTOS A AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	125
FIGURA 4.4. DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE PREDIOS EXPUESTOS A AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	126
FIGURA 4.5. DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL SUELO EN LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A LA AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA URBANA DE PRADERA.....	128
FIGURA 4.6. DISTRIBUCIÓN DEL TIPO DE CONSTRUCCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A LOS DIFERENTES NIVELES DE AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA	130
FIGURA 4.7 . DISTRIBUCIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A LA AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN ZONA URBANA PRADERA.....	131
FIGURA 4.8. DISTRIBUCIÓN DEL ESTADO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A LA AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN ZONA URBANA PRADERA.....	132
FIGURA 4.9. DISTRIBUCIÓN DEL TIEMPO DE SERVICIO DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A LA AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN ZONA URBANA PRADERA.....	134
FIGURA 4.10. DISTRIBUCIÓN DEL NÚMERO DE PISOS LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN ZONA URBANA PRADERA.....	135
FIGURA 4.11. MAPA EXPOSICIÓN ESTRUCTURAL CON EL CAUCE DEL ESTUDIO INGEOMINAS-CVC 1998.....	136
FIGURA 4.12. MAPA DE ELEMENTOS EXPUESTOS ESTRUCTURALES CON CAUCE FOTOINTERPRETADO 2016.....	136
FIGURA 4.13. MAPA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXPUESTOS COMPARATIVO DE CAUCES ANTE EL FENÓMENO DE AVENIDAS TORRENCIALES ZONA URBANA MUNICIPIO DE PRADERA	137
FIGURA 4.14. DISTRIBUCIÓN DE LÍNEAS VITALES EXPUESTAS ANTE AVENIDA TORRENCIAL EN ZONA URBANA PRADERA	139
FIGURA 4.15. DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD (M) DE LA VÍA SEGÚN SU MATERIAL Y EXPOSICIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL EN ZONA URBANA PRADERA	140
FIGURA 4.16. DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD (M) LA VÍA SEGÚN SU ANCHO Y EXPOSICIÓN ANTE AVENIDAS TORRENCIALES ZONA URBANA PRADERA	141
FIGURA 4.17. MAPA DE EXPOSICIÓN DE LA LÍNEA VITAL, RED VIAL, ANTE EL FENÓMENO DE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA MUNICIPIO PRADERA	142
FIGURA 4.18. DISTRIBUCIÓN DE LA CANTIDAD DE POSTES SEGÚN SU MATERIAL Y SUBNIVELES DE EXPOSICIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA.....	144
FIGURA 4.19. DISTRIBUCIÓN DE LA CANTIDAD DE POSTES SEGÚN SU CARGA NOMINAL Y EXPOSICIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA	145

FIGURA 4.20. MAPA DE EXPOSICIÓN DE LÍNEAS VITAL RED ELÉCTRICA POSTES ANTE EL FENÓMENO DE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA MUNICIPIO PRADERA.....	146
FIGURA 4.21. DISTRIBUCIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL EN ZONA URBANA PRADERA	147
FIGURA 4.22. MAPA DE AMENAZA ANTE AVENIDAS TORRENCIALES EN LA ZONA URBANA PRADERA	149
FIGURA 4.23. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL NÚMERO TOTAL DE HABITANTES, DÍA Y NOCHE EXPUESTA ANTE LA AMENAZA DE AVENIDA TORRENCIAL EN ZONA URBANA PRADERA	151
FIGURA 4.24. MAPA DE FACTOR DE RESISTENCIA CORPORAL ANTE AVENIDAS TORRENCIALES EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO PRADERA	152
FIGURA 4.25. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN DE LAS EDIFICACIONES FRENTE A LA EXPOSICIÓN DE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA	153
FIGURA 4.26. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL ESTADO DE CONSERVACIÓN EXPUESTA ANTE AVENIDAS TORRENCIALES EN ZONA URBANA PRADERA	154
FIGURA 4.27. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN LA EDAD DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS ANTE LA AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA DE PRADERA.....	155
FIGURA 4.28. DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN EL NÚMERO PISOS DE LAS EDIFICACIONES EXPUESTAS A AVENIDA TORRENCIAL DE LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	156
FIGURA 4.29. MAPA DE FACTOR DE RESISTENCIA ESTRUCTURAL ANTE AVENIDAS TORRENCIALES EN EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	157
FIGURA 4.30. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD (M) DE LA VÍA Y SU MATERIAL ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA	159
FIGURA 4.31. FACTOR DE RESISTENCIA SEGÚN DISTRIBUCIÓN DE LA LONGITUD (M) DE LA VÍA Y ANCHO ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA	160
FIGURA 4.32. MAPA DE FACTOR DE RESISTENCIA RED VIAL ZONA URBANA MUNICIPIO PRADERA	161
FIGURA 4.33. DISTRIBUCIÓN DE LA CANTIDAD DE POSTES SEGÚN SU MATERIAL Y FACTOR DE RESISTENCIA ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA	162
FIGURA 4.34. DISTRIBUCIÓN DE LA CANTIDAD DE POSTES SEGÚN SU CARGA NOMINAL Y FACTOR DE RESISTENCIA ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA	162
FIGURA 4.35. MAPA FACTOR DE RESISTENCIA RED ELÉCTRICA POSTES ANTE AVENIDAS TORRENCIALES EN LA ZONA URBANA PRADERA	163
FIGURA 4.36. MAPA DE VULNERABILIDAD CORPORAL ANTE EL FENÓMENO DE AVENIDAS TORRENCIALES EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA.....	165
FIGURA 4.37. MAPA DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL ANTE AVENIDAS TORRENCIALES EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	166
FIGURA 4.38. VULNERABILIDAD LÍNEAS VITALES RED VIAL ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA DEL MUNICIPIO PRADERA.....	167
FIGURA 4.39. LONGITUD (M) DE RED VIAL SEGÚN EL MATERIAL CON VULNERABILIDAD ALTA ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA DE PRADERA.....	168
FIGURA 4.40. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL DE LA RED VIAL (M) ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA.....	169
FIGURA 4.41. MAPA ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD ANTE AVENIDAS TORRENCIALES RED VIAL ZONA URBANA MUNICIPIO PRADERA.....	170
FIGURA 4.42. DISTRIBUCIÓN DE LA CANTIDAD DE POSTES SEGÚN SU MATERIAL Y VULNERABILIDAD ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA	171

FIGURA 4.43. MAPA ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD RED ELÉCTRICA ANTE AVENIDAS TORRENCIALES ZONA URBANA PRADERA	172
FIGURA 4.44. CURVA FRAGILIDAD DE DAÑOS ANTE AVENIDAS TORRENCIALES ZONA URBANA PRADERA	173
FIGURA 4.45. CURVA FRAGILIDAD DE DAÑOS S-0,7	175
FIGURA 4.46. CURVA FRAGILIDAD DE DAÑOS S-0,8	175
FIGURA 4.47. CURVA FRAGILIDAD DE DAÑOS S-0,9	175
FIGURA 4.48. CURVA FRAGILIDAD DE DAÑOS S-1,0	175
FIGURA 5.1. MAPA DE AFECTACIÓN ESTRUCTURAL ANTE AVENIDAS TORRENCIALES ZONA URBANA DE PRADERA	184
FIGURA 5.2. NIVEL DE AFECTACIÓN EN LA RED VIAL SEGÚN MATERIAL ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA.....	186
FIGURA 5.3. NIVEL DE AFECTACIÓN EN LA RED VIAL SEGÚN ANCHO ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA.....	187
FIGURA 5.4. MAPA DE ZONIFICACIÓN DE AFECTACIÓN DE LA RED VIAL ANTE AVENIDAS TORRENCIALES ZONA URBANA PRADERA	188
FIGURA 5.5. DISTRIBUCIÓN DE LA CANTIDAD DE POSTES SEGÚN SU MATERIAL Y LA AFECTACIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA	189
FIGURA 5.6. MAPA ZONIFICACIÓN DE AFECTACIÓN DE LA RED ELÉCTRICA ANTE AVENIDA TORRENCIAL ZONA URBANA PRADERA.....	190
FIGURA 5.7. ÁREA M2 DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE ANTE AVENIDAS TORRENCIALES ZONA URBANA PRADERA	191
FIGURA 5.8. MAPA ZONIFICACIÓN DE ÁREA DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE ANTE UNA AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA	193
FIGURA 5.9. PORCENTAJE DE RED VIAL EN AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE ZONA URBANA PRADERA	194
FIGURA 5.10. MAPA DE ESCENARIO DE RIESGO MITIGABLE Y NO MITIGABLE RED VIAL ANTE UNA AVENIDA TORRENCIAL EN LA ZONA URBANA DEL MUNICIPIO PRADERA	195
FIGURA 5.11. NÚMERO DE POSTES EN AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE ZONA URBANA PRADERA	196
FIGURA 5.12. MAPA DE ZONIFICACIÓN DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE DE LA RED ELÉCTRICA ANTE AVENIDAS TORRENCIALES ZONA URBANA PRADERA	197
FIGURA 5.13. TIPIFICACIÓN DEL CONTENIDO DE UNA VIVIENDA EN EL ÁREA DE ESTUDIO.	202

INTRODUCCIÓN

Los fenómenos naturales no se constituyen por sí mismos como un riesgo, sino que se transforman como tal cuando, al presentarse con ciertas condiciones de espacialidad, temporalidad y severidad, se ponen en la interacción con una comunidad expuesta. La presencia de personas y bienes materiales en áreas sujetas a procesos naturales potencialmente desastrosos dan lugar a que se generen 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.

En el presente documento se muestran la evaluación y zonificación de vulnerabilidad y escenarios de afectación o daño (riesgo) por avenida torrencial realizados en el área urbana del municipio de Pradera. Dichos estudios se priorizan en el marco del Resultado 2 - Estudios de zonificación de amenazas y riesgos en áreas urbanas, cofinanciados; del proyecto 5001: Apoyo a la gestión del riesgo en el territorio del Plan de Acción 2016-2019 de la CVC. Los estudios, dan como resultado la zonificación de amenazas, vulnerabilidad y escenarios de afectación (riesgos), con el fin de aportar a la disminución de la vulnerabilidad de la cabecera municipal frente a las amenazas por inundación y movimiento en masa en concordancia con las limitaciones del territorio, es decir, se aborda el proceso de conocimiento del riesgo a partir del análisis de amenazas y riesgos a nivel de zonas urbanas, acorde con lo definido por el Decreto 1077 de 2015, lo cual permitirá abordar de manera adecuada los procesos de planificación ambiental y territorial, definiendo con mayor precisión las medidas prospectivas y correctivas que se deban implementar.

Este informe constituye parte integral del proyecto ejecutado por el Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente de la Universidad del Valle (OSSO), en el marco del Convenio Interadministrativo N°070 de 2018 entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC y La Universidad de Valle, el cual tiene como objeto “*Aunar Esfuerzos Técnicos y Recursos Económicos para la Elaboración de los Estudios de Zonificación de Amenaza y Vulnerabilidad y Escenarios de Afectación a nivel de detalle, para Áreas urbanas de los municipios de El Dovio, Obando, Pradera, Toro, Ulloa y Zarzal*”.

El informe se estructura en cinco (5) capítulos

- En el primer capítulo se presenta las generalidades del municipio de Pradera
- En el segundo capítulo se presenta la conceptualización y metodología utilizada para el análisis histórico de los eventos de avenida torrencial e inundación que ha afectado al municipio de Pradera en el periodo entre 1980 y julio de 2019.
- En el tercer capítulo se presenta la conceptualización y metodología utilizada para el análisis geológico y geomorfológico del municipio, en este se encuentra el trabajo de campo donde se identifican las unidades geológicas, las formaciones geológicas superficiales y los elementos geomorfológicos.
- En el cuarto capítulo se presenta la conceptualización y metodología utilizada para el análisis de vulnerabilidad y su posterior el análisis y zonificación de vulnerabilidad, en la que se consideró la exposición y la fragilidad de los elementos expuesto localizados en la zona de amenaza alta ante avenida torrencial.

- En el quinto capítulo, se presenta la conceptualización y metodología utilizada para el análisis de afectación por avenida torrencial, se consideró el análisis de amenaza y vulnerabilidad para la zonificación de afectación o riesgo por avenida torrencial. También se realizó el de las posibles pérdidas económicas, por último, se establecieron las zonas de Afectación alta mitigable y no mitigable.
- Finalmente, se presentan conclusiones y cálculo recomendaciones.

OBJETIVOS

General

Realizar la actualización de los estudios de vulnerabilidad y escenarios de afectación por avenida torrencial a nivel de detalle para el área urbana del municipio de Pradera perteneciente al Departamento del Valle del Cauca.

Específicos

- Actualizar la vulnerabilidad asociada a la avenida torrencial en la zona urbana, según zonificación de amenazas desarrolla por INGEOMINAS en 1998.
- Evaluar y actualizar los escenarios de afectación o daño asociados a la amenaza por avenida torrencial por movimientos en masa e inundaciones en zona urbana con base en la zonificación de amenazas desarrolla por INGEOMINAS en 1998.
- Elaborar la cartografía de las diferentes evaluaciones y zonificaciones con la geodatabase correspondiente.
- Incluir la aptitud de uso a partir de las amenazas evaluadas.

ALCANCES

La evaluación de Vulnerabilidad se llevará a cabo en las zonas de amenaza alta por avenida torrencial. En cuanto al escenario de afectación (riesgo), se definió teniendo en cuenta las posibles pérdidas en la zona urbana del municipio de Pradera. Puesto que este estudio se realizó a escala 1:2.000, nivel de detalle según el Decreto 1077 de 2015, la generación de cartografía, con convenciones y leyenda específica permitirá la toma las medidas prospectivas y correctivas necesarias para la reducción de las condiciones de riesgo aquí definidas, las cuales se acompañan del documento técnico de soporte en el que se encuentra claramente expuesta la metodología desarrollada.

Se espera que esta información sea utilizada apropiadamente por el municipio para lograr la efectiva incorporación de la gestión del riesgo en el respectivo plan de ordenamiento territorial, dando cumplimiento a los correspondientes elementos normativos de la Ley 388 de 1997, Ley 1523 de 2012, Decreto 879 de 1998 y en particular, el Decreto 1807 de 2014, compilado en el Decreto 1077 de 2015.

1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE PRADERA VALLE DEL CAUCA

En este apartado se presenta de manera general el contexto geográfico en cuanto a sus límites, división política administrativa, número de población, su clima e hidrología. El contexto fisiográfico que hace referencia al relieve, geología y geomorfología de municipio.

1.1. CONTEXTO GEOGRÁFICO DEL MUNICIPIO

El municipio de Pradera fue fundado el 15 de octubre de 1862, por Rafael González Camacho, Sergio Carvajal, Sixto María Sánchez, Sixto Prado Concha, y Apolinar Obregón. Antes a esta fecha hay indicios desde 1835 de que el municipio era reconocido como caserío El Bolo, dependiente de la cabecera de distrito Palmira. Para 1860 se propone elevar el caserío a la categoría de aldea, sugiriendo nombres como Mosquera, inspirado en Tomás Cipriano de Mosquera quien en varias ocasiones asumió la presidencia de la República en la década de 1860 a 1870. No fue sino hasta 1867 que se acoge el nombre de Pradera “Tierra de Prados”. Hacia 1917 llega el primer automóvil, en 1925 el ferrocarril del Pacífico y en 1929 se instala la primera planta eléctrica de 90 kilovatios (Concejo Municipal de Pradera, Plan Municipal de Desarrollo PMD, 2016 - 2019)

Con una extensión total de 36262 ha (Concejo Municipal, PBOT 2002), el municipio de Pradera se encuentra ubicado 50 km al oriente de la ciudad de Cali, Capital del Departamento del Valle del Cauca, en el valle geográfico del río Cauca, cerca al piedemonte de la Cordillera Central, sobre la margen izquierda de la hoya hidrográfica baja del río Bolo.

Pradera forma parte de un sistema metropolitano no constituido jurídicamente, pero establecido como situación de hecho por las relaciones de intercambio con los municipios vecinos. Dicho sistema metropolitano con eje en Cali, está conformado por una primera corona que incluye a los municipios más cercanos al eje; como Yumbo, Palmira, Candelaria, Puerto Tejada Jamundí; seguida de una segunda corona con los municipios de Pradera, Florida, Miranda, Corinto, Caloto, Villarrica, Santander de Quilichao y Buenos aires (Concejo Municipal de Pradera, PBOT 2002).

Se comunica con el resto del país a través de dos carreteras pavimentadas que conducen a Cali, una pasando por Palmira y la otra por Candelaria. Esta Población se ubica a los 3° 25' 20'' de latitud Norte y 76° 14' 42'' de Longitud al oeste del meridiano de Greenwich a una altitud de 1.070 m.s.n.m (Concejo Municipal de Pradera, PBOT 2002).

1.1.1. Límites

Los límites del municipio de Pradera corresponden a los siguientes y se relacionan en la Figura 1:

- Al norte con Palmira (Quebrada Flores Amarillas),
- Al Sur con Florida (Río Párraga),
- Al Oriente con el Departamento del Tolima (Cordillera Central de los Andes) y
- Al Occidente con Candelaria (Río Párraga).

La Figura 1.1 muestra la localización de la zona urbana del municipio.

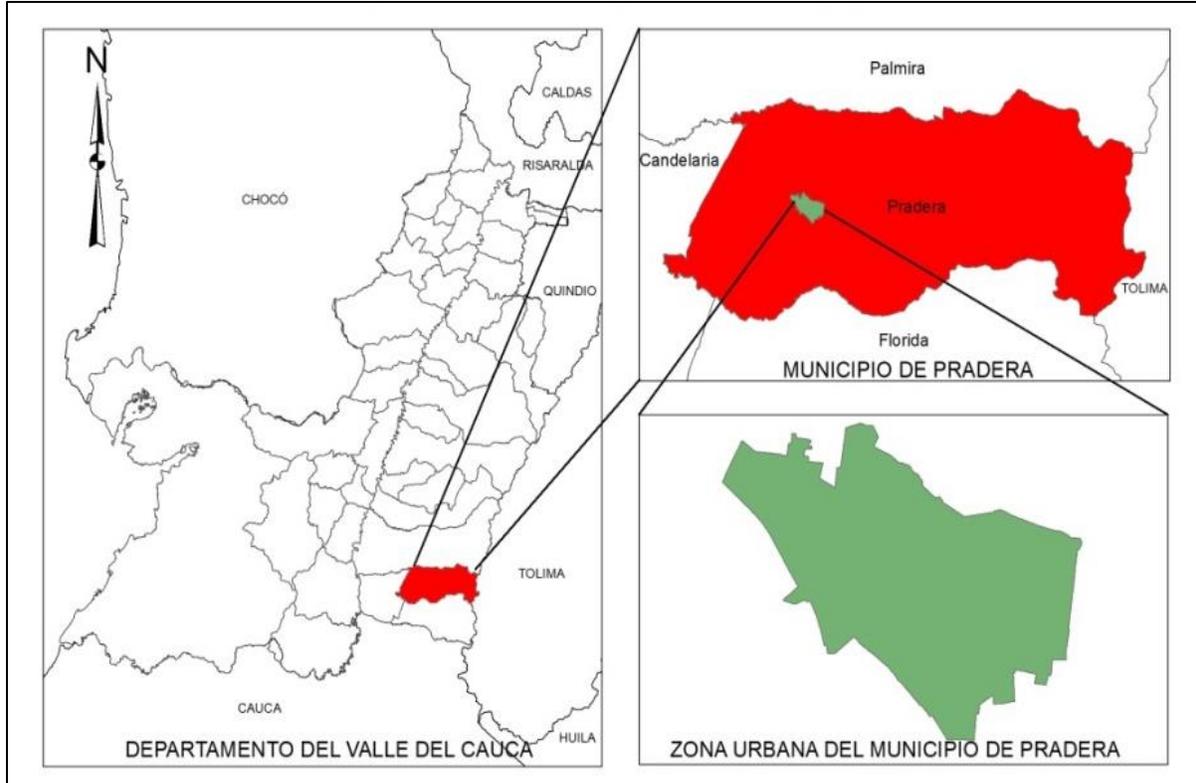


Figura 1.1. Localización de la zona urbana del Municipio de Pradera
Fuente: elaboración propia

1.1.1. División Política Administrativa.

Aquí se identifican el número de barrios para el área urbana, el número de corregimientos en el área rural del municipio, su extensión en hectáreas y el área de expansión urbana establecida por el Municipio.

1.1.1.1. Zona Urbana

De acuerdo con la información cartográfica suministrada por la Alcaldía Municipal de Pradera, la zona urbana está dividida en 40 barrios representados en la Tabla 1.1. La representación cartográfica de la información anterior es posible visualizarla en la Figura 1.2.

Tabla 1.1. División político-administrativa de la zona urbana del municipio de Pradera

N°	Barrios	N°	Barrios
1	Antonio Ricau. rte	21	La Mariana
2	Altos de la Pradera	22	La Michela
3	Altos del Castillo	23	La Misericordia
4	Barrio Oriente	24	Las Margaritas
5	Bello Horizonte	25	Las Palmas
6	Berlín	26	Las Vegas
7	Bosques de la Pradera	27	Manuel José Ramírez
8	Comuneros	28	Marsella
9	El Bolito	29	Panchinita
10	El Cairo	30	Praderas del Río
11	El Centro	31	Prados de la Colina
12	El Jardín	32	Primero de Mayo
13	El Prado	33	Providencia
14	Jorge Eliecer Gaitán	34	Puertas del Sol
15	La Bodega	35	Puerto Nuevo
16	La Colina	36	San José
17	La Esmeralda	37	San Roque
18	La Esperanza	38	Urbanización Portal de Castilla
19	La Liberta	39	Urbanización Serrezuela
20	La Lorena	40	Villa Marina

Fuente: elaboración propia con datos Planeación Municipal

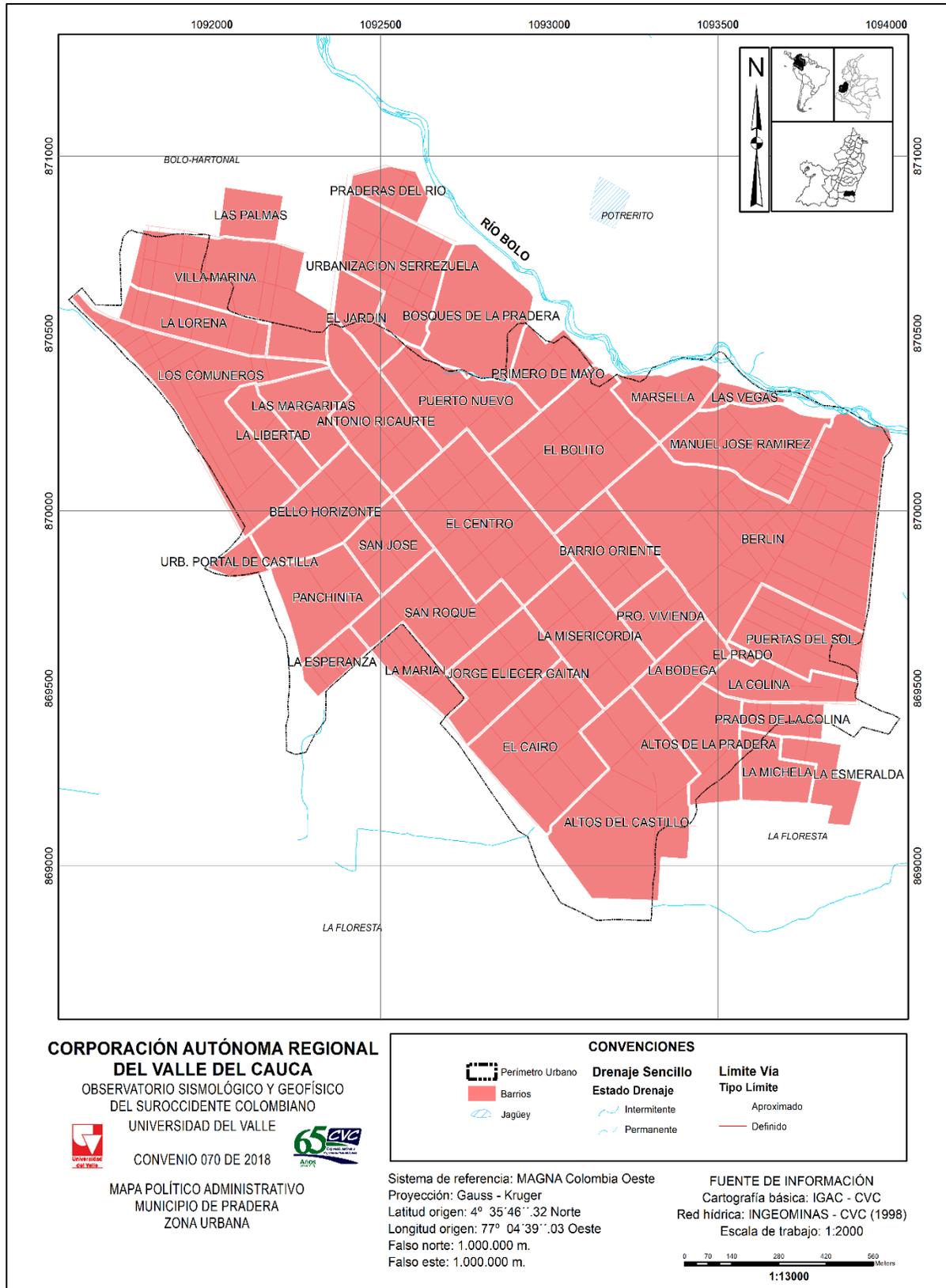


Figura 1.2. Mapa Político administrativo de la zona urbana del municipio de Pradera.
Fuente: elaboración propia con datos de Planeación Municipal

1.1.2.1. Zona Rural

La zona rural del municipio está dividida por 23 corregimientos y un resguardo indígena, de los cuales 6 se encuentran ubicados en la zona plana y 17 en la zona de ladera (Concejo Municipal de Pradera, PBOT 2002). En la Tabla 1.2 y Figura 1.3. se expone la configuración territorial de la zona rural.

Tabla 1.2. División político-administrativa de la zona rural del municipio de Pradera

N°	CORREGIMIENTOS ZONA DE LADERA	N°	CORREGIMIENTOS ZONA DE LADERA
1	Bolo Azul	10	La Fría
2	Bolo Blanco	11	Vallecito
3	Bolívar	12	La Carbonera
4	Arenillo	13	Lomitas
5	El Retiro	14	Los pinos
6	El Recreo	15	Potrerito
7	El Líbano	16	San Antonio
8	El Nogal	17	San Isidro
9	La Feria		El Resguardo Kwetwala
N°	CORREGIMIENTOS ZONA PLANA	N°	CORREGIMIENTOS ZONA PLANA
1	Bolo Hartonal	4	La Granja
2	La Tupia	5	La Floresta
3	La Ruiza	6	Párraga

Fuente: Elaboración propia con datos del Esquema de Ordenamiento Territorial Pradera Valle del Cauca.

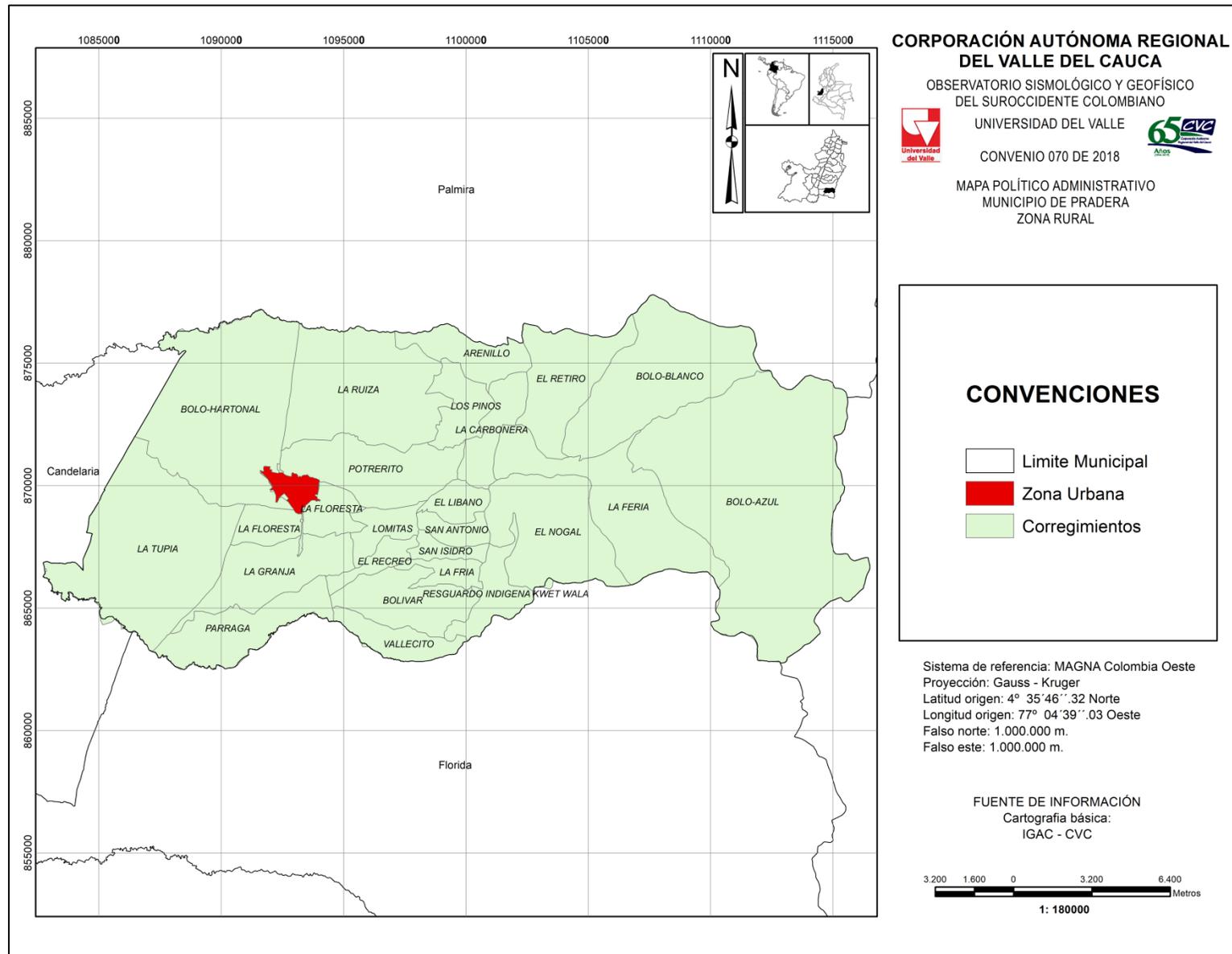


Figura 1.3. Mapa político administrativo rural del municipio de Pradera.

Fuente: elaboración propia con datos de cartografía base IGAC- CVC.

1.1.3. Demografía

La proyección poblacional del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, (2018), indica que para el año 2019 el municipio de Pradera tiene una población estimada de 55.839 habitantes. Del total poblacional, 50.691 habitan en el área urbana y 7.292 son habitantes de la zona rural, representando el 91% y 8% de la población respectivamente (Figura 1.4).

Con base en la información anterior, la densidad de población de la zona urbana sería de 21121 habitantes/has y de la zona rural es de 20 habitantes/ha (ver Figura 1.5).

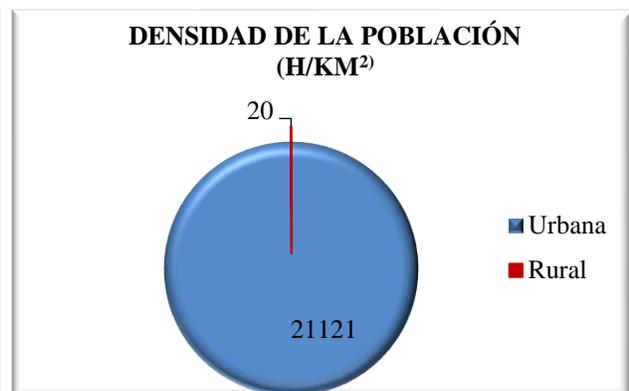


Figura 1.4. Distribución de Población del Municipio de Pradera

Figura 1.5. Densidad de Población del Municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia con datos del DANE (2018).

1.1.4. Climatología

Según el PBOT (Plan Básico de Ordenamiento Territorial) del municipio, las variaciones temporales de temperatura en la estación Palmira-ICA, indican que la temperatura media anual en la porción baja de la cuenca del río Bolo es de 23.4°C y las extremas diarias varían entre 10.8°C y 35.4°C. La temperatura media anual en el municipio es de 23,6°C, presentando variaciones entre 32,2°C y 18°C (IDEAM, s.f).

La lluvia media anual en la cuenca del río Bolo es de 1517 mm y su distribución en el año es bimodal, con dos períodos lluviosos entre marzo-abril y octubre-noviembre y un período de baja precipitación entre junio-agosto. Históricamente el mes más lluvioso es noviembre y el más seco agosto.

1.1.5. Hidrología

El cuerpo de agua más importante de la red hidrográfica del municipio de Pradera es el Río Bolo, cuyo caudal continuo tiene pendientes que varían entre el 20% y el 10% en los primeros 17 km, luego esta disminuye paulatinamente hasta llegar al 4% a su paso por Pradera; además, tiene una anchura media superior a los 5 metros, de igual forma que sus principales afluentes los ríos Bolo Azul y Bolo Blanco.

El río Bolo Azul nace a 3900 m en la laguna Los Cristales, cerca al Páramo de la Tinajas y tiene una longitud de 29 km, con una pendiente media de 6.3%. En su recorrido se van agregando sucesivamente las quebradas: El Danubio, El Diamante, La Cascada, Linares, La Palmera, La Esperanza, el Pinal, Mendoza y La Arenosa. También caen al Bolo Azul varias quebradas menores como La Ovejera, La Chivera y La Elvira por la derecha.

El río Bolo Blanco nace en un lago del mismo nombre, en la parte alta del límite de los corregimientos El Retiro y Bolo Blanco, y sus afluentes son las quebradas El Pato, Los Tambos, El Carmen, La Sonora, El Bosque y La Bocana. En los límites entre los corregimientos de Bolo Azul y La Feria a unos 1800 m hace su aparición la quebrada La Cristalina a la que se unen los ríos Bolo Azul y Bolo Blanco dando lugar al río Bolo (Concejo Municipal de Pradera, PBOT 2002).

A continuación, en la Figura 1.6 se muestra la hidrología del área urbana para el municipio de Pradera, donde se puede observar un área urbana limitada por el río Bolo.

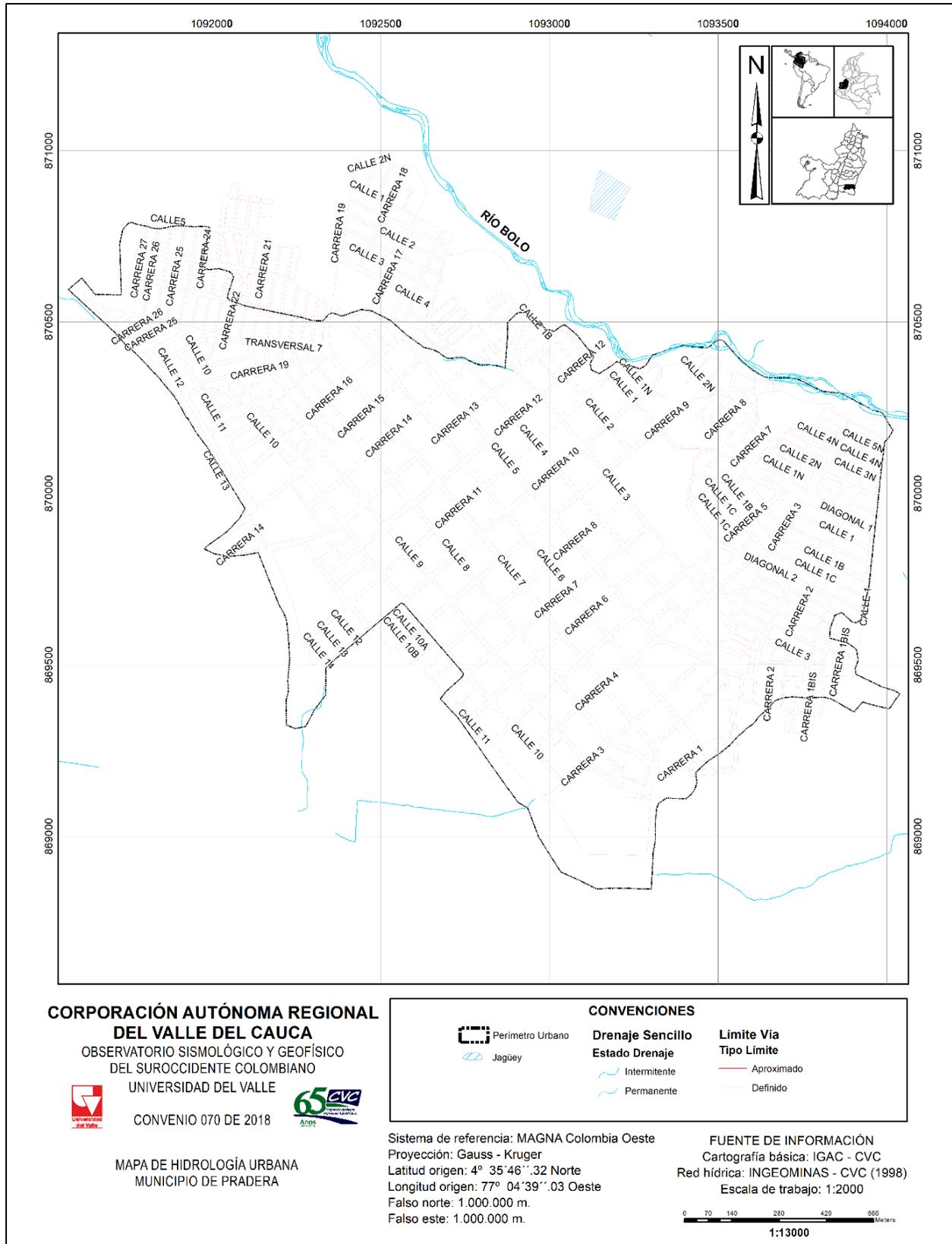


Figura 1.6. Mapa de Hidrología Urbana del Municipio de Pradera
Fuente: elaboración propia con datos de cartografía base IGAC- CVC

1.2. CONTEXTO FISIOGRAFICO DEL MUNICIPIO

El contexto fisiográfico en este apartado describe la fisiografía y el relieve, así como la geología y la morfología del municipio, de acuerdo con la información del PBOT y la Zonificación de Amenaza y Riesgo por Avenidas Torrenciales de la Cabecera Municipal de Pradera – Valle del Cauca (INGEOMINAS – CVC, 1998).

1.2.2. Fisiografía y Relieve

El municipio de Pradera exhibe una orografía montañosa con pendientes considerablemente marcadas de 30° a 60° de inclinación. Las alturas en el municipio van desde menos de los 1000 m.s.n.m hasta más de 4000 m.s.n.m. El modelo digital de elevación evidencia que las alturas en el municipio varían entre los 771 m.s.n.m y los 5299 m.s.n.m. Aproximadamente la tercera parte del municipio, corresponde a terrenos planos con alturas inferiores a los 1200 m.s.n.m. y algo más de la mitad del territorio esta por debajo de los 2.000 m.s.n.m. La otra mitad del municipio se distribuye más o menos equitativamente entre los 2.000 y los 3.000 m para lo que sería una cuarta parte del territorio y finalmente una extensión igual para los terrenos más altos es decir entre los 3.000 y los 4.000 m (Concejo Municipal de Pradera, PBOT 2002).

1.2.3. Geología y Morfología

El municipio de Pradera está dividido en cuatro conjuntos geológicos conocidos como: formaciones Amaime y Vilela, conos de deyección y depósitos de lavados de laderas. La cabecera municipal se encuentra constituida por depósitos de conos de deyección de materiales fluviotorrenciales, depositados por el río Bolo. (Ver figura 1.7) En el documento según el documento de CVC e INGEOMINAS, se reconocen las siguientes unidades litoestratigráficas:

1.2.3.1. Unidades Litoestratigráficas

Formación Amaime (JKa): Secuencia de lavas basálticas, almohadilladas, de origen oceánico de la Plancha Geológica 300- Cali, extendida a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Central. Rocas similares afloran en el cauce del río Bolo.

Formación Vilela (Tpv): Secuencia de conglomerados, constituidos por fragmentos de rocas volcánicas de la formación Amaime y tobas arenosas, extendidas a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Central, al norte de Pradera en las quebradas La Leona y Salsipuedes.

Depósitos de Conos de Deyección: Materiales transportados y depositados por el Río Cauca, tiene forma de abanico, con su ápice al este de la población sobre el río Bolo, donde este sale de la zona montañosa. El origen de los abanicos se relaciona a los procesos de inestabilidad de las laderas de la cuenca del río Bolo, que generan crecientes torrenciales, transportando materiales rocosos y depositándolos en la salida de la zona montañosa del Valle del Río Cauca.

Remanentes de Conos de Deyección Antiguos (Nca1): Cuerpos con forma de colinas aterrazadas, levantadas a 15-30 m sobre la zona plana del valle del río Bolo.

Cono de Deyección de Pradera (Qca2): Depósitos de flujos de escombros, compuestos por fragmentos de basaltos, con intercalaciones de niveles de arcillas limosas. En sectores aledaños al río Bolo cerca a la población de pradera, presenta una gruesa capa de gravas clastosoportadas con fragmentos débilmente alterados, que hacen parte de un nivel de terraza media (Qt2). Es el depósito de mayor extensión, de topografía plana con inclinaciones de 2° a 10° hacia el oeste. En esta unidad el río Bolo ha presentado sus mayores cambios de dirección, contribuyendo a problemas de inundación. Aquí se localiza gran parte del casco Urbano.

Cono de Deyección (Qca3): En el sector centro oriental, esta unidad tiene forma de cono de deyección, disectado por el río Bolo y limitado a ambos lados por un escarpe de 10-14 m de altura. Representa el último producto dejado por el río Bolo antes de divagar sobre la unidad Qca2. Presenta intercalaciones de estratos de arena gruesa y grava fina.

Cono de Deyección (Qca4): Localizado en la zona oriental, extendiéndose hacia el suroccidente, coincidiendo con las líneas d flujo del río Bolo. Representado por depósitos de tipo torrencial dejados por el río antes de cambiar su dirección en un giro de 40°. Los depósitos de esta unidad corresponden a flujos de escombros, cubiertos en algunas partes por materiales de llanura de inundación como limos.

Depósitos d Canal y Llanura de Inundación: Depósitos de origen aluvial restringidos a ambos lados del cauce del río Bolo, generando terrazas en diferentes niveles. Son sedimentos activos del río.

Nivel de Terraza (Qt2): Pequeñas superficies planas, localizadas por sectores a lado y lado del río Bolo. Al ser depósitos sin ningún tipo de cohesión son susceptibles a erosión hídrica. Ubicados discordantemente sobre el cono de deyección Qca2.

Nivel de Terraza (Qt2): Corresponde al cauce mayor del río, zona de alto daño durante las crecientes del río Bolo. Representado por materiales típicos de flujos de escombros y sedimentos característicos de llanuras de inundación.

Suelo de Lavado de Laderas (Qla): Sedimentos moderadamente estables depositados en la parte distal de las laderas del costado oriental del área, de arcillas plásticas con fragmentos de lavas basálticas hasta depósitos de gravas finas a media de basaltos.

Depósitos de Ladera (Qc): Sedimentos de lavas basálticas moderadas a altamente meteorizadas, clastosoportadas, ubicados en el costado más oriental del área, localizados hacia la parte baja de las laderas. Superficialmente se encuentra cubierto por una capa de fragmentos basálticos con abundante materia orgánica. El espesor total del depósito es de aproximadamente 3 m.

Depósitos Aluviales Recientes (Qal): Corresponde a la zona por donde circula el agua del río Bolo durante las crecientes normales, o área de sedimentos activos, playas y barras. Su altura respecto al nivel de aguas medias del río es variable entre 0,5 y 1,5 m. Los sedimentos en esta zona varían de tamaño, se pueden encontrar gravas entre 5cm y 3.5 m, subredondeados, principalmente de neises anfibólicos, anfibolitas y en menor proporción esquistos verdes, y cuarzdioritas. El depósito es de tipo clastosoportados, con arena gruesa y fragmentos menores de 5 cm que se

encuentran rellenando intersticios; presenta ligera imbricación y se pueden observar restos orgánicos principalmente troncos de árboles.

En la Figura 1.7 se presenta la geología del Municipio, donde es posible observar la unidad geológica de Qca, representativa de los depósitos de conos de deyección y la unidad geológica Qal para los depósitos aluviales recientes, que en este caso corresponde al área donde tiene cauce el río Bolo.

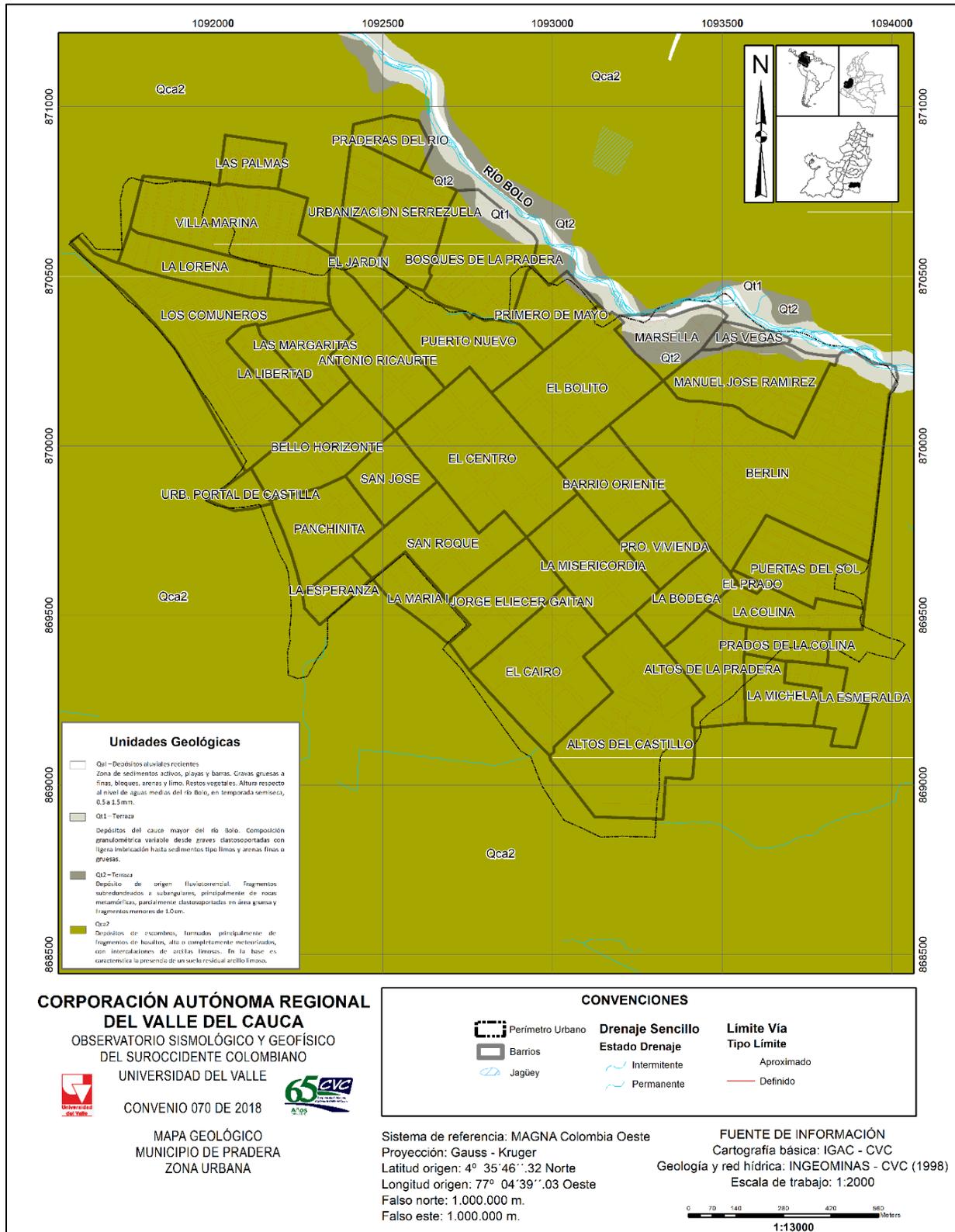


Figura 1.7. Mapa geológico a del municipio de Pradera zona urbana.
Fuente: elaboración propia con datos de cartografía base IGAC- CVC

2. HISTORICIDAD DE EVENTOS

En el presente capítulo se realiza el análisis de eventos históricos de avenida torrencial e inundación, en un periodo comprendido entre 1980 hasta julio de 2019. El cual se llevó a cabo con el propósito de evidenciar factores de ocurrencia de eventos, frecuencia y consecuencias generando posibles escenarios de riesgo para el municipio de Pradera.

En este apartado se muestran los resultados obtenidos de la búsqueda documental a partir de la consulta en bases de datos, informes técnicos, periódicos y libros. Los siguientes son los pasos contemplados para el desarrollo del estudio:

2.1. CONCEPTUALIZACIÓN DE INUNDACIÓN Y AVENIDA TORENCIAL

Para la identificación de eventos de avenidas torrenciales en el municipio es pertinente hacer una contextualización del fenómeno de estudio. A continuación, se presentan las principales definiciones que permitirán hacer una mejor lectura de los resultados de las inundaciones y avenidas torrenciales que han afectado la zona urbana del municipio en el periodo comprendido entre los años de 1980 hasta febrero 2019 consignados en el documento.

2.1.1. Inundación

Es un evento natural y recurrente que se produce en las corrientes de agua como resultado de la acumulación de agua causada por intensas lluvias o continuas sobre áreas planas o llanuras de inundación que, al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y de los cauces se desbordan e inundan las llanuras de inundación o los terrenos aledaños a los cursos de agua. Las inundaciones son parte de un proceso natural como respuesta a eventos climáticos de autorregulación del propio ciclo hidrológico (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Universidad Nacional de Colombia, 2013)

En Colombia se presenta un régimen anual de lluvias bimodal, temporadas alternadas de bajas precipitaciones y altas precipitaciones, en estas últimas con la probabilidad de que se presenten inundaciones dejando afectaciones en la población.

2.1.1.1. Tipos de inundación

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Universidad Nacional de Colombia, (2013) en la Metodología para la Evaluación del Riesgo en los POMCAs, definen los diferentes tipos de inundaciones según la duración y los mecanismos de generación.

2.1.1.1.1. Según la duración

- Inundaciones súbitas o de tipo torrencial.
- Inundaciones lentas o de tipo aluvial.
- Encharcamiento.

Las inundaciones pueden afectar de manera diferentes la población, las estructuras y la infraestructura, debido al empuje de la corriente o a la energía liberada por la misma.

2.1.1.1.2. Según el mecanismo de generación

- Fluviales
- Pluviales
- Costeras
- Otras

Para el presente informe se clasificaron las inundaciones fluviales (de tipo torrencial) y pluviales, las cuales se describen a continuación:

Inundaciones Fluviales por desbordamientos de los ríos: son causadas por los desbordamientos de los ríos y los arroyos, lo cual se atribuye, en primera instancia, a un excedente de agua, al igual que la sequía se atribuye al efecto contrario, es decir, la carencia de recursos hídricos. El aumento brusco del volumen de agua que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse produce lo que se denomina como avenida o riada, un mayor aumento del volumen es la causa de la inundación (Aparicio, 2003).

Inundaciones Pluviales por precipitaciones in situ son las que se producen por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que ese fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Este tipo de inundación se genera tras un régimen de precipitaciones intensas o persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo. Lógicamente, es el primero de estos casos el que conlleva el mayor peligro para la población y sus bienes y el que plantea los principales inconvenientes a los servicios de coordinación e intervención para prevenir y controlar sus daños. Las precipitaciones torrenciales, que se acumulan peligrosamente en un lapso muy breve de tiempo, hacen que el tiempo de respuesta de los servicios de emergencia sea más reducido (Aparicio, 2003).

Bajo las condiciones intrínsecas del municipio de Pradera es pertinente describir qué se entiende por avenida torrencial, cabe resaltar que las definiciones con relación a la literatura se diferencian según el criterio de origen o causa de la creciente torrencial.

2.1.2. Avenida Torrencial

Una avenida torrencial es un tipo de movimiento en masa caracterizado por el flujo rápido de una mezcla caótica de sólidos y agua que pueden movilizarse a grandes velocidades. Se desplazan generalmente por los cauces de las quebradas, llegando a transportar volúmenes importantes de sedimentos y escombros, con velocidades peligrosas para los habitantes e infraestructura ubicados en las zonas de acumulación. Dependiendo de los materiales involucrados y de los tipos de flujo que se dan, es posible definir una amplia variedad de fenómenos, todos con posibilidades de presentarse en cuencas de montaña (Caballero, 2011). Las avenidas torrenciales son fenómenos naturales que, aunque tienen una ocurrencia relativamente baja, por su gran potencial destructivo, son de particular interés para evaluar los riesgos naturales a los que se encuentra sometida una determinada cuenca. Este fenómeno está restringido a cauces relativamente pequeños de ríos de montaña y no se produce en ríos con cuencas grandes, debido a que los agentes naturales que las provocan afectan sólo áreas pequeñas (Montoya y Montoya., 2009). Según Gemma (2007), las avenidas torrenciales se generan por causas hidrometeorológicas (lluvias concentradas), sísmicas,

de inestabilidad de vertientes (bloqueo de un cauce por un deslizamiento y posterior ruptura del dique), potencial hidrogravitatorio (pendiente), erupciones volcánicas y deshielo. Las avenidas torrenciales también se pueden presentar por otras causas como son deshielo al final del invierno o lluvias concentradas asociadas a ciclones tropicales.

El Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático (2019) adapta una definición de avenida torrencial de Gemma (2007) donde la describen como “crecidas repentinas producto de fuertes precipitaciones que causan aumentos rápidos del nivel de agua de los ríos y quebradas de alta pendiente. Estas crecientes pueden ser acompañadas por flujo de sedimentos de acuerdo con las condiciones de la cuenca. Debido a sus características pueden causar grandes daños en infraestructura y pérdida de vidas humanas”.

Las definiciones anteriores introducen la necesidad de señalar las posibles causas de este fenómeno, las cuales son diferentes:

- Lluvias frecuentes
- Altas pendientes (cruce de montañas)
- Perdida de la cobertura vegetal
- Aporte de lodo, tierra, detritos, bloques, escombros, residuos sólidos domésticos.
- Sismos
- Rompimiento de presas
- Represamiento

Las avenidas torrenciales son fenómenos naturales que, aunque tienen una ocurrencia relativamente baja, por su gran potencial destructivo, son de particular interés para evaluar los riesgos naturales a los que se encuentra sometida una determinada cuenca. Entre las razones que existen para que este tipo de evento sea tan dañino están su naturaleza casi impredecible, la rapidez a la cual ocurre, su corta duración y su largo período de retorno, así como su distribución poco uniforme en el espacio y el tiempo (González, Chávez y Hermelín 2005).

2.1.2.1. Tipos de procesos de las avenidas torrenciales

Según INGEOMINAS y CVC (2001), los procesos generadores de daños en las avenidas torrenciales tienen el concepto de “solicitaciones”, el cual, pretende representar de una manera objetiva las distintas formas de interacción entre las características del fenómeno y los diferentes elementos expuestos, para facilitar el análisis de la intensidad del evento y sus posibles daños. En el caso de las avenidas torrenciales, se considera de manera simple pero representativa, los siguientes procesos de daño o “solicitaciones”: impactos, presiones, socavación lateral y acumulaciones.

- Impactos: se considera la sollicitación generada por elementos de gran tamaño (bloques y troncos), con altas velocidades, que producen fuerzas puntuales, causando en muchos casos, daños severos a las estructuras y, en general a todo elemento que encuentre a su paso.
- Presiones: es la sollicitación generada por flujo de gravas y arenas que se desplazan a gran velocidad y que ejercen fuerzas uniformes sobre las superficies de contacto con los elementos, permitiendo así, una mejor respuesta de éstos. En la zona de presión lateral es precisamente en donde la avenida torrencial choca con los elementos expuestos

- Socavación lateral: se entiende como la erosión hídrica intensa de algunos márgenes de cauces y acequias que afectan la base de los taludes, desestabilizando áreas superficiales; el grado de afectación puede variar dependiendo de la magnitud y de los elementos ubicados en el área de influencia.
- Acumulaciones: son procesos de deposición de materiales generalmente finos que, más que una solicitación física, se pueden considerar una afectación por obstrucción y taponamiento de ciertas estructuras; ese grado de afectación dependerá de la magnitud de la acumulación, en donde se tendrá muy en cuenta la posibilidad de recuperación del elemento.

2.2. METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE EVENTOS HISTÓRICOS

En la realización de la búsqueda, análisis y espacialización de información de los eventos históricos por inundación que han afectado el municipio de Pradera en el periodo de 1980 y hasta febrero 2019, se implementaron los métodos intensivista y extensivista para la búsqueda y análisis de la información y para el procesamiento y espacialización de los resultados se utilizó los métodos, la Densidad de Kernel y Modelo Digital de Terreno DTM para el nivel de cotas.

2.2.1. Métodos intensivistas y extensivista

Los métodos intensivista y extensivista (Rodríguez de la Torre, 1993) utilizados en la búsqueda de información. El método intensivista hace referencia, que al tener un previo conocimiento de la ocurrencia de un evento determinado y mediante la búsqueda de diversas fuentes (publicaciones periódicas, archivo, documentos, bases de datos, catálogos) permite adquirir la mayor y mejor cantidad de información posible, con el fin de precisar datos de hora, lugar de ocurrencia, efectos, daños causados, para así establecer parámetros de medición acerca de la frecuencia de estos fenómenos. Por su parte, el método extensivista, se refiere a la búsqueda de fuentes de información que den cuenta de la ocurrencia de eventos que no aparecen registrados en bases de datos ni catálogos oficialmente conocidos. Las fuentes usadas pueden ser primarias mediante la realización de talleres o secundarias. Con estos métodos se “intensifica y extiende” el conocimiento de los eventos históricos de inundaciones y puede cambiarse o mejorarse la calidad de los datos existentes

Una aproximación inicial consiste en datar eventos históricos asociados a las en masa de la zona urbana del municipio de Pradera y recopilar dichas fuentes mediante fichas para su organización archivística y posterior análisis de la información. 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 con visitas a la zona urbana de municipio, donde se estableció un reconocimiento de la problemática de afectación. Esta actividad permite obtener una multiplicidad de escenarios y versiones acerca de los eventos históricos por inundaciones y avenidas torrenciales que afectan a la población y así tener una primera aproximación a las zonas de afectación asociadas a estos fenómenos (Figura 2.1)

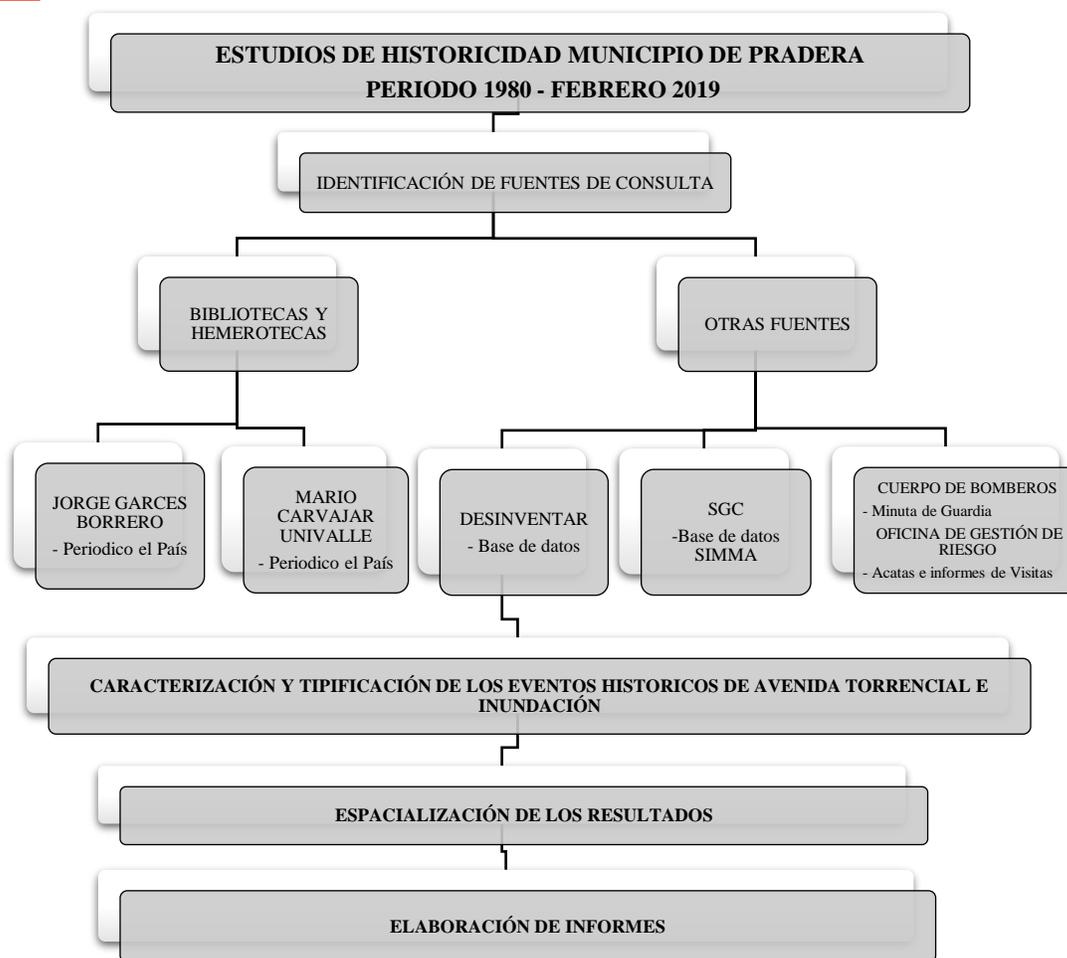


Figura 2.1. Flujograma del proceso metodológico estudios de historicidad.

Fuente: elaboración propia.

2.1.1. Espacialización de los resultados de historicidad

Para el municipio de Pradera se utilizaron dos metodologías en el procesamiento de los datos encontrados en las diferentes fuentes de información, debido a que algunos reportes son de lugares puntuales, es decir direcciones y en otros se identifica el barrio sin que se asocie a un lugar específico. Por lo tanto, se presentan dos metodologías utilizadas para la representación cartográfica de reportes de los eventos de inundación históricos (Figura 2.2) El procedimiento se describe en el siguiente esquema:

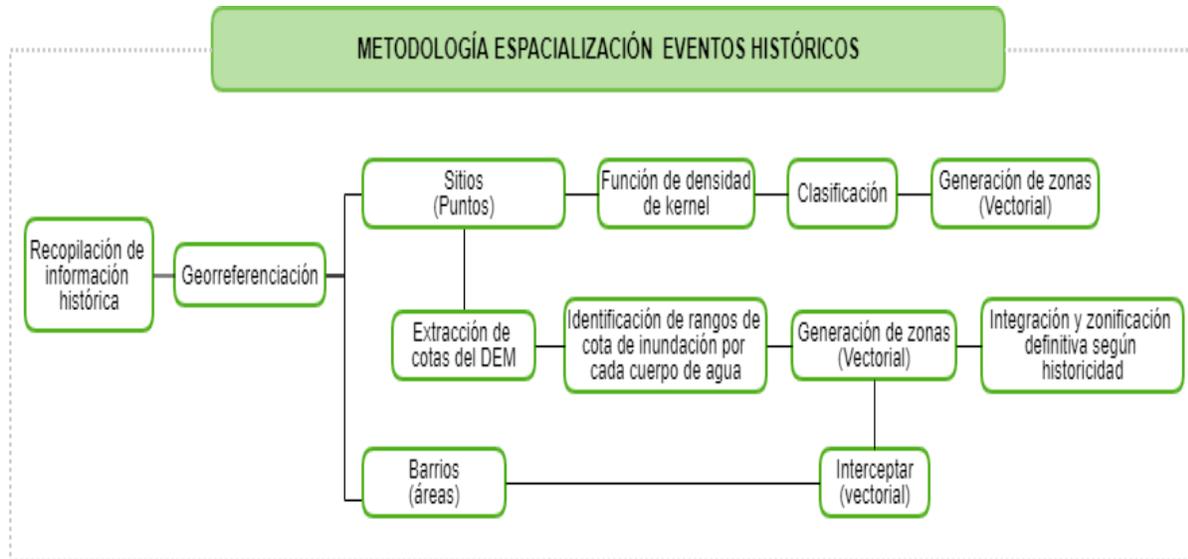


Figura 2.2. Esquema metodológico del procesamiento de los reportes

2.1.1.1. Densidad de Kernel definición de áreas de susceptibilidad a inundación a partir de datos puntuales de historicidad.

Este procedimiento permite definir áreas de susceptibilidad histórica a inundaciones y avenidas torrenciales para un cuerpo de agua.

Los datos de entrada son:

- Puntos de ubicación de eventos
- Áreas de ubicación de eventos (donde no se tienen direcciones o puntos si no barrios)
- Cartografía base urbana
- Modelo de elevación digital

Paso 1. Georeferenciación de eventos Puntuales.

Localización de los eventos históricos mediante dirección o coordenadas para la identificación puntual de dichos eventos.

Paso 2. Cálculo de la densidad de ocurrencia de eventos mediante la función de distribución de densidad kernel.

La herramienta Densidad Kernel calcula la densidad de las entidades en la vecindad de esas entidades. Puede calcularse para las entidades de punto y de línea.

Por lo general, esta forma de calcular un radio predeterminado evita el fenómeno de generar “anillos alrededor de puntos” que a menudo se producía con datasets de puntos dispersos (Figura 2.3).

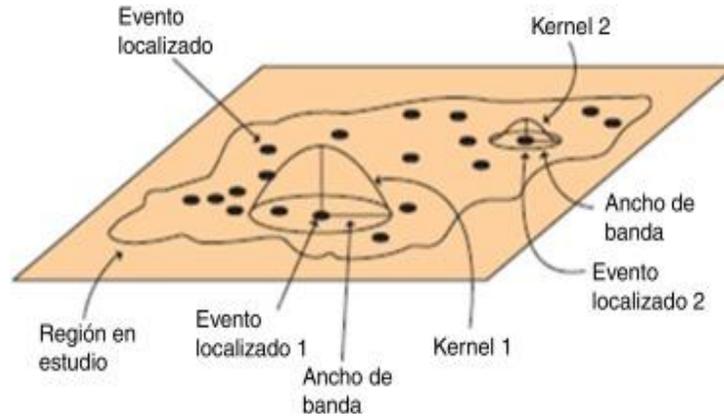


Figura 2.3. Función de densidad Kernel a diferentes anchos de banda

Paso 3. Clasificación en densidad media, baja o cero

Una vez definida la densidad Kernel para la nube de puntos, se clasifica de mayor densidad a densidad nula en los sitios que no presentan antecedentes del evento estudiado, esto da una idea inicial de las zonas susceptibles (Figura 2.4).

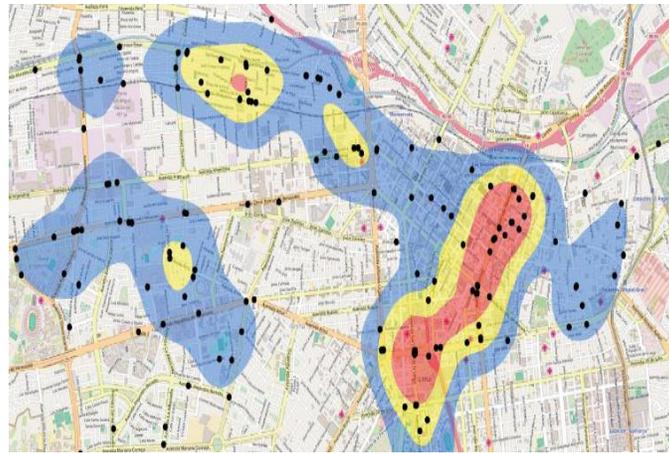


Figura 2.4. Clasificación de la densidad Kernel

Posteriormente estas zonas preliminares se pueden convertir a polígonos para un tratamiento vectorial posterior si se desea.

- **Análisis a partir de la superficie del terreno.**

Para esto se debe extraer la elevación de cada punto de evento histórico asociado a cada cuerpo de agua en este caso. Posteriormente se debe identificar el valor mínimo y el máximo de elevación para estos puntos.

Es muy importante que para cada cuerpo de agua se evalúen por separado los eventos y sus cotas del punto de ubicación (Figura 2.5).

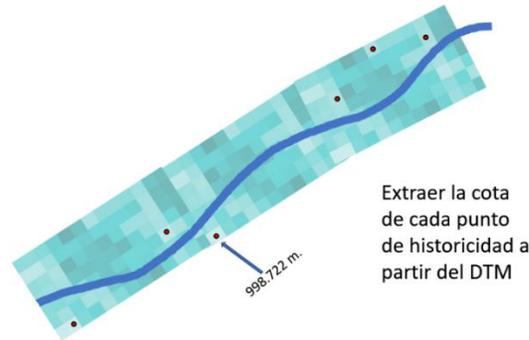


Figura 2.5. Clasificación de puntos según curvas de nivel

Definir el rango de cotas de inundación que se presentan para cada cuerpo de agua o en particular para cada sector si es necesario.

Obtener a partir del DTM los píxeles que se encuentren dentro del rango de cotas históricas de inundación o por debajo de la cota mínima del rango de cotas.

Esto dará una selección de píxeles que estén dentro de este rango de valores, este conjunto de píxeles se debe interceptar con las áreas de barrios identificados en la información histórica como inundables y como resultado se tendrán áreas de susceptibilidad de acuerdo con criterios topográficos.

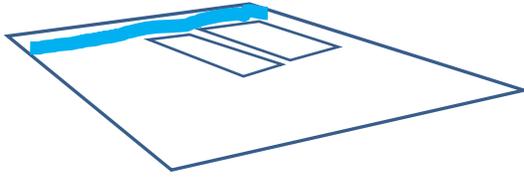
Estas áreas se deben analizar para su adición parcial o total a las áreas obtenidas por la función de densidad.

2.1.2. Espacialización de información histórica no puntual

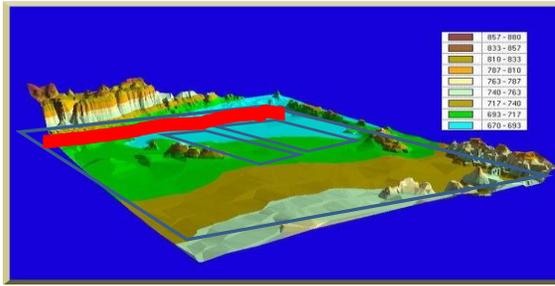
En algunos casos la información histórica no posee una localización específica, debido a que los eventos reportados no presentan una dirección puntual, sino que se hace referencia a todo barrio, un sector o una zona, con topología de área. En estos casos, con el fin de establecer un área de afectación o susceptibilidad de acuerdo con la información histórica, se define para este estudio una metodología que consiste en localizar espacialmente las áreas referidas, como barrios o sectores y a estas áreas se les extrae los valores de altura a partir del modelo de elevación digital, con el fin de clasificar las alturas, de mayor a menor (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), permitiendo identificar las zonas con mayor predisposición a inundación y las de menor posibilidad de inundarse y así dar una idea del sector del barrio más susceptible a este fenómeno.

En la Figura 2.6 se muestra gráficamente de manera general los pasos que se realizaron para espacializar los resultados de los reportes de los eventos por inundación en los que hace referencia a un barrio.

Paso 1. Localización del área en la cartografía



Paso 2. Intersección con el DTM



Paso 3. Final

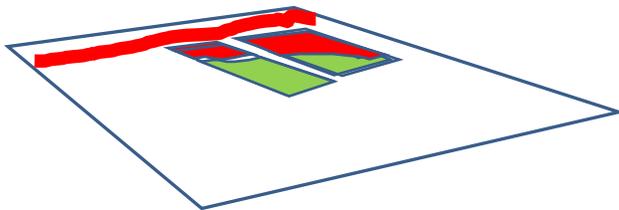


Figura 2.6. Espacialización de información histórica no puntual según curvas de nivel

De la misma manera, la información histórica encontrada y procesada se socializó y validó con delegados de la Administración municipal y el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre del municipio se logró identificar y corroborar las zonas donde históricamente se han presentado afectaciones por inundaciones y avenidas torrenciales en el área urbana del municipio.

2.1.3. Fuentes de información y documentos consultados

Las fuentes de información que se consultan en la investigación son para el conocimiento o mejoramiento de la información que se tiene del municipio. En el proceso de la búsqueda de los reportes de eventos históricos por inundación del municipio de Pradera fueron localizadas y catalogadas como: Archivos, Bibliográficas, Hemerográficas y Bases de Datos. A continuación, se describe y se relaciona los documentos o información adquirida de cada una de ellas:

2.1.3.1. Archivo

Como archivo se designa el lugar que tiene como finalidad la recopilación y conservación de documentos, usualmente producidos en otro lugar y como resultado de la concreción de sus respectivas actividades, que pueden ser, documentos, libros, recortes de diarios viejos, entre otros y que obviamente ostentan una importancia vital a la hora de intentar bucear en la identidad y la

reconstrucción histórica de una nación; éstos pueden ser un lugar de consulta sistemática y recurrente por parte de historiadores, estudiosos de determinados aspectos y bondades del pasado usados como métodos de consulta a la hora de la realización de trabajos especiales. Así, las bibliotecas son los grandes reservorios de archivos de los últimos siglos¹.

En los archivos se localizan una serie de documentos no publicados, en ellos solo se registra la información de la entidad, se utiliza como evidencia de las acciones realizadas y eventos ocurridos. Estos documentos pueden ser actas de visitas, fotografías, fotocopias, documentos de administración, legislación, etc. Estas fuentes, si se considera que su conservación es pertinente, quedan depositadas en un archivo para su recopilación.

Dentro de esta categoría se consultaron los documentos como actas de reuniones, de visitas, certificaciones e informes del Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres -CLOPAD, adscrito a la Secretaría de Gobierno de la Alcaldía de Pradera, esta información fue suministrada por el archivo central de la alcaldía, en el cual se encuentra información de la ola invernal 2010-2011 y los archivos de los reportes de las minutas de guardia del Cuerpo de Bomberos Voluntario de Pradera localizados en sus instalaciones para el año de 1984 y para el periodo 1994 - Febrero 2019

2.1.3.2. Bibliográficas

Las fuentes bibliográficas se refieren a documentos de publicación puntual especializada de un tema específico. En esta categoría se encuentran los libros, informes técnicos de investigaciones, etc.

Se consultaron el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del año 2002, el Plan de Desarrollo de Pradera 2016-2019 y la Zonificación de Amenaza y Riesgo por Avenidas Torrenciales de la Cabecera Municipal de Pradera – Valle del Cauca.

2.1.3.3. Hemerográficas

La fuente hemerográfica se refiere a los documentos de publicación con cierta periodicidad como revista y periódicos, en ellos se registran los hechos y sucesos a nivel local, regional, nacional y mundial.

Algunos de los documentos hemerográficos consultados se localizan en la Hemeroteca de la Biblioteca Departamental Jorge Garcés Borrero y la Biblioteca Mario Carvajal de la Universidad del Valle en la ciudad Santiago de Cali.

En ellas se consultaron los periódicos de orden regional y nacional como el periódico El País y el Tiempo respectivamente.

¹ <https://www.definicionabc.com/historia/archivo.php>

2.1.3.4. Bases de Datos

En la actualidad se disponen de inventarios de desastres no solo a escala global sino también a escala local y regional. Entre estas herramientas, 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, registrados por fecha, lugar y daños asociados a su ocurrencia, entre otros aspectos. Para Colombia, Desinventar dispone de inventarios históricos de pérdidas a nivel de municipios y departamentos.

El resultado de la búsqueda de las fuentes de información para el evento por inundación y avenidas torrenciales se describe en la Tabla 2.1 en ella se registra el nombre de la fuente utilizada para su realización, autor, año, tipología de la fuente, número de páginas y su localización.

Tabla 2.1. Listado de Fuentes de información

N°	NOMBRE DE LA FUENTE	AUTOR	AÑO	TIPOLOGÍA	N° PÁGINAS	LOCALIZACIÓN
1	DesInventar	Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED)	1980- Febrero 2019	Base de Datos	--	En línea http://www.desinventar.org/es/
2	El País	--	1980- Febrero 2019	Periódico	--	Hemeroteca de la Biblioteca Departamental de Santiago de Cali
3	Reporte de Minutas	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera	1984- Febrero 2019	Archivo		Bomberos Pradera
5	Formato para monitoreo, identificación y calificación de zonas de riesgo	CLOPAD	2010-2011	-	-	Alcaldía Municipal
6	Lluvias e inundaciones	Aparicio. J.	2003	Libro	--	En línea http://www.iaem.es/GuiasRiesgos/LluviaeInundaciones.pdf
7	Plan de Desarrollo Municipal	-	2016-2019	-		Alcaldía Municipal
8	Plan Básico de Ordenamiento Territorial para el Municipio de Pradera	Consejo Municipal	2002	-	-	Alcaldía Municipal
9	Zonificación de Amenaza y Riesgo por Avenidas Torrenciales de la Cabecera	CVC-INGEOMINAS	1998	-	-	Alcaldía Municipal, CVC

N°	NOMBRE DE LA FUENTE	AUTOR	AÑO	TIPOLOGÍA	N° PÁGINAS	LOCALIZACIÓN
	Municipal de Pradera – Valle del Cauca					

Fuente: elaboración propia.

2.2. EVENTOS HISTORICOS POR AVENIDAS TORRENCILES E INUNDACIONES

En esta sección se describe el resultado de la búsqueda documental realizada en las diferentes fuentes descritas anteriormente, considerando dos tipos de inundaciones: a) Fluviales, son eventos causados por el desbordamiento de los ríos, zanjones y quebradas en la zona urbana del municipio de Pradera y b) Pluviales, son producto de intensas lluvias generando taponamiento en el sistema de alcantarillado afectando edificaciones y vías.

Muchas de las noticias encontradas no figuran directamente como avenidas torrenciales en el municipio de pradera, puesto que se reportan inundaciones asociadas a fuertes lluvias o colapso de alcantarillado, pero por la cercanía al río Bolo cobraron significancia, además, para los efectos de la historicidad y para la valoración de la vulnerabilidad se hace pertinente tenerlas en cuenta. Para el caso de la cabecera del municipio de Pradera se han identificado afectaciones por inundaciones los cuales se describirán a continuación.

2.2.1. Reportes sobre eventos históricos de avenidas torrenciales e inundaciones pluviales

Es muy importante que las noticias encontradas puedan clasificarse ante el fenómeno que puedan representar, ya que, es frecuente confundir algunos otros tipos de eventos naturales con avenidas torrenciales o que estas sean entendidas como inundaciones. En el transcurso de la búsqueda se apartaron noticias que sin duda corresponden a eventos de inundación pluvial o en otros casos socavación lateral, pero que por su intensidad causaron pánico en la población.

Después de la búsqueda de información en diferentes fuentes, se encontró un total de 69 reportes por inundaciones en la zona urbana del municipio de Pradera, que son relevantes para el periodo comprendido entre 1980 y febrero del 2019. De estas 64 son inundaciones pluviales, 4 se pueden asegurar como avenidas torrenciales y 1 como socavación lateral. En este contexto, la socavación lateral responde a las dinámicas del Río Bolo en zonas susceptibles del cauce, ya sea por el impacto del torrente o por procesos erosivos ligados a otros factores.

Documentos como el Censo Formato Único de Registro de Hogares Afectados por Situación de Desastre, Calamidad o Emergencia para la ola invernal 2010-2011 no fueron incluidos en el conteo de reportes, pues a pesar de que precisa la fecha y los barrios afectados, no precisa el tipo de evento que causó las afectaciones.

En la Tabla 2.2 se muestra el número de eventos y el número de veces por cada año que se han presentado y a partir de ella se realiza el histograma de eventos.

Tabla 2.2. Número de Eventos de Inundación en la Zona Urbana del Municipio de Pradera, Valle del Cauca, en el Periodo 1980 hasta febrero 2019.

AÑO	NÚMERO DE NOTICIAS	AÑO	NÚMERO DE NOTICIAS	AÑO	NÚMERO DE NOTICIAS	AÑO	NÚMERO DE NOTICIAS
1980	0	1990	0	2000	3	2010	1 - 2
1981	0	1991	0	2001	3	2011	1 - 2
1982	0	1992	0	2002	7	2012	0
1983	0	1993	0	2003	4	2013	1 - 3
1984	2	1994	1	2004	5	2014	1
1985	0	1995	4	2005	3	2015	1
1986	0	1996	4	2006	1	2016	2
1987	0	1997	2	2007	1	2017	0
1988	0	1998	4	2008	2	2018	1
1989	0	1999	5	2009	2	2019	1
SUBTOTAL	2	SUBTOTAL	20	SUBTOTAL	31	SUBTOTAL	17
TOTAL= 69							

Fuente: elaboración propia con datos recolectado en la búsqueda de información.

En la Figura 2.7, se muestra el histograma de distribución temporal del número de reportes de eventos (por inundación en color azul (64), avenidas torrenciales en rojo (4) y socavación lateral (1) en verde) encontrados para el municipio de Pradera en el periodo 1980 hasta febrero 2019. Las avenidas torrenciales las cuales son el objeto de estudio se representan en color rojo donde el 31 de abril de 1994 se presentó la primera, seguida de una el 15 de diciembre del 2010, luego se presentó el 12 de noviembre del 2011 (ola invernal) y la última registrada el 23 de diciembre del 2013

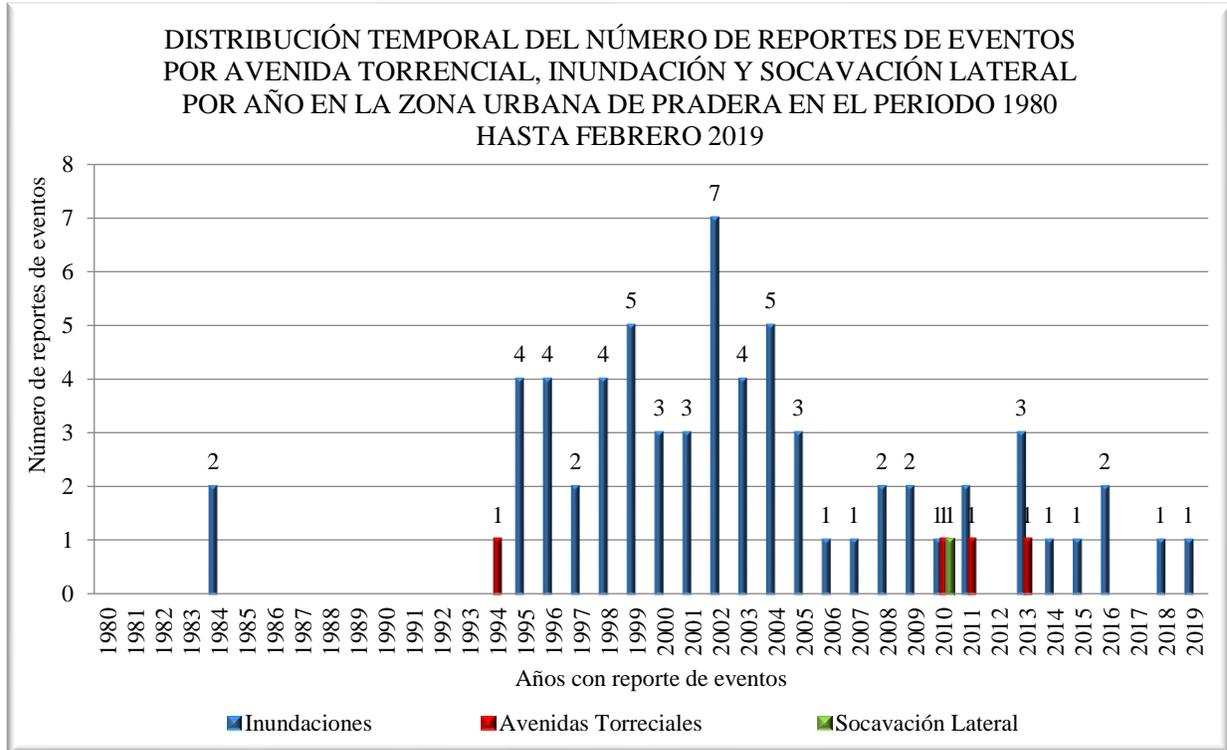


Figura 2.7. Distribución temporal del número de reportes de eventos por inundación por año en la zona urbana de Pradera en el periodo 1980 hasta febrero 2019

Fuente: elaboración propia con datos recolectado en la búsqueda de información

En la Figura 2.8, se presenta la distribución de barrios con reportes de eventos de inundación y avenidas torrenciales en el municipio de Pradera. Aquí es posible observar que los barrios Antonio Ricaurte, Berlín y Comuneros son los barrios con más reportes de inundaciones; las inundaciones presentadas en estos barrios son en su mayoría por problemas de alcantarillado.

Según datos de la Secretaria de Gobierno, durante la ola invernal 2010 – 2011 los barrios que se vieron fuertemente afectados fueron El Bolito con más de 10 familias, Berlín, San Roque, El Cairo, Comuneros, Las Vegas con más de 30 familias afectadas, Manuel José Ramírez, San José, Provienda con más de 30 familias afectadas. En el barrio antiguamente conocido como La Playita se vieron más de 100 familias afectadas, por esta razón las personas afectadas fueron reubicados y este sector demolido.

Es importante precisar que aproximadamente 15 eventos no pudieron ser ubicados debido a que la información sobre la ubicación de dichos eventos no correspondía a una ubicación concreta en la cartografía.

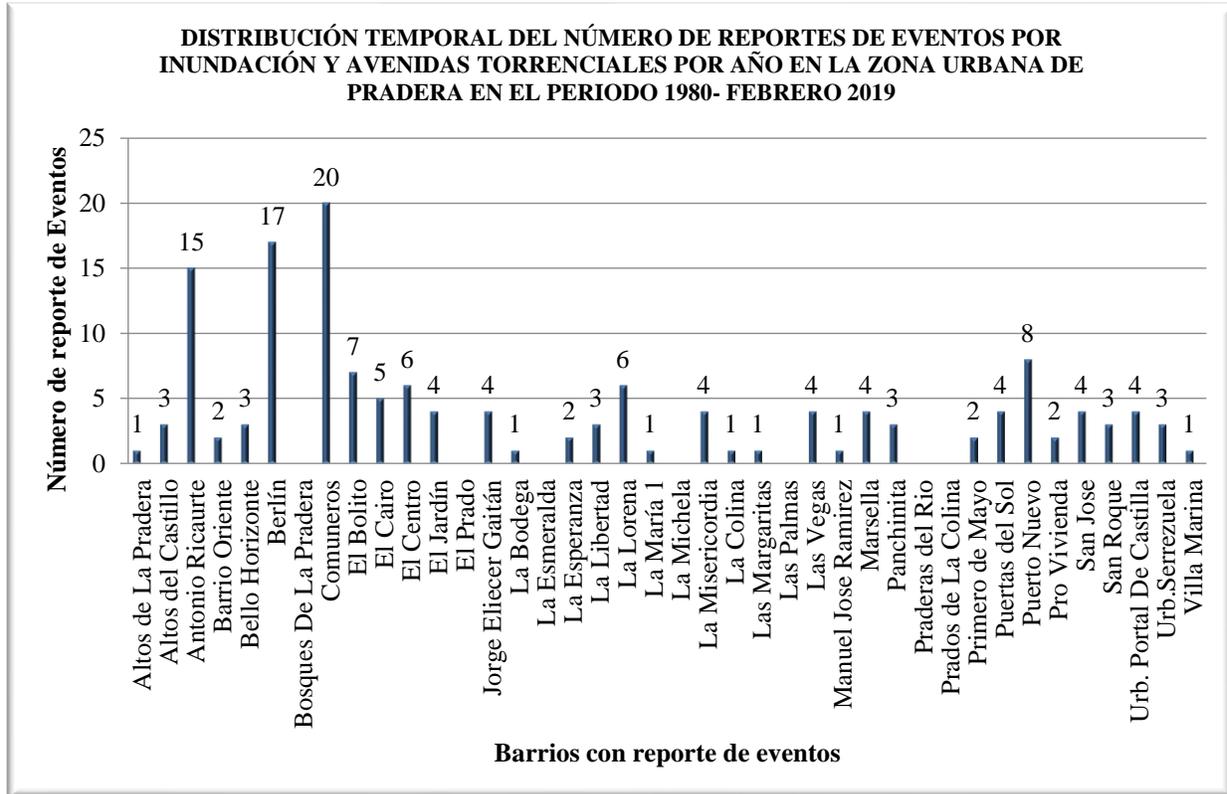


Figura 2.8. Distribución del Número de Eventos por Inundación y Avenidas Torrenciales por Barrios Encontrados en el Periodo de 1980 hasta febrero 2019 en la Zona Urbana del Municipio de Pradera.

Fuente: elaboración propia con datos recolectados en la búsqueda de información.

2.2.2. Descripción y tipificación de eventos de inundación y avenida torrencial

A continuación, se relaciona los reportes asociadas con el fenómeno de inundación y avenidas torrenciales en la zona de estudio. Los reportes se transcriben de sus fuentes en orden cronológico. Al final, se intentó una tipificación de cada evento respecto de ser considerado como inundación fluvial o avenida torrencial, según la descripción dada arriba en este informe.

2.2.2.1. Periódico el País

Avenida Torrencial, 31 de abril de 1994

Gaviria visitó zona de desastre. 11 muertos, 2000 damnificados

Florida llora su drama

Dolorosas escenas que recordaron la tragedia de Armero, se vivieron ayer en Florida. El desastre había sido anunciado por la CVC en un informe del 3 de febrero de 1993. Los damnificados duermen en escuela, en el estadio y en el coliseo municipal. No hay agua potable. Gaviria promete la construcción de un barrio para los afectados. Invierno causa estragos en Pradera, Tuluá, Miranda, Bolívar y Bocas de Satinga. Ver páginas A7/A8/A9/A10.

Florida, un mar de lodo

Una avalancha del río Frayle sembró en la tarde de ayer de fango y zozobra al municipio de Florida, arrasar a tres Barrios asentados en sus Riberas y arrastrar cerca de 400 viviendas, el choque dejó un número indeterminado de desaparecidos, aunque extraoficialmente se dijo que eran 40.

Tres cadáveres fueron rescatados de las aguas, entre ellos una niña. Los dos adultos fueron identificados como Marisol Cifuentes y Agustina Lemus. Las aguas embistieron con furia los barrios El Pedregal 1 y 2 el paraíso, el Prado, fajardo, brisas del Frayle y La Playita, tienda los tres últimos los más afectados por cerca de 20000 personas.

La Playita desapareció. De sus 300 casas sólo 5 quedaron en pie. La mayoría de sus habitantes abandonaron el sitio ante el estrépito de las aguas embravecidas

Las autoridades no mencionaron una cifra sobre desaparecidos, pero, en el solo barrio la playita, los vecinos decían que eran 10.

Anoche, las autoridades calculaban en 400 las familias damnificadas y se habilitaron como albergues el estadio y el coliseo municipal.

Además del Frayle, se desbordaron los ríos Santa Bárbara y Limones

Los organismos de Socorro informaron que por lo menos el 80% del perímetro urbano fue inundado. En pleno centro, las aguas alcanzaron niveles hasta de 2 metros.

Las calles principales, incluso el parque central, quedaron convertidos en río, el Hospital Regional quedó aislado por montones de lodo y grandes piedras.

A las 7 pm un voluntario reportó entre lágrimas que había ayudado a rescatar los cuerpos de dos personas, incluyendo una niña, que iban arrastradas por uno de Los Arroyos que se formó en las calles principales de Florida, municipio de 86000 localizado a 42 km del sur oriente de Cali.

Las autoridades pidieron la ayuda del comité operacional de emergencias del departamento y de Cali ante la magnitud de los hechos.

El río fue represado a la altura del sector de Brisas del Frayle cuando la avalancha averió el puente balsilla a la salida de Florida por la vía que comunica con miranda, en límites con el departamento del cauca

El puente se desplomó y el valle quedó incomunicado del departamento del cauca por ese sector.

Hace un año, río se desbordó a partir del barrio El Paraíso y arecio contra el mismo sector de la playita afectando a 40 familias. El alcalde dispuso su reubicación, pero la zona fue nuevamente invadida. En esa ocasión, al igual que en semana santa de 1976, tampoco hubo víctimas.

Hacia las 7 de la noche el cuerpo de bomberos de Cali envió 10 de sus máquinas para ayudar a controlar la emergencia. Humberto López, primera autoridad del municipio, dijo que 3 horas después la situación seguía igual y poco se había podido hacer por Los afectados, " necesitamos ayuda urgente porque la gente ha quedado sin sus enseres domésticos. Estamos recibiendo frazadas, cobijas y alimentos".

"Perdimos todo. No nos quedó nada, ni la casita. Las camas, todo, se lo llevo el río", dijo una señora que completamente cubierta de barro subía desde el barrio la playita.

Tanto por el centro de la ciudad como por los sectores inundados sólo podían transitar vehículos pesados dado el volumen de barro lo que llevo a las calles del municipio.

Adriana Saldaña, secretaria del Consejo de Florida, " esto parece una playa, nunca lo había visto".

Tres niñas, identificadas como Ángela, Lorena y Elsy permanecían sobre el planchón de su residencia a la espera de que las aguas bajaran, mientras a sus pies el río pasaba embravecidos.

Sin agua.

A la emergencia provocada por las inundaciones en Florida, se sumó la suspensión del servicio de agua potable al ser afectada la boca toma del Acueducto municipal.

Ante esto, las autoridades pidieron apoyo a los cuerpos de bomberos de Cali, Pradera, Candelaria y Palmira, para que abastecieran a la población.

Igualmente, más de cuatro barrios quedaron sin energía, hecho que agravó todo, por cuanto decenas de personas tuvieron que movilizarse a oscuras en medio de toneladas de lodo.

En Pradera, emergencia

Pradera también sintió ayer los estragos del invierno, al desbordarse el Río Bolo, se obligó a evacuar 180 familias que habitan en una invasión ribereña.

El Bolo creció de un momento a otro y sólo el ruido de las aguas permitió que las familias desocuparan en las casas a toda carrera. (Ver Ficha AT – 1)

2.2.2.2. Archivo del Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera

Avenida Torrencial, 15 de diciembre del 2010

17:00. Sale la m3 conducida por el cabo Ramiro Garcia Arango con el Bro Luis A. López, Bro Luis Carlos Daza hacia la calle 6 con cara 16 a una inundación informada por la señora Ines Rivas del tel 2672491 y cra 6 # 8-55 informado por la señora Maria del Carmen luego a serrezuela ella informa la Sra. Maria Elba Castillo luego a comuneros informa la sra. Amparo

Narvaez cll 10 car 20 tel 3218150810 luego a Portal de Castilla enseguida del industrial informa James Lopez tel 2671338 luego a Villamarina informa la [...]

17:30. Sale la M2 conducida por el Bro Oscar Puentes con el tte Rodolfo Paredes a apoyar la M3 en las labores antes mencionadas Acuartelados Bro Osorio, Bro Martinez.

17:40. Informa el señor Andres Steven Sanchez del tel 2670524 de que el rio se llevó una vivienda del sector de las vegas en la cra 9 al sitio se dirige la M3. Informa la M3 de que el rio se encuentra bastante crecido mucho más que veces anteriores, se hizo procedimiento de informar a la comunidad, pero la gente del sector no presta mucha atención informa ademas que se llevó una vivienda en su totalidad y la gente que ha evacuado ya no tiene a donde ir ya que la escuela que hay de albergue se encuentra llena, por medio del stte. Oswaldo Benavides se hace comunicado a la administración municipal del incidente, confirmando que el señor Alcalde se apersonará de la situación El propietario de la vivienda es el señor Jose Luis Hurtado con cédula 6'4007.625

18:40 Informa el Bro Lopez que a la hora anotada se dirige en la M2 con el tte Rodolfo Paredes a una reunión con la administración municipal a tratar el tema de una nueva zona de albergue para las familias afectadas.

19:25 Regresa la M2 como novedad que se ha dispuesto como nueva zona de albergue el centro recreaciones para alojar cinco familias afectadas por que en la sede librada lozano guerrero hay afinamiento que incluso ha generado problemas de orden público (agresiones con arma blanca). La defensa civil quedo a cargo del traslado de las familias en mención. Km 400250

20:00 Informa El cabo Camacho de que Realizando inspecciones en el sitio de la emergencia se notan 6 propiedades afectadas sin pérdida de vidas humanas, dentro de las cuales se encuentran la finca los Escobares, propiedad de la señora Blanca Cecilia Arias y la finca Villabonita. El bro Lopez informa que la comunidad le informo de un señor de mucha edad atrapado por las corrientes del rio en la invasión del puente madre (Ver Ficha AT – 2)

Avenida Torrencial, 23 de diciembre del 2013

08:45 Rio crecido casa colapsada. Sale la M3 conducida por el bro camilo Feijo al mando de ste Yobany Herrera, disponibles sgtto lino garcia, bro Nuñez, para el Barrio Marsella Casa 17 llevn cámara, portátil. A verificar una casa que está en la orilla del rio y colapso Guardia bra Rosa Campo 3 toques sirena.

08:55 El rio está bajando bastante crecido se evidencio que se llevó el techo de una vivienda y la bancada. Informa el ste Herrera y pide apoyo Km 24 719 bro paz

09:08. En la patrulla de la policía salen unidades de cruz roja para ayudar a evacuar a ka personas en el barrio Marsella y Defensa Civil

[...]

10:15. Informa la M3 que la situación está controlada y se dirigen para el barrio Marsella a seguir evacuando las personas de la orilla del Rio Bolo

10:58. Sale la M2 conducida por el comandante tte Rodolfo Paredes y el bro Robinson Zarama para el Barrio Marsella de apoyo a la emergencia, lleva portátil # 6 y pantalla de radio km 472620

Guardia bra Rosa Campo.

11:15. Informa el comandante que se dirige a la calle 11 # 19-65 hacer una inspección ocular con el sgtto lino garcia y el bro zarama para verificar el hundimiento de la calle del B/ Comuneros, informó la señora yeimi santa cruz cc 1.112.224.075 tel 3206495822

Guardia bra Rosa Campo

11:45. Regresa la M2 con el personal antes anotado se reporta que en la dirección se encuentra un área de aproximadamente 16 metros cuadrados con hundimiento en la bancada de la vía y grietas profundas con oposición de redes de alcantarillado que presentan rupturas en el sitio se encontraba una persona con vínculo laboral con los contratistas de la obra de pavimentación que estaba haciendo el reporte respectivo y se comprometió hacer las reparaciones respectivas, incluida la compactación de tierra en el transcurso del día de hoy entrega cámara y pantalla de radio km 472625

Guardia bro Rosa Campo

11:48. Sale la M1 conducida por el sgtto Lino garcia disponible bro Robinson Zarama a llevar agua al ancianato divina providencia lleva portátil [...]0223-4 autorizado por el comandante Guardia bra Rosa Campo

12:20. Reporta la M1 que terminan el servicio de agua en el ancianato y se dirigen al coliseo a llenar unos tanques de agua para las personas que evacuaron del Barrio Marsella autorizado por el comandante- Guardia bra Rosa Campo

12:20 regresa la M3 con el personal antes anotado al llegar al sitio se encontró que por la persistente lluvia rio creció en su caudal y colapsaron 5 casa en alto riesgo y se encontraron 11 casas en riesgo moderado, están entre unos seis metros de proximidad las afectadas y se relacionan a continuación:

Casa 17: propietario Ferney nuñez cc 94'46[...]16 habitantes 10, la casa colapso totalmente se le perdieron algunos enseres

Casa 10: Dario andres Gomez, cc 1. 112 221 890 habitantes 3 hubo perdida de la mitad de la vivienda

Casa 9: Maria Saturia arenas, 5 habitantes perdida en la mitad de la vivienda

Casa 15A: Marcela orejuela 4 habitantes perdida de la mitad de la vivienda

Viviendas en alto Riesgo

Casa 10: propietario Sergio Benavidez, cc 53327[...] habitantes 1 el rio pega a menos de un metro en la parte trasera de la casa

Casa 14: Maria Elena Ortiz, cc 31488.038 1 habitante el rio pasa a menos de un metro de distancia.

Casa 31: Miralba Velazco 4 habitantes, Casa 33: 7 habitantes Aracelly Arenas. Cc 29705,99[...] Casa 34 mariela Jaramillo 8 hab, cc 29 702 904. Casa 22 Mabel chica, 4 hab 66 886 752 Casa 233 William Valencia 5 hab 6.408[...], Casa 5 Rosa Herrera 5 hab, Rosalba Chapi, 66 886 752 7 hab, casa 33. Casa 21: Justo Rodriguez, 11 habitantes, casa 1 A 54 Daney Correa 3 hab, 1 A 53 Eliza Correa, 2 habitantes 1ª – 52 Luis Rodriguez, 2.239.914 1 hab, casa 236 Jose Uber Arenas, 6.400.820 2 hab, casa esterilla parte alra , Omar Antonio, alcalá, 2.400.820 el río pasa al menos de un metro de distancia y la última vivienda se encuentra sobre la curva frente al río.

Viviendas en riesgo moderado.

Casa 23 A Jhon Henry Salas cc. 6.406.456 6 habitantes

Casa 27 Martha Lucia Carmo, 29'504.239 7 habitantes

Casa 30 A Jose Ivan Dominguez, 1.112.218960 6 habitantes

Casa 259 Flor maria Criolla 519.91469 4 habitantes

Casa 217 lenny Ordoñez cc 29' 706 449 4 habitantes

Casa 215 Maria Inelda Fernandez, 29 703 068 4 habitantes

Casa 214 Viviana Ordoñez cc 29' 706 068 4 habitantes

Casa 257 Gloria Deisy Herrera 1.112.220.723 6 habitantes

Casa 244 cc 29 702 505 maria olga Muñoz [...] habitantes

Casa 241 Luz marina Muñoz cc 29'702.505 3 habitantes

Casa 1ª 66 Laidy jhoana arenas 1.112.222.414 4 hab.

Estas viviendas están entre 1 y 3 metros de distancia del río

En total son: cinco viviendas colapsadas con seis familias y 28 habitantes

Once viviendas en riesgo moderado con once familias y cincuenta y seis habitantes (AT – 4)

2.2.2.3. Archivo Secretaria Gestión del Riesgo de Desastre

Avenida Torrencial, 12 de noviembre del 2011

INFORME DE ATENCIÓN DE EMERGENCIA POR INUNDACION Y ACOMETIDA DEL RIO BOLO EN EL SECTOR DE LAS VEGAS SABADO 12 DE NOVIEMBRE DE 2011

En nuestra condición de Comandante y Unidad al mando del incidente permitimos relacionar las diferentes actividades desarrolladas durante el operativo de atención a la emergencia citada:

HORA SALIDA	MAQUINA/ UNIDADES	DIRECCIÓN EVENTO	
7:10	M-3/4	BARRIO LAS VEGAS CARRERA 10 CASA 21	El río acometió contra esta vivienda, llevándose la parte del patio y parte de una habitación, se procedió a evacuar inmediatamente
		BARRIO LAS VEGAS CARRERA 10 CASA SILVIA MARTINEZ	El río acomete contra esta vivienda, llevándose completamente lo que había de patio, colapso totalmente lo que había adecuado como cocina y el peligro es inminente.

Participaron en la atención de dichas emergencias cuatro (04) Unidades Bomberiles: Stt. Samuel Orozco Gallego, Stte Geobany Bastidas, Bro. Maquinista Edison Gutiérrez y Bro. Joaquín Eladio Osorio

Se recibió el llamado de Auxilio por parte de la señora Damaris Núñez y Lina María Jaramillo líderes del sector y se efectuaron dos (02) toques de Sirena.

Según reporte de Unidades del Cuerpo de Bomberos, por las fuertes lluvias que se han ocasionado y de manera constante en toda la noche, el río bolo ha aumentado considerablemente su caudal afectando la mayor parte de este sector, por cuando el río ha acometido contra varias de estas viviendas causando daños materiales de su propiedad llevándose de paso los solares que estaban cultivados con colinos de plátano y en las 2 casas relacionadas causaron daños en cocina y cuartos de habitación de las mismas, las personas a cargo de estas viviendas son Telefra Rivas quien vive en la casa 21 con carrera 10 donde viven tres (03) familias con diez (10) personas a su cargo incluyendo niños, la señora Silvia Martínez con cuatro (04) personas a su cargo del mismo sector.

En ambas se presentó pérdida de parte del inmueble y continúan con una amenaza latente por la ola invernal en la que estamos, a eso se suma la irresponsabilidad de la gente de arrojar basuras en el lecho del río lo cual contribuye a que se formen palizadas y que al final hace que el río coja mayor fuerza.

El procedimiento nuestro se limitó a apoyar estas familias en la evacuación de la parte afectada hacia donde podían salvaguardar sus enceres en la misma vivienda después de realizar una inspección ocular al sitio de la cual se deja constancia en fotografías, se dieron las recomendaciones del caso para evitar pérdidas humanas

Recomendación: cabe anotar que hay un inmueble donde el río ha acometido con mayor fuerza al momento de que este llegare a colapsar, podríamos estar ante un posible efecto domino con las demás viviendas por cuanto es esta la que soporta la fuerza que en estos momentos trae el caudal del río Bolo,

Lo anterior para los fines pertinentes,

Dado en Pradera Valle a los once (11) días del mes de Noviembre de Dos Mil Once (2011).
(Ver Ficha AT – 3)

A continuación, la Tabla 2.3 se presenta la tipificación de cada uno de los eventos por inundación, que afectaron en la zona urbana del municipio de Pradera en el periodo de 1984 hasta febrero 2019.

Tabla 2.3. Tipificación de los reportes de eventos por inundación y avenidas torrenciales en la zona urbana del municipio de Pradera

FECHA DEL REPORTE DEL EVENTO	FLUVIAL TORRENCIAL	PLUVIAL
26/04/1984		X
27/04/1984		X
31/01/1994	X	
30/10/1995		X
03/11/1995		X
19/11/1995		X

FECHA DEL REPORTE DEL EVENTO	FLUVIAL TORRENCIAL	PLUVIAL
29/11/1995		X
05/02/1996		X
03/04/1996		X
30/04/1996		X
02/11/1996		X
27/01/1997		X
05/02/1997		X
01/05/1998		X
01/06/1998		X
16/07/1998		X
22/09/1998		X
10/01/1999		X
30/04/1999		X
25/08/1999		X
11/09/1999		X
01/10/1999		X
26/02/2000		X
23/10/2000		X
27/12/2000		X
15/03/2001		X
16/03/2001		X
13/12/2001		X
05/03/2002		X
23/03/2002		X
24/04/2002		X
09/11/2002		X
13/11/2002		X
04/12/2002		X
08/12/2002		X
09/05/2003		X
11/05/2003		X
22/08/2003		X
08/10/2003		X
06/03/2004		X
28/08/2004		X
20/10/2004		X
21/10/2004		X
02/11/2004		X
16/03/2005		X
24/04/2005		X
20/06/2005		X
07/03/2006		X
16/10/2007		X
21/02/2008		X
13/04/2008		X
29/04/2009		X
03/05/2009		X
02/12/2010		X
15/12/2010	X	
24/03/2011		X
07/11/2011		X
12/11/2011	X	
12/02/2013		X
14/02/2013		X
18/11/2013		X

FECHA DEL REPORTE DEL EVENTO	FLUVIAL TORRENCIAL	PLUVIAL
23/12/2013	X	
26/09/2014		X
01/10/2015		X
18/05/2016		X
01/10/2016		X
09/07/2018		X
23/02/2019		X

Fuente: elaboración propia con datos recolectados en la búsqueda de información

2.2.3. Mapa de inundaciones pluviales y avenidas torrenciales históricas del municipio de Pradera periodo 1980 hasta febrero 2019

Para la elaboración cartográfica de los mapas de inundaciones y avenidas torrenciales históricas del municipio de Pradera se utilizaron dos metodologías en el procesamiento de los datos encontrados en las diferentes fuentes de información, el primero es la Densidad de Kernel para reportes de lugares puntuales y la segunda el modelo digital de Terreno -DTM- para reportes de barrios sin que se asocie a un lugar específico.

La Figura 2.9, presenta el mapa de reportes de eventos por inundación y avenidas torrenciales en direcciones y segmentos, de carácter Pluvial se observa en color azul claro y en Fluvial los de color azul rey. Al espacializarlos se logra constatar que los barrios con mayor número de eventos puntuales por inundación son: Marsella, Comuneros, Berlín, Antonio Ricaurte, El Bolito. Aun así, es importante reconocer que se observan barrios como Marsella, Urbanización Serrezuela, San Roque, San José y Centro los cuales, a pesar de no presentar un gran número de eventos puntuales por inundación, sí presentan un número considerable de segmentos. Los segmentos representan los eventos cuyas relatorías en lugar de indicar una zona concreta, ubicaban el evento entre un sitio A y B. En la Figura 2.10 se espacializan los barrios que presentan mayor, mediana y baja frecuencia de reportes de inundación donde los de mayor frecuencia (> de 18 reporte) son los barrios: Antonio Ricaurte, Berlín y Los Comuneros. En mediana frecuencia (entre 12 y 5 reportes) se encuentran Villa Marina, La Lorena, Serrazuela, Puerto Nuevo, El Bolito, El Centro, La Misericordia, El Cairo, Puertas del Sol y Manuel José Ramírez, con menor frecuencia (< de 4 reportes) se tienen el resto de barrios del municipio como lo son Las Vegas, Marsella, Primero de Mayo, Jorge Eliecer Gaitán, Libertadores, El Jardín, entre otros.

En las Figura 2.12 y Figura 2.13, se presentan los mapas de eventos históricos aplicando la densidad de Kernel, en el cual se clasifica la densidad de eventos Alta en rojo, Media en amarillo, Baja en verde y Nula en blanco. En estos mapas se espacializa la densidad de reportes de inundación pluvial y fluvial por separado, en la figura 2.12, se tienen los de carácter fluvial concentrados en los barrios Las Margaritas, El Jardín, Manuel José Ramírez y Antonio Ricaurte presentando una densidad alta – media; en los barrios Primero de Mayo y El Berlín se presenta una densidad de reportes de historicidad de media con tendencia a baja, asociados a la quebrada Bolitinda y al río Bolo. Por otra parte en la figura 2.13 se espacializan la densidad de registros de inundación de carácter pluvial con mayor cantidad de reportes en el área urbana del municipio, siendo el sector de Los comuneros el que presenta mayor cantidad de registros por inundación pluvial las cuales pueden estar asociadas al mal estado del alcantarillado y a fuertes precipitaciones, también se presenta concentración de reportes con densidad media en los barrios de Puerto Nuevo, San José, Panchinita, La Misericordia, altos del Castillo, Las Margaritas, Antonio Ricaurte y La Libertad; en el sector de

Las Vegas, Berlín, Barrio Oriente, Provienda, entre otros hay al menos un reporte de inundación de orden pluvial y se espacializa en color verde.

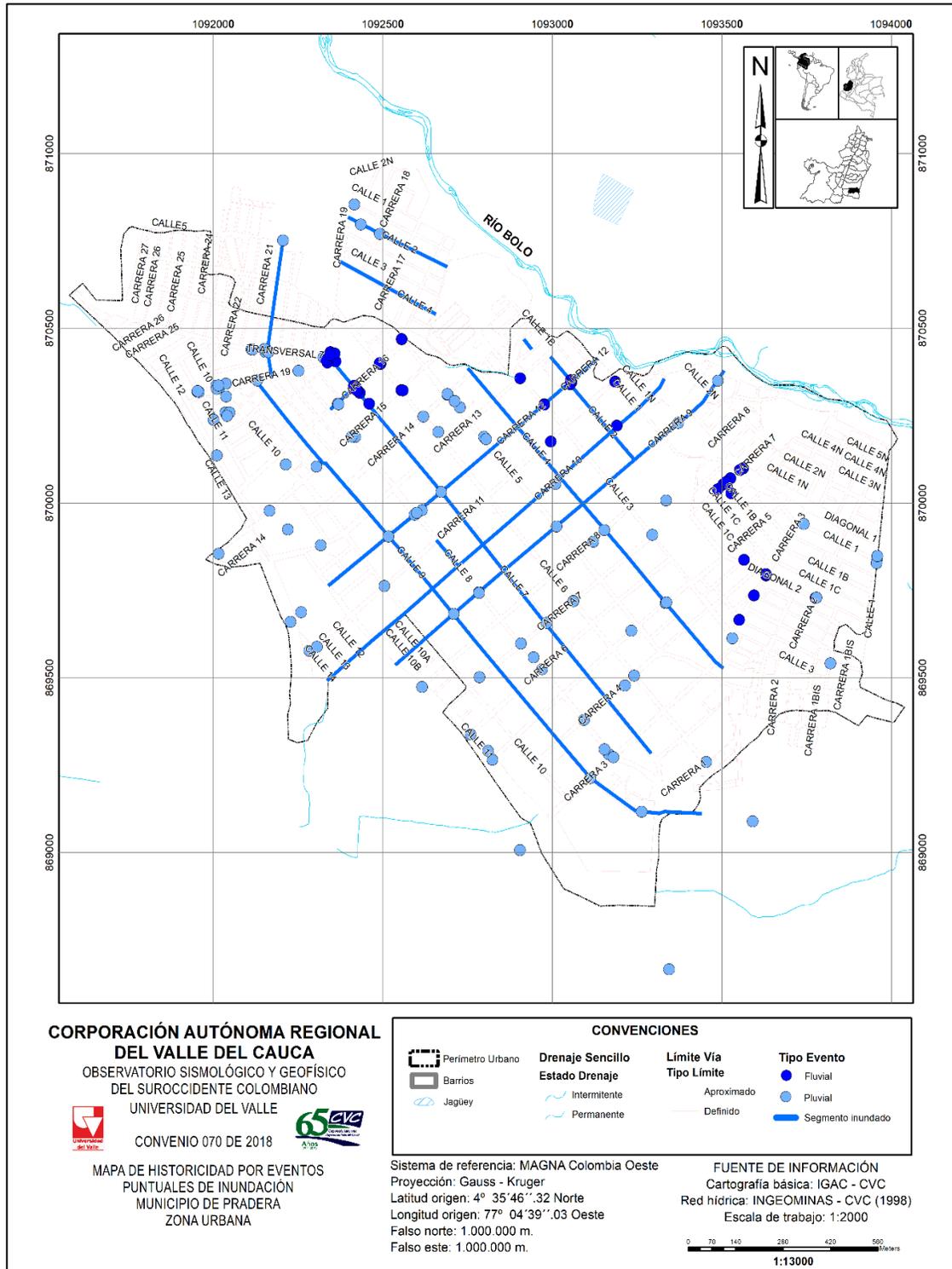


Figura 2.9. Mapa de historicidad por eventos puntuales de inundación en la zona urbana del municipio de Pradera.

Fuente: elaboración propia con datos de cartografía básica IGAC-CVC

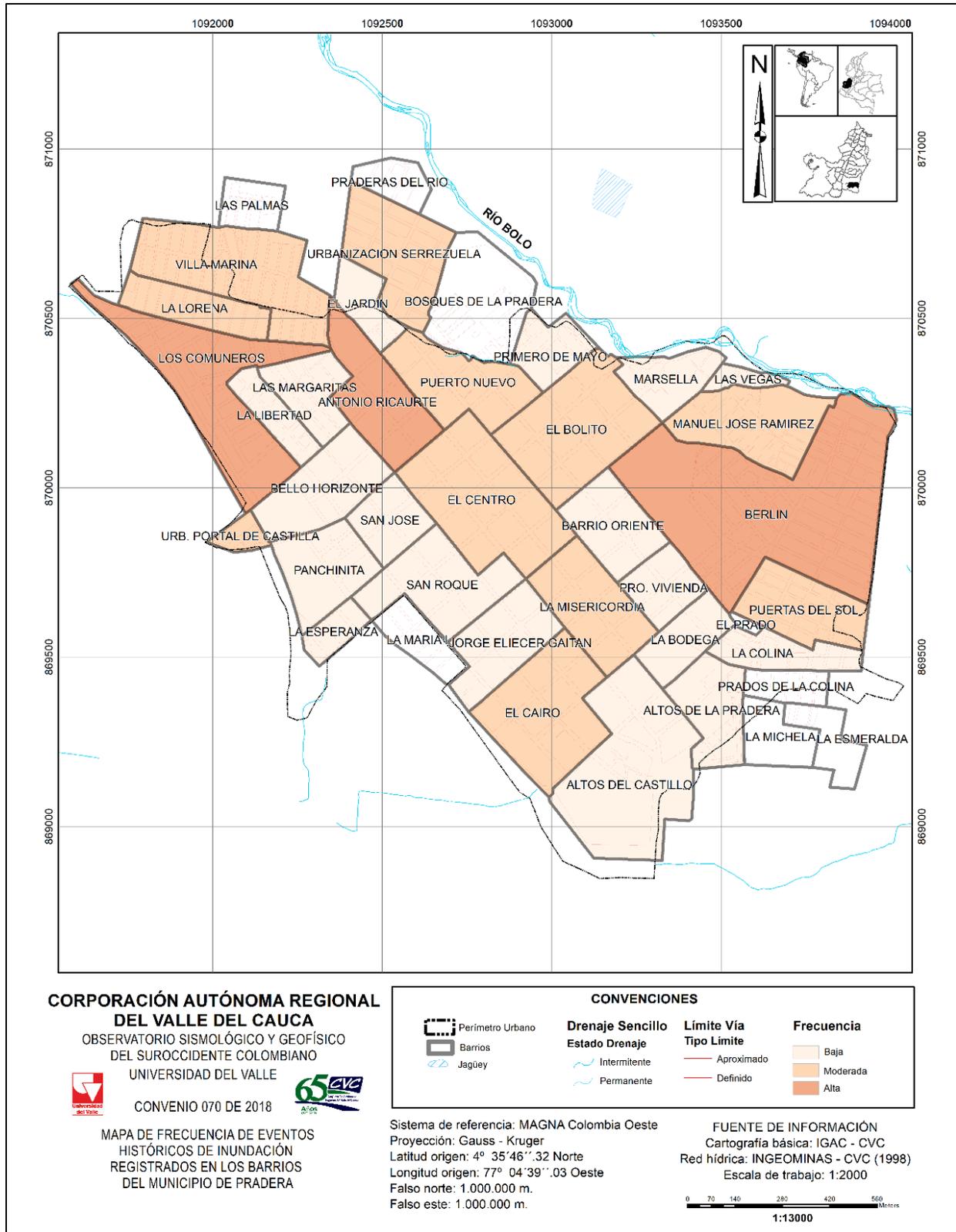


Figura 2.10. Mapa de frecuencia de eventos históricos de inundación registrados en los barrios de la zona urbana de Pradera

Fuente: elaboración propia con datos de cartografía básica IGAC-CVC

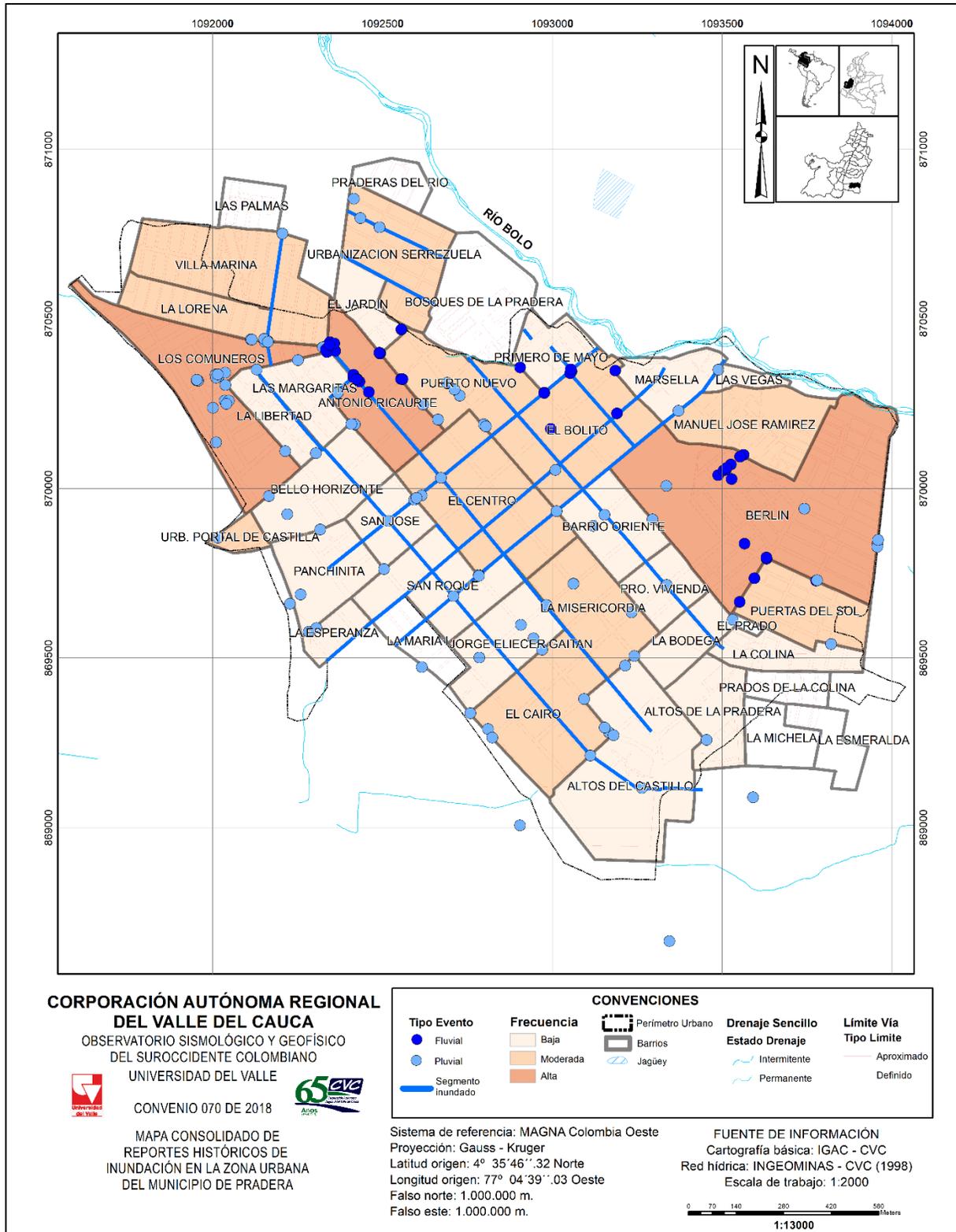


Figura 2.11. Mapa consolidado de reportes históricos de inundación en la zona urbana del municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia con datos de cartografía básica IGAC-CVC

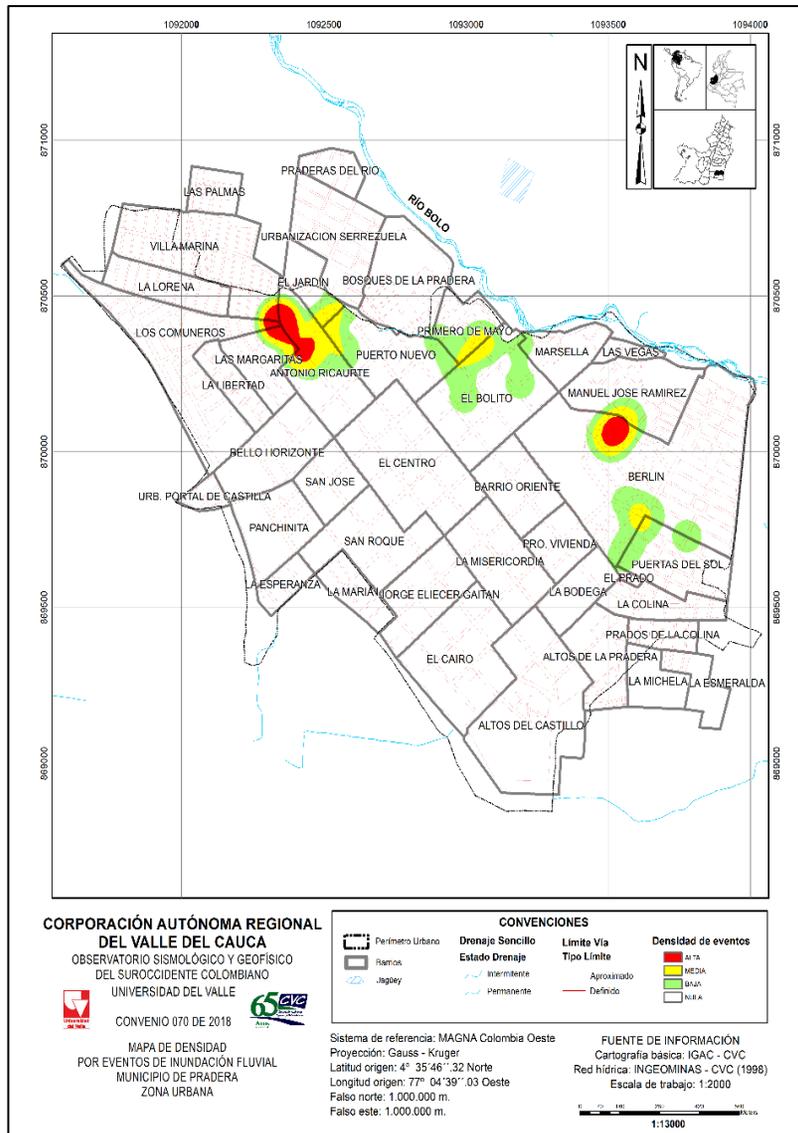


Figura 2.12. Mapa de densidad por eventos de inundación fluvial en el área urbana del municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia con datos de cartografía básica IGAC-CVC

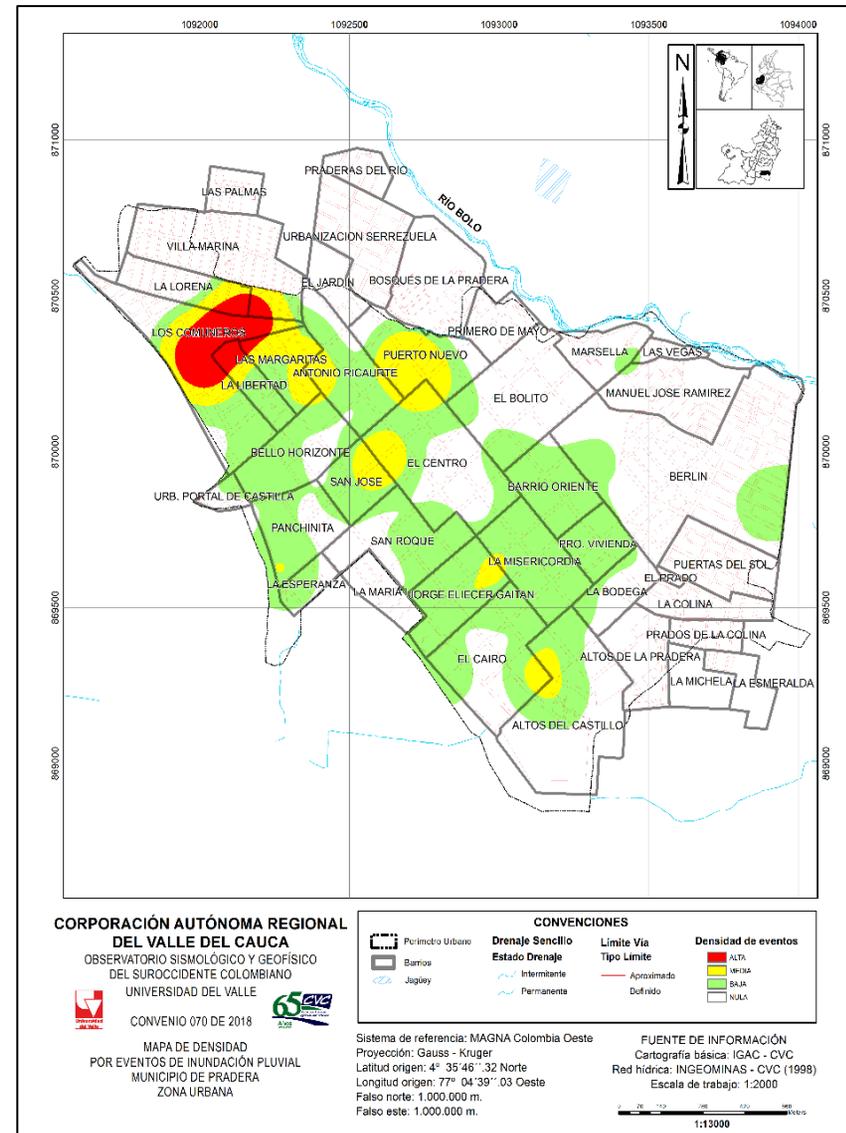


Figura 2.13. Mapa de densidad por eventos de inundación pluvial en el área urbana del municipio de Pradera

No se puede desconocer que el tipo de inundación relevante para este estudio son las avenidas torrenciales, por lo tanto se hace necesario espacializar los reportes históricos de este evento específicamente, en las Figura 2.14 y 2.15 se visualizan los reportes de avenidas torrenciales históricas donde se mencionan los barrios y las direcciones puntuales, en la figura 2.14 se identifica que son los barrios Villa Marina, Los Comuneros, Portal de Castilla, Marsella, Las Vegas y Berlín, los que se han visto afectados por avenidas torrenciales a causa del Rio Bolo y la quebrada Bolitonda en el área urbana del municipio. Además, la figura 2.15 indica que los segmentos que comprenden la calle 4 y las carreras 9 y 10 junto con los barrios que las comprenden se han visto afectados según los reportes históricos de avenidas torrenciales en el municipio de Pradera.

Finalmente se presenta en la Figura 2.16. Mapa consolidado de reportes históricos de inundación por avenida torrencial en la zona urbana del municipio de Pradera, el cual comprende la cartografía pluvial y fluvial por barrios y direcciones específicas.

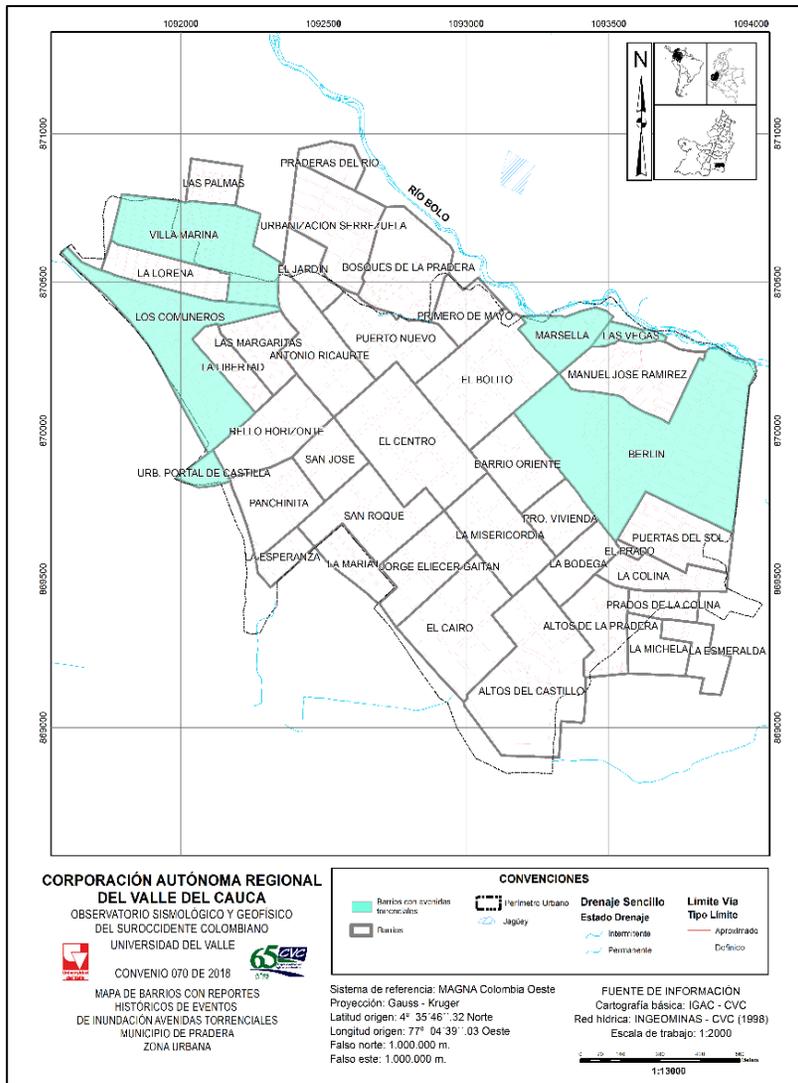


Figura 2.14. Mapa de barrios con reporte histórico de eventos de inundación por avenida torrencial en la zona urbana del municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia con datos de cartografía básica IGAC-CVC

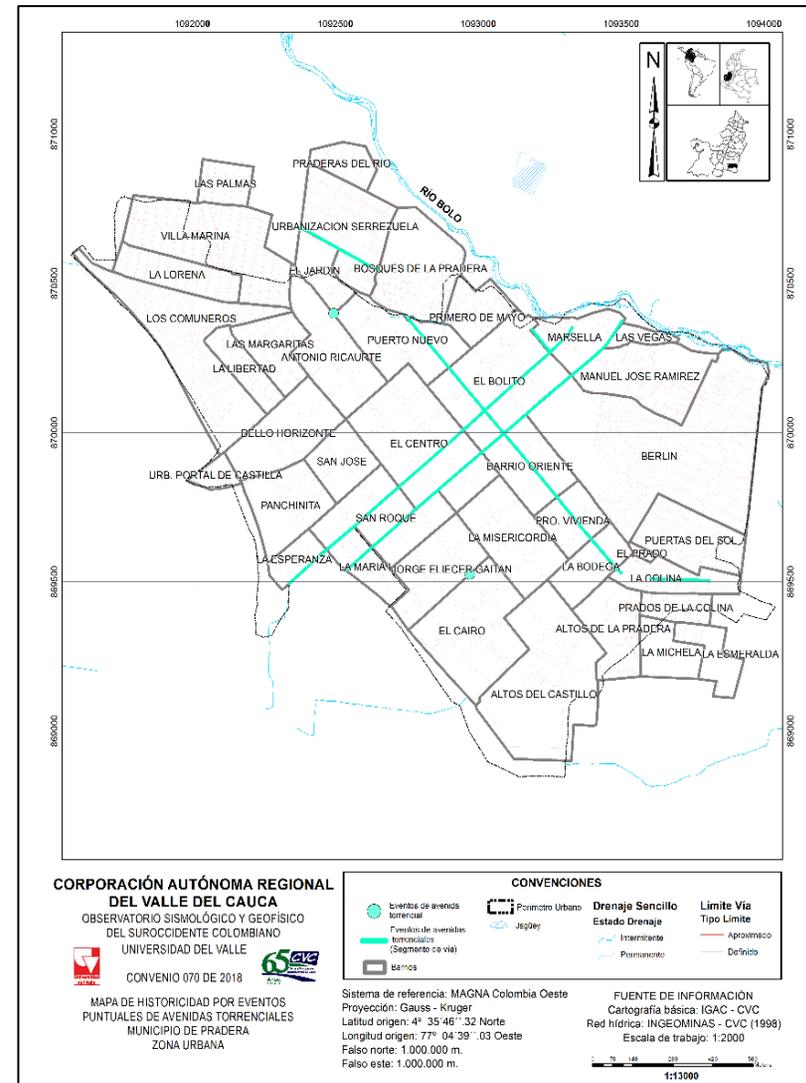


Figura 2.15. Mapa histórico por reporte de eventos puntuales por inundación por avenidas torrenciales en la zona urbana del municipio de Pradera

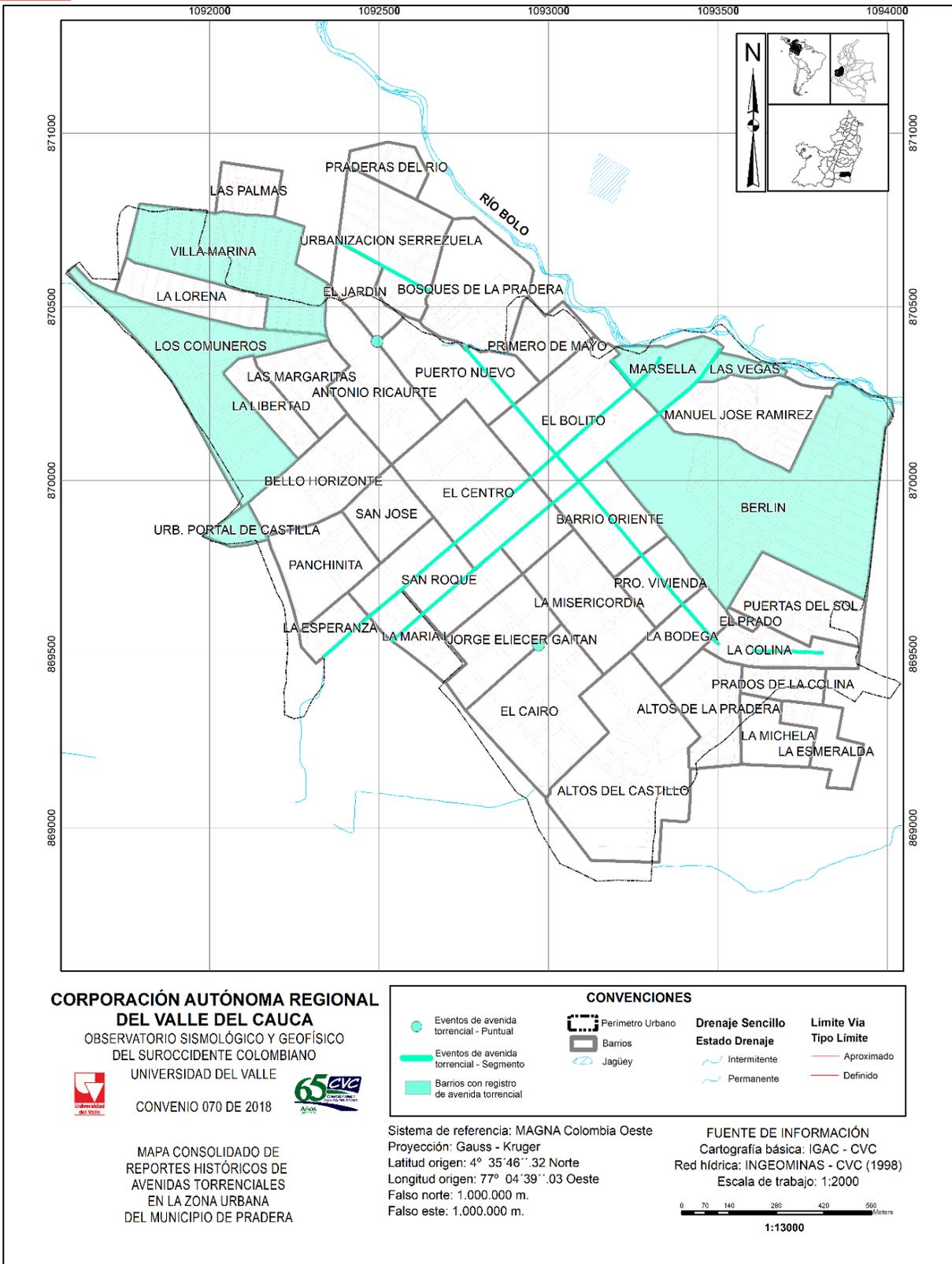


Figura 2.16. Mapa consolidado de reportes históricos de inundación por avenida torrencial en la zona urbana del municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia con datos de cartografía básica IGAC-CVC

2.2.4. Inventario general de reportes por eventos históricos de avenidas torrenciales de la zona urbana del municipio de Pradera periodo 1980- febrero 2019

A continuación se presenta el inventario de reportes por avenidas torrenciales en el área urbana del municipio de Pradera Tabla 2.4, como anexo en el Anexo 1 se presenta el inventario general de los eventos históricos de inundaciones pluviales y en Anexo 1.2 la socavación lateral en la zona urbana del municipio de Pradera, el periodo 1980- Febrero 2019

1. ID: número de la Ficha del evento
2. Fecha del reporte del evento: día/mes/año
3. Afluente: río
- Localización
4. Urbana: define el área o lugar de afectación
5. Barrio: lugar que fue afectado por el evento
6. Dirección: lugar que fue afectado por el evento
7. Causa: define si es por desbordamiento o colapso del sistema de alcantarillado
- Afectaciones
8. N° Viviendas Afectadas: es la cantidad de viviendas que se reportan
9. N° Damnificados: cantidad de personas afectadas por el fenómeno
10. Pérdidas Económicas: define las pérdidas de los enceres, infraestructura y cultivos
11. Otros: es la información que no se logra clasificar en las anteriores casillas
12. Observaciones : es la información que se da de los reportes
13. Tipo de fuente de información: si es documento, libro, periódico, base de datos
14. Localización: Lugar donde se encuentra la información

Tabla 2.4. Reporte de eventos de avenidas torrenciales en el área urbana del municipio de Pradera durante el periodo 1980 – febrero del 2019

INVENTARIO DE AVENIDAS TORRENCIALES EN EL MUNICIPIO DE PRADERA DURANTE EL PERIODO 1980 - FEBRERO 2019													
ID	FECHA DEL EVENTO	AFLUENTE	LOCALIZACIÓN	SECTOR		CAUSA	AFECTACIONES				OBSERVACIONES	TIPO DE FUENTE DE INFORMACIÓN	LOCALIZACIÓN
	DÍA/MES/AÑO		URBANA	BARRIO	DIRECCIÓN		N° VIVIENDAS AFECTADAS	N° DAMNIFICADOS	PERDIDAS ECONOMICAS	OTROS			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
AT-1	31/04/1994	Río Bolo	X	Las Vegas	ND	Lluvias	ND	ND	ND	ND	Desbordamiento del Río Bolo	Periódico- El País, Convenio CVC- Ingeominas de Zonificación de Amenaza y Riesgo por Avenidas Torrenciales de la Cabecera Municipal de Pradera-Valle del Cauca	Hemeroteca, Biblioteca Departamental Jorge Garcés Borrero , en línea
AT-2	15/12/2010	Río Bolo	X	ND	Calle 6 # 16	ND	ND	ND	ND	ND	Creciente del río Bolo	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				ND	carrera 6 # 8 - 55		ND						
				Serrezuela	Calle 4		ND						
				Comuneros	Calle 10 # 20		ND						
				Portal de Castilla	ND		ND						
				Villa Marina	ND		ND						
				Las Vegas	carrera 9		1						
AT-3	12/11/2011	Río Bolo	X	ND	carrera 10	Palizada del Río	2	14	ND	ND	ND	Informe de Emergencia- Cuerpo de Bomberos	Secretaría de Gestión del Riesgo Pradera

ND: No hay dato

Fuente: elaboración propia

2.3. TALLER DE SOCIALIZACIÓN Y VALIDACIÓN

La socialización y validación de resultados se realizó el día 29 de mayo del 2019 en el Cuerpo de Bomberos Voluntario de Pradera mediante un taller participativo entre los actores. El taller tuvo como objetivo presentar la información compilada de los reportes de inundaciones y movimientos en masa en el área urbana del municipio, posteriormente a través del dialogo de saberes con los participantes se validaron y complementaron los resultados expuestos.

En la materialización de esta actividad se contó con la asistencia de representantes de las diferentes dependencias de la alcaldía municipal como Secretaria de Gobierno en la cual, si inscribe Gestión del Riesgo, Secretaria de Planeación municipal, Secretaria de Vivienda, Cuerpo de Bomberos Voluntarios, además de representantes de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), la Dirección Técnica Ambiental DAR - Suroriente y el equipo de la Universidad del Valle.

2.3.1. Socialización del proyecto y ejecución del taller con los asistentes

Se inicia la jornada con la presentación del proyecto por parte de la CVC (Figura 2.17), seguido de la exposición de los avances de historicidad por inundación pluvial y avenidas torrenciales en el área urbana del municipio de Pradera, posteriormente se presenta una fotointerpretación de la geología y geomorfología de la zona urbana a cargo del equipo de la Universidad del Valle (Figura 2.18 y Figura 2.19), posteriormente se expone la actividad a realizar y se pasa a conformar el grupo de trabajo ver Figura 2.20 y Figura 2.21.

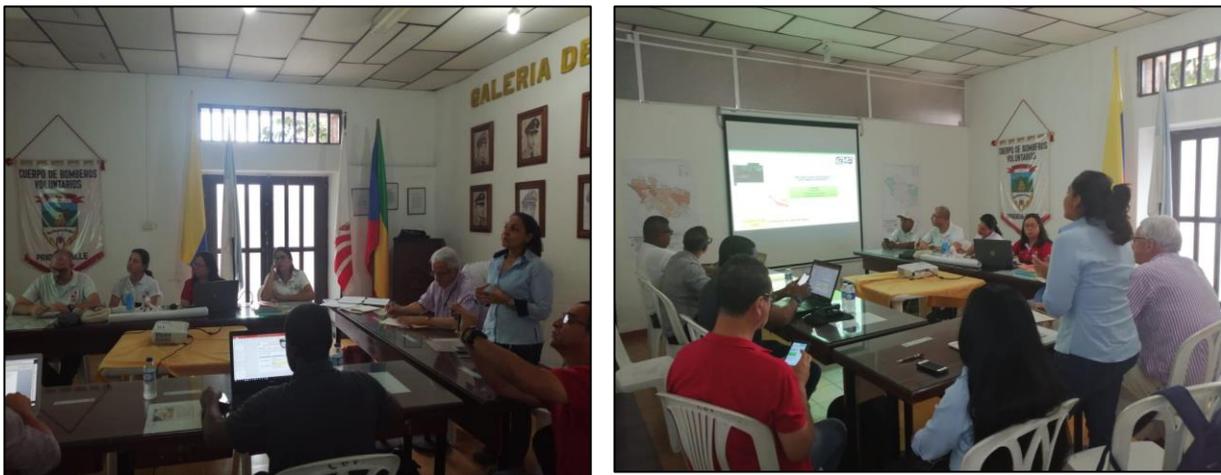


Figura 2.17. Presentación del proyecto por parte de la CVC

Fuente: Tomada durante el desarrollo de la actividad, Cuerpo Voluntario de Bomberos Pradera Valle, 29 de mayo del 2019



Figura 2.18. Exposición de resultados de historicidad de eventos por inundación y movimientos en masa en el área urbana del municipio de Pradera a cargo del coordinador de historicidad y vulnerabilidad Universidad del Valle.



Figura 2.19. Exposición de la fotointerpretación geológica y geomorfológica de la zona urbana del municipio y hallazgos con relación a cambios en la trama urbana del municipio y antiguos recorridos del río Bolo a cargo de la profesional en geología Sandra Bedoya, Universidad del Valle.

Fuente: Tomada durante el desarrollo de la actividad, Cuerpo de Bomberos Voluntario Pradera Valle, 29 de mayo del 2019



Figura 2.20. Los representantes de la Secretaría de Planeación y Secretaria de Vivienda aclaran que las inundaciones en la zona urbana del municipio son principalmente por colapso de alcantarillado y escorrentía a causa de las fuertes lluvias y que en la actualidad se están realizando algunas obras para mitigar la situación.

Fuente: Tomada durante el desarrollo de la actividad, Cuerpo Voluntario de Bomberos Pradera Valle, 29 de mayo del 2019



Figura 2.21. Representante de la Alcaldía municipal indica que los barrios Los Comuneros y Villa María representados en la cartografía como barrios afectados por avenidas torrenciales, se inundan por la escorrentía de aguas lluvias y no por avenidas torrenciales.

En las Figura 2.22 El ingeniero Omar Chávez representante de la CVC expone la importancia de tener claridad conceptual entre que es una inundación de tipo fluvial y que se debe entender por

avenida torrencial, además, manifiesta la importancia de esta claridad para la toma de decisiones para la planificación del territorio desde la administración municipal.



Figura 2.22. intervención del Ingeniero Omar Chávez representante de la CVC

Fuente: Tomada durante el desarrollo de la actividad, Cuerpo Voluntario de Bomberos Pradera Valle, 29 de mayo del 2019

Finalmente los asistentes hacen la exposición (Figura 2.23) de los resultados obtenidos en la mesa de trabajo donde los representante del Comité Municipal para la Gestión del Riesgo y la Secretaria de Planeación indican que en la zona urbana del municipio no han llegado grandes volúmenes de rocas a causa de las avenidas torrenciales ese desplazamiento de material es notorio en el área rural, en el caso de lo urbano llega gran cantidad de lodo y arenas, cabe resaltar que el municipio se ha expandido en dirección al cauce del río Bolo, por lo tanto, la dinámica de la avenida torrencial puede cambiar.

El representante de la Secretaria de Vivienda da a conocer que anteriormente existía la quebrada El Bolito, la cual desapareció y su cauce fue pavimentado, incluso, dos puentes que había a su paso fueron enterrados, curiosamente la escorrentía que afecta los sectores de Los Comuneros y Villa Marina hacen el mismo recorrido de este antiguo afluente. (Ver achurado azul en la Figura 2.24)



Figura 2.23. Exposición de los resultados del taller

Fuente: Tomada durante el desarrollo de la actividad, Cuerpo Voluntario de Bomberos Pradera Valle, 29 de mayo del 2019



Figura 2.24. Mapa del trabajo de los asistentes

Fuente: Tomada durante el desarrollo de la actividad, Cuerpo Voluntario de Bomberos Pradera Valle, 29 de mayo del 2019

2.3.2. Resultados cartográficos del taller

Como resultado de la historicidad se obtuvo que el barrio Manuel José Ramírez también se ve impactado por las avenidas torrenciales (ver Figura 2.25) además los asistentes señalaron que los barrios de El Jardín, Urbanización Serrezuela, Bosques de La Pradera, Antonio Ricaurte, Puerto Nuevo y Las Margaritas, suelen verse afectados por inundación a causa del Zanjón El Bolito, esta información esta espacializada en la Figura 2.26 en color azul rey hacia la parte Este de la cabecera municipal; hacia la parte Oeste se identificó en color verde claro los barrios que se ven afectados por escorrentía en periodo invernal como los son La Libertad, Bello Horizonte, San José, Portal Del Castillo, San Roque, La Misericordia, La Bodega, La Colina y Prados de la Colina.

Por otra parte, en el mismo mapa identificaron un Dique que construyeron hace años y minimizó las inundaciones de tipo fluvial a causa del río Bolo en los barrios El Berlín, Puertas del Sol y La Esmeralda.

El mapa síntesis de inundación por avenidas torrenciales (Figura 2.27) es el producto del cruce de los resultados de historicidad y la socialización, lo que refleja que el proceso de búsqueda histórica de información es coherente con la memoria histórica de los actores municipales, además permito aclarar el tipo de inundación presente en los barrios del norte-oeste del área urbana (escorrentía), también permitió identificar el barrio Manuel José Ramírez como otro de los sectores de afectación a causa de la avenida torrencial.

La Figura 2.28, representa la unión de todo el procesos de búsqueda histórica de eventos pluviales y fluviales en el municipio junto con los resultados de la socialización, en el mapa se pueden identificar puntos en azul claro o reporte de eventos de inundación en la zona sur por fuera del perímetro urbano estos se identifican en la cartografía como de tipo pluvial, el mapa resalta los eventos fluviales en color azul rey en los barrios de Berlín, Manuel José Ramírez, Puertas del sol y el punto que se puede denominar como más crítico es el sector que concentra los barrios de El Jardín, Las Margaritas, Antonio Ricaute, Primera de Mayo, Marsella y El Bolito. Este mapa también ratifica que la mayoría de los reportes de inundación son de carácter pluvial gracias a las falencias en el alcantarillado, la topografía del terreno, la baja infiltración que produce fuertes escorrentías en el área urbana.

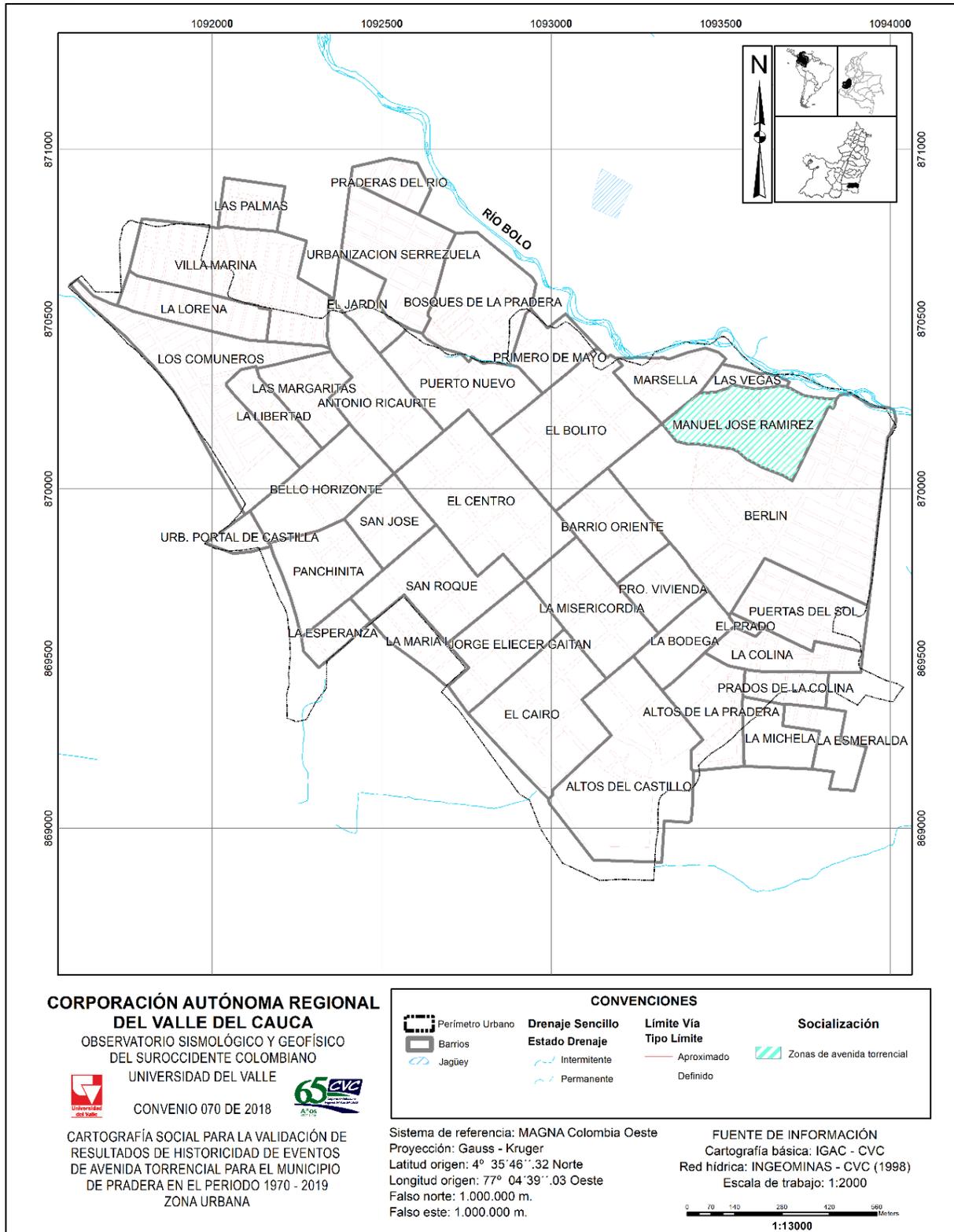


Figura 2.25. Cartografía social para el escenario de inundación por avenidas torrenciales resultado de la socialización municipio Pradera Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia con datos resultantes de la mesa de trabajo en el taller de socialización

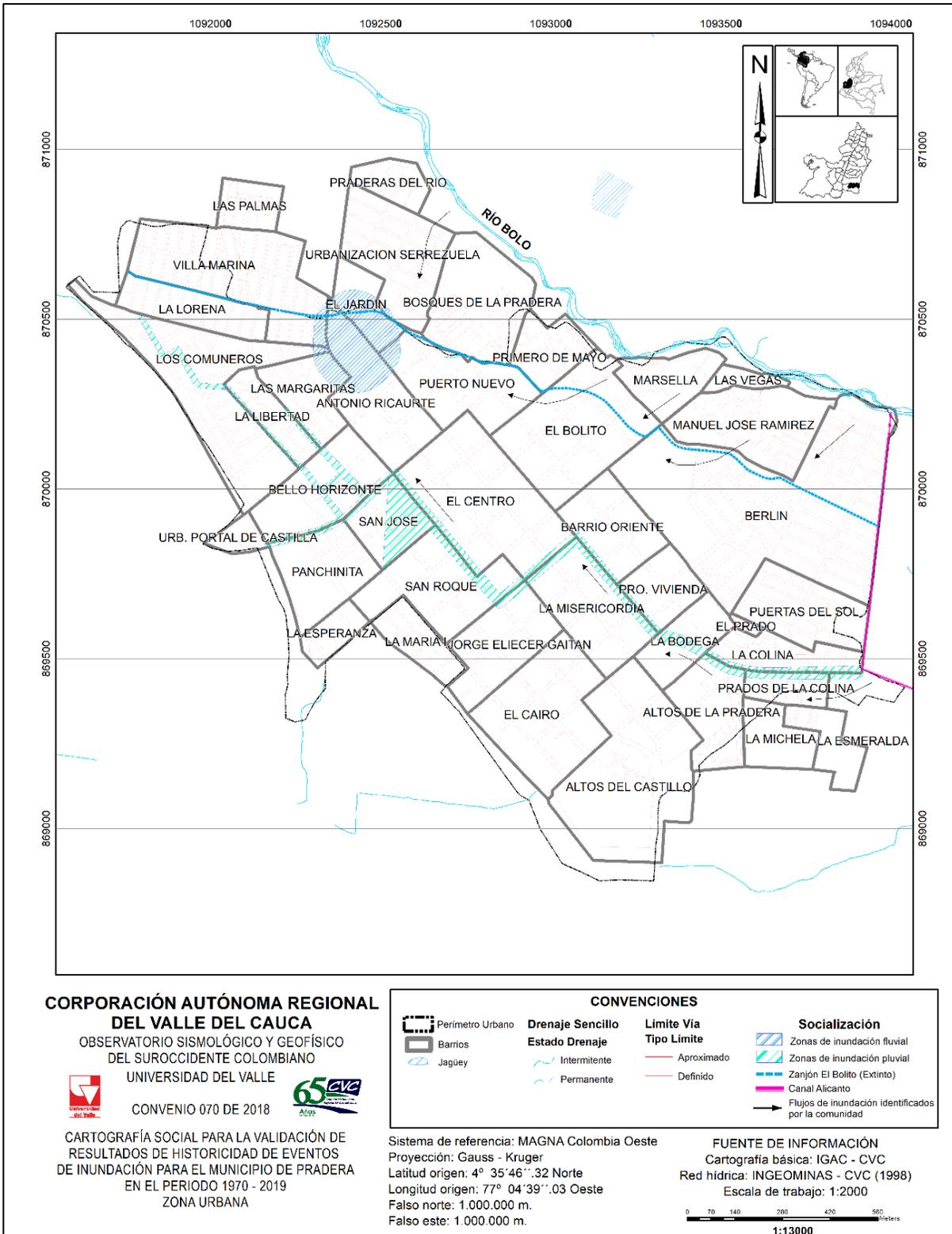


Figura 2.26. Cartografía social para el escenario de inundación por avenida torrencial resultado de la socialización municipio Pradera Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia con datos resultantes de la mesa de trabajo en el taller de socialización

2.3.3. Mapas síntesis de historicidad por avenidas torrenciales e inundaciones

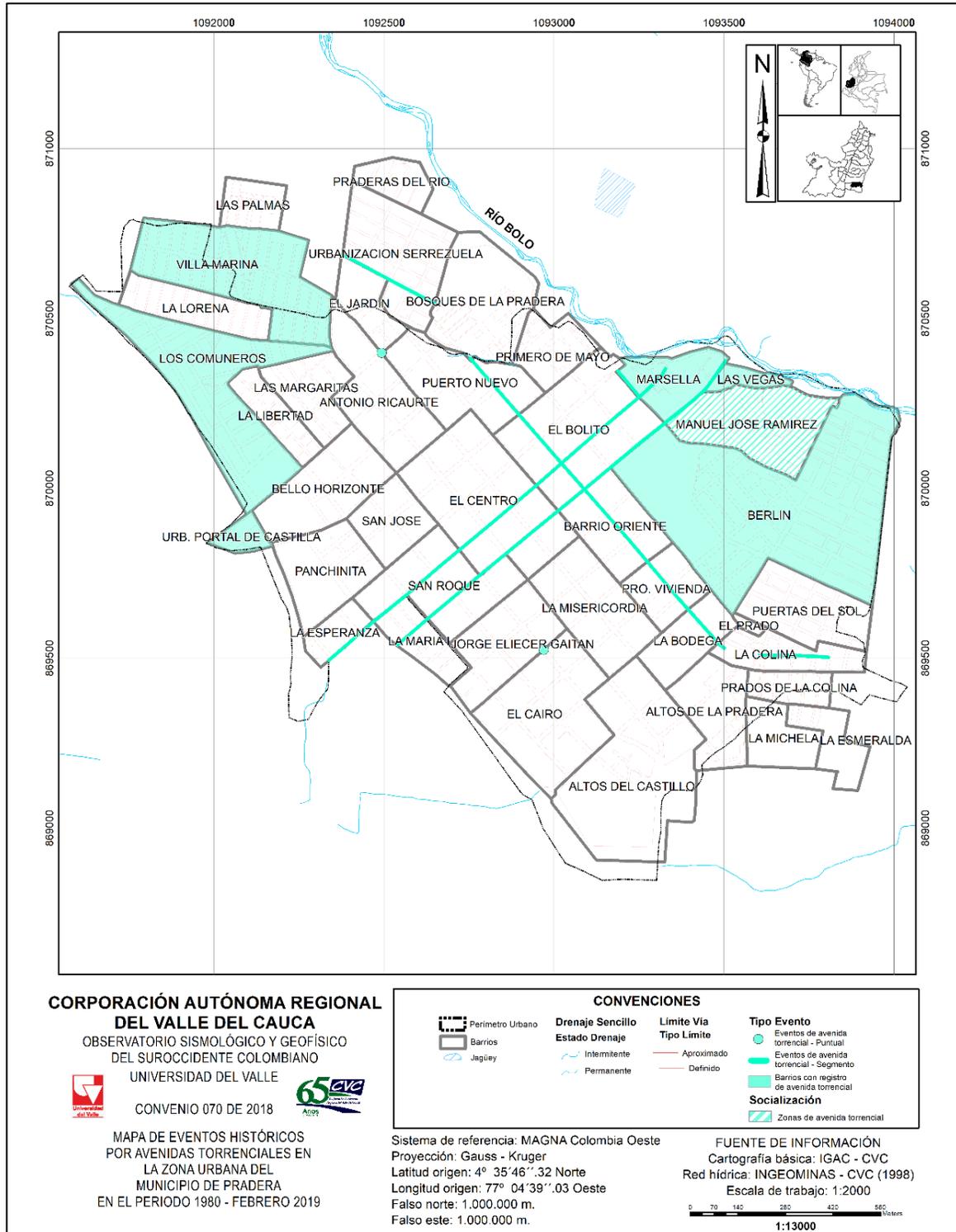


Figura 2.27. Mapa síntesis de eventos históricos por avenidas torrenciales en la zona urbana del municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia con datos resultantes de la mesa de trabajo en el taller de socialización

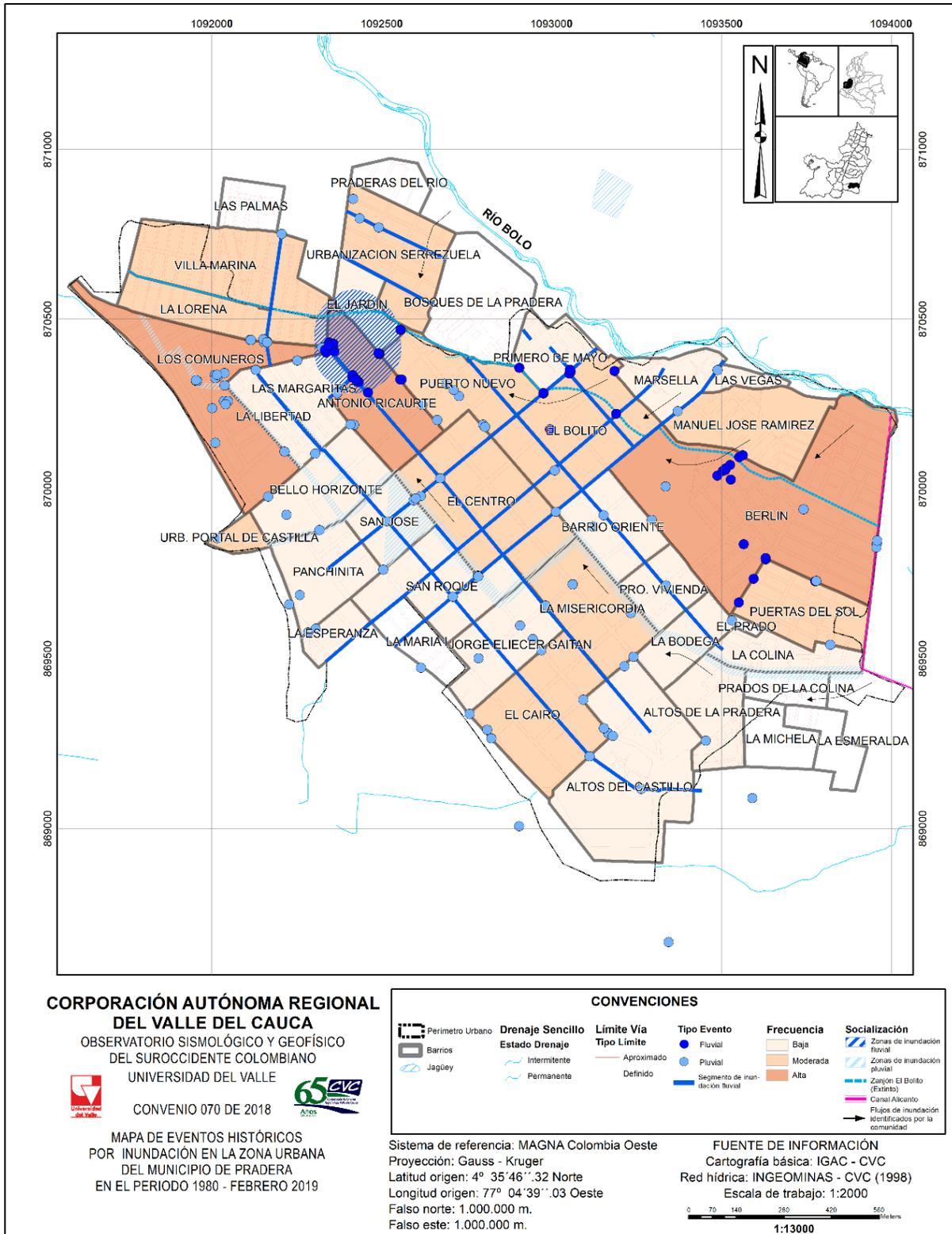


Figura 2.28. Mapa síntesis de eventos históricos Por inundación en la zona urbana del Municipio de Pradera en el periodo 1980-debrero del 2019

Fuente: elaboración propia con datos resultantes de la mesa de trabajo en el taller de socialización y el general de la historicidad

3. ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL COMPORTAMIENTO DEL RÍO BOLO ENTRE 1998 Y 2016 EN EL ÁREA URBANA QUE SE ENCUENTRA EN AMENAZA ALTA POR AVENIDA TORRENCIAL EN EL MUNICIPIO DE PRADERA

El presente informe sobre el análisis multitemporal del comportamiento del río Bolo entre 1998 y 2016 en el área urbana que se encuentra en amenaza alta por avenida torrencial en el municipio de Pradera - Valle del Cauca, hace parte del Convenio Interadministrativo N°070 de 2018 entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca - CVC y La Universidad de Valle, el cual tiene como objeto “*Aunar Esfuerzos Técnicos y Recursos Económicos para la Elaboración de los Estudios de Zonificación de Amenaza y Vulnerabilidad y Escenarios de Afectación a nivel de detalle para las Áreas Urbanas de los Municipios de El Dovio, Obando, Pradera, Toro, Ulloa y Zarzal en el Valle del Cauca*”.

Con el fin de obtener una base inicial para el entendimiento del comportamiento del río Bolo entre el año 1998 y el 2016, se inició con la revisión bibliográfica obteniendo la información geológica y geomorfológica existente, seguido de un estudio fotogeológico en el que se interpretó el vuelo IGAC 2733 fotos 47, 48, 49, 50, 58, 59, 60, 61, 62, 73, 74, 75 y 76 del año 2004 y el vuelo FAL_407 F-04 fotos 638, 639 y 640 del año 1998; además de la interpretación de las imágenes Google Earth disponibles y georreferenciadas.

Posteriormente, se realizaron actividades de reconocimiento en campo donde se corroboró la geomorfología y los procesos morfodinámicos y dinámica del río Bolo en las áreas definidas con amenaza alta por avenida torrencial para el área urbana

Finalmente se elaboró el mapa donde se compara el cauce interpretado para los diferentes años, además de construir el informe del trabajo realizado.

Este estudio se realiza como insumo para la valoración de la vulnerabilidad y escenarios de afectación por avenidas torrenciales en el municipio de Pradera, como un aporte de la CVC para el cumplimiento de las condiciones del Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto 1077 de 2015), para la incorporación de la Gestión del Riesgo de Desastres en la planificación territorial y del desarrollo, según lo establece la Ley 1523 de 2012. Es preciso resaltar que por razones contractuales se realiza solo para las zonas definidas con amenaza alta por avenida torrencial en el área urbana del municipio.

3.1. GEOLOGÍA

De acuerdo con la plancha geológica 300 – Cali, escala 1:100.000 (Figura 3.1) la geología reportada para este Municipio corresponde principalmente a depósitos recientes: Aluviones (Qal), Conos aluviales (Qca), Derrubios (Qd); conglomerados y tobas arenosas de la Formación Vilela (TPv) y Rocas intrusivas (Ki).

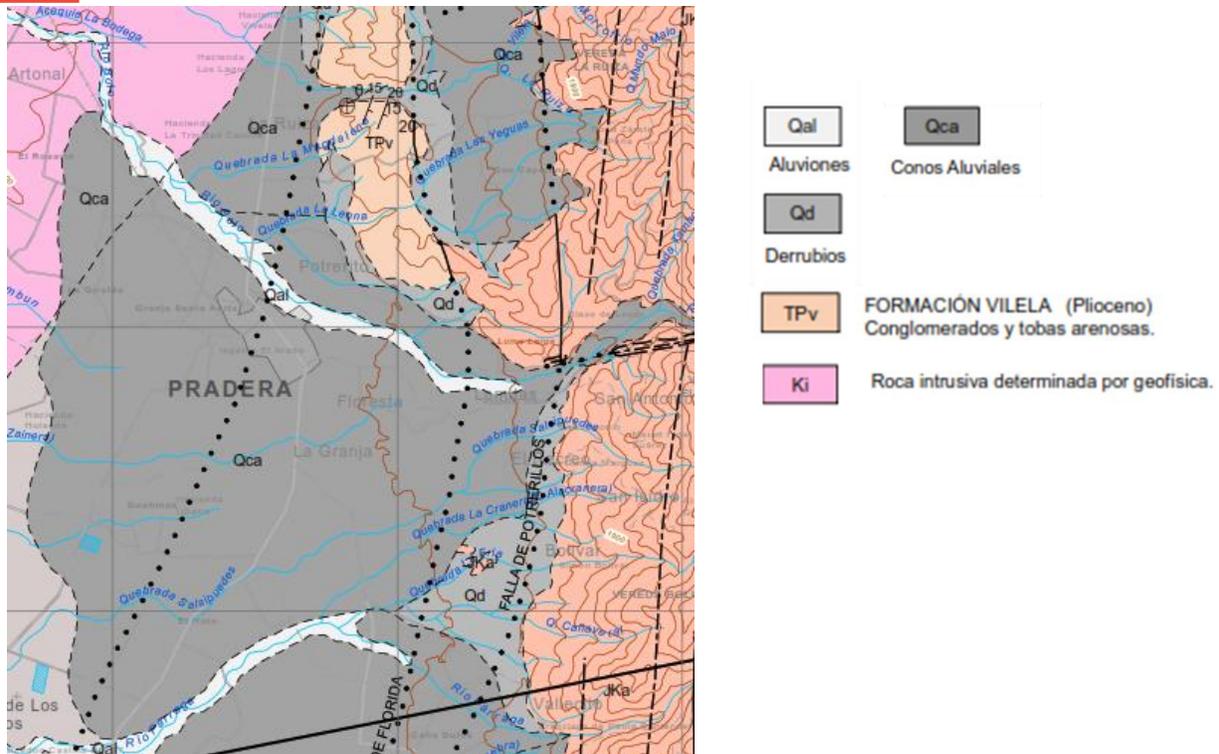


Figura 3.1. Mapa Geológico Plancha 300 (Valle del Cauca-Colombia).

Fuente: McCourt. et al., 1985.

INGEOMINAS – CVC (1998). Para el estudio de zonificación de amenaza y riesgo por avenidas torrenciales de la cabecera municipal, realizó el Mapa Geológico a escala 1:10.000; donde definen las siguientes formaciones: depósitos aluviales (Qal), depósitos de ladera (Qc), suelos de lavado de laderas (Qla), terrazas (Qt1 y Qt2), depósitos de avenida torrencial (Qca2, Qca3 y Qca4), Nca (depósitos de flujos de escombros), Formación Vilela que corresponde a brechas sedimentarias (Tpv) y Formación Amaime (Jka) que corresponde a lavas basálticas Figura 3.2.

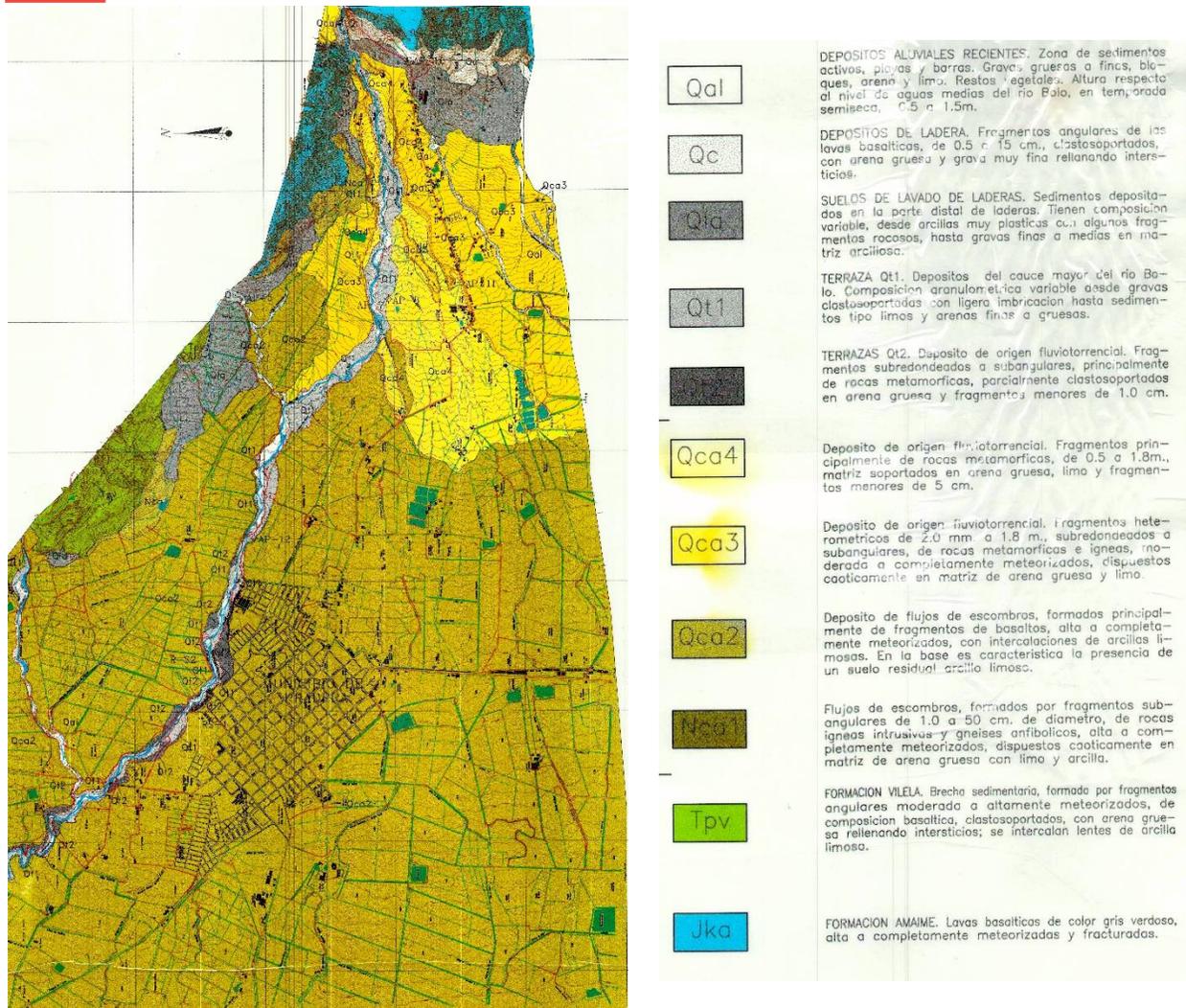


Figura 3.2. Mapa Geológico para el estudio de zonificación de amenaza y riesgo por avenidas torrenciales de la cabecera municipal de Pradera.

Fuente: INGEOMINAS – CVC (1998).

La cabecera municipal de Pradera se ubica en una región relativamente plana, con ligera inclinación hacia el oeste entre 2° a 10°. Esta parte plana está constituida por depósitos de conos de deyección, compuestos de materiales de origen fluvio-torrencial (flujos de escombros y depósitos aluviales de canal), los cuales han sido depositados por el río Bolo con aporte de algunas de las corrientes que salen de la zona montañosa. Cada uno de estos conos de deyección representa varias fases de actividad fluvio-torrencial, dando en conjunto geofomas de abanicos que se unen lateralmente o se superponen, originando, en términos generales, lo que se puede considerar como un abanico compuesto. Finalmente, depósitos aluviales de canal, de forma aterrazada, se presentan a lo largo del valle actual del río en todo su recorrido (INGEOMINAS – CVC, 1998).

En este informe se describirán únicamente las formaciones mapeadas para el área urbana, basadas en el trabajo de INGEOMINAS – CVC (1998, dado el alcance de este proyecto.

3.1.1. Cono de deyección de Pradera (Qca2)

Se reconoce por su topografía relativamente plana con ligera inclinación de 2° a 10° hacia el oeste, con fuerte disección de corrientes, donde se destacan los valles de las quebradas La Leona y Salsipuedes, con taludes verticales de hasta 10 m de altura. Sobre esta misma unidad es donde el río Bolo ha tenido sus mayores cambios de dirección, que han contribuido en buena parte, a los problemas de inundación conocidos en el sector. Sobre ella se localiza la mayor parte del casco urbano de Pradera, la Inspección de Policía de La Floresta, las vías a Florida y Palmira, etc, (INGEOMINAS – CVC, 1998).

Su altura respecto al nivel de aguas medias del río en temporada semiseca, en sectores cercanos al cauce es variable, incrementándose aguas abajo; en sectores cercanos al pueblo esta altura es del orden de 3 a 6 m, sin embargo, en algunos lugares puede alcanzar los 10 m.

INGEOMINAS – CVC (1998), definen estos depósitos en la quebrada Salsipuedes, como flujos de escombros, compuestos principalmente de fragmentos de basaltos alta a completamente meteorizados, con intercalaciones de niveles de arcillas limosas. En la parte inferior de las secciones, se observa un suelo residual arcillo limoso de color amarillo rojizo. El desarrollo de la capa orgánica es variable entre 0,70 y 0.80 m.

La descripción es más o menos similar para la quebrada La Leona, sin embargo, en sectores aledaños al río Bolo cerca de la población de Pradera, los depósitos anteriormente descritos se encuentran suprayacidos por una gruesa capa de gravas clastosoportadas, con fragmentos débilmente alterados, que hacen parte de un nivel de terraza media (Qt2).

3.1.2. Depósitos de canal y llanura de inundación – Nivel de Terrazas (Qt2)

Son depósitos de origen aluvial que se encuentran restringidos a lado y lado del cauce actual del río Bolo, formando terrazas localizadas a diferentes niveles. Hacen parte de él los sedimentos activos del río y aquellos que son dejados durante las crecientes normales o extraordinarias del mismo; se encuentran localizados discordantemente sobre el cono de deyección Qca2 o cono de deyección de Pradera (INGEOMINAS – CVC, 1998).

Topográficamente corresponde a pequeñas superficies planas en forma de terrazas, localizadas por sectores a lado y lado del río Bolo, a altura variable entre 3,0 y 4,5 m respecto al nivel de aguas medias del río y que hacen parte de lo que puede considerarse como la zona de las máximas crecientes extraordinarias. Por ser depósitos sin ningún tipo de cohesión son altamente susceptibles a la erosión hídrica, con procesos más o menos severos de erosión por socavación lateral.

INGEOMINAS – CVC (1998); lo describe como un depósito fluviotorrencial de 4.2 m de espesor, de color gris claro, formado por fragmentos subredondeados a subangulares, de neises anfibólicos y en menor proporción cuarzodioritas y rocas metamórficas esquistasas, en tamaños de 2 cm a 1 m de diámetro, débilmente meteorizados, parcialmente clastosoportados en arena gruesa y fragmentos menores de 1 cm; el porcentaje de fragmentos es de aproximadamente 80% del volumen del depósito; se intercalan estratos de grava fina y arena gruesa. El material por ser de tipo suelto es altamente susceptible a la erosión por agua.

3.1.3. Depósitos de canal y llanura de inundación – Nivel de Terrazas (Qt1)

INGEOMINAS – CVC, (1998), menciona que corresponde a los depósitos del cauce mayor del río o zona de más alto daño durante el acaecimiento de crecientes extraordinarias, similares a la del 31 de enero de 1994. Sobre ella se localiza un amplio sector con construcciones habitacionales de tipo informal, como el barrio de invasión La Vega, que fue totalmente afectado durante la creciete anterior.

Topográficamente es una zona relativamente plana de forma aterrizada, cuya altura, en la parte más oriental del área, entre el sitio El Tío y el zanjón Guabinas, es variable entre 1.5 y 3,5 m respecto al nivel de aguas medias del río en temporada semiseca, y 2,0 a 2,7 m en lugares ubicados al occidente del sector anterior, incluyendo los sectores aledaños al pueblo. De la misma forma, los dos tramos anteriores presentan una diferencia muy marcada en cuanto a la granulometría de los sedimentos que conforman la terraza; en el primer caso son materiales típicos de flujos de escombros (gravas clastosoportadas con ligera imbricación y en el segundo caso son sedimentos característicos de llanura de inundación, limos, arena fina y gruesa que se intercalan con depósitos de flujos torrenciales (INGEOMINAS – CVC, 1998).

En el último tramo, entre el Zanjón Guabinas y la parte más occidental del área, es donde el río tiene su mayor capacidad de sedimentación, durante la ocurrencia de avenidas torrenciales y por ello constituye el mejor lugar para hacer una aproximación del registro de las mayores crecientes del río. La mejor sección sedimentológica fue observada sobre la margen izquierda del río, frente a la desembocadura de la quebrada La Leona en el sitio El Fresno, donde se aprecia el registro de nueve eventos de tipo fluviotorrencial (INGEOMINAS – CVC, 1998).

Se observa, una disminución en el espesor de los depósitos desde la base hasta el tope de la sección, que habla a favor de un decrecimiento en el tamaño de los eventos fluviotorrenciales. Es curioso observar, que a un depósito de espesor mayor se superpone uno de menor espesor. La regla se rompe en el registro sedimentológico más superior donde es de tan solo 6 cm; se podría pensar entonces, que el siguiente evento fluviotorrencial debe ser de mayor tamaño (INGEOMINAS – CVC, 1998).

El sector entre el Zanjón Guabinas y el río Bolo, es el sitio de mayor afectación durante las crecientes extraordinarias y por ende donde entran con mayor ímpetu, transportando bloques de gran tamaño (INGEOMINAS – CVC, 1998).

3.1.4. Depósitos aluviales recientes (Qal).

Corresponde a la zona por donde circula el agua del río Bolo durante las crecientes normales, o área de sedimentos activos, playas y barras. Su altura respecto al nivel de aguas medias del río es variable entre 0,5 y 1,5 m.

Los depósitos de esta zona son ampliamente variables en tamaño, siendo principalmente de tipo granular grueso, con gravas de tamaño variado entre 5 cm y 3,5 m, subredondeados, principalmente de neises anfibólicos, anfibolitas y en menor proporción esquistos verdes, y cuarzdioritas. El depósito es de tipo clastosoportados, con arena gruesa y fragmentos menores de 5 cm que se

encuentran rellenando intersticios; presenta ligera imbricación y se pueden observar restos orgánicos principalmente troncos de árboles (INGEOMINAS – CVC, 1998).

3.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

En la Plancha 300 se reconoce un sistema de fallas de dirección predominante N-NE que hacen parte del sistema de fallas de Cauca y están localizadas al borde occidental de la plancha; mientras que las que se localizan en la parte oriental, ponen en contacto las rocas diabásicas con las rocas metamórficas del paleozóico.

Entre estos dos sistemas se ubica el llamado graben del Valle del Cauca el cual que se encuentra cubierto por depósitos Cuaternarios.

Particularmente el área urbana del municipio de Pradera se encuentra dentro del área de influencia de la falla de Guabas-Pradera (Figura 3.3).

3.2.1. Falla Guabas – Pradera

En la plancha 300- Cali; esta falla está localizada cerca de las poblaciones de Padilla y Pradera y al occidente de la población de Florida (Figura 3.3). Está definida como una falla inversa de alto ángulo, que buza hacia el noreste y está cubierta por sedimentos cuaternarios de abanicos aluviales afectando en profundidad, sedimentos del Terciario Superior, está catalogada como una falla activa con una tasa de actividad moderada a baja (Montes y Sandoval, 2001; en Portilla. et al., 2015).

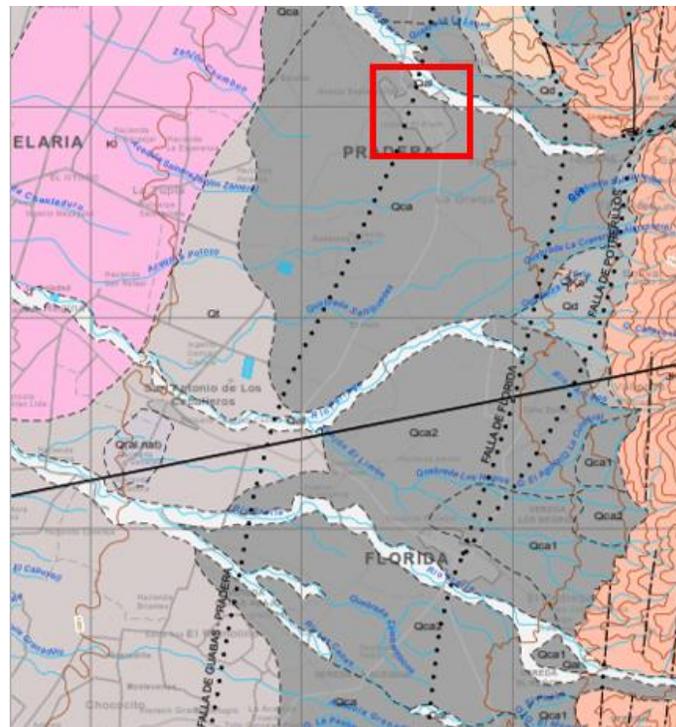


Figura 3.3. Mapa Geológico Plancha 300 (Valle del Cauca-Colombia), nótese el trazo de la falla Guabas – Pradera sobre el área urbana.

Fuente: McCourt. et al. (1985)

3.3. ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL COMPORTAMIENTO DEL RIO BOLO

La actual dinámica global en referencia al cambio climático y la exposición cada vez mayor de la población, hacen necesario generar conocimiento sobre la dinámica del paisaje físico. Un estudio fotogeológico puede convertirse en una herramienta muy útil, para este caso en la valoración de la vulnerabilidad y escenarios de afectación por avenidas torrenciales.

El presente estudio se hizo siguiendo 3 fases: Fotointerpretación, control de campo y elaboración de mapa.

3.3.1. Fase 1.

Por medio de la foto-interpretación se definieron las distintas formaciones geomorfológicas de acuerdo a la evolución de la depositación del material.

Se realizó un análisis multitemporal con los vuelos FAL_407 F-04 fotos 638, 639 y 640 del año 1998 (Figura 3.4) y IGAC 2733 fotos 47, 48, 49, 50, 58, 59, 60, 61, 62, 73, 74, 75 y 76 del año 2004 (Figura 3.5 **Figura 3.6**).

El vuelo FAL_407 F-04 es un vuelo del año 1998, escala 1:20.960 (Figura 3.4); es de calidad buena, aunque no muestra un buen detalle por su escala. Proporcionó un primer aporte para la definición de las unidades geomorfológicas a nivel macro; fue un buen complemento para el conocimiento de la geomorfología del área.

El vuelo IGAC 2733, es un vuelo del año 2004, escala 1:9.980 (Figura 3.5 a 3.8) muestra buen detalle; es un vuelo de aceptable calidad (ya que las fotografías son un poco blancas); sin embargo, se pudieron definir unidades geomorfológicas de origen fluvial y denudacional y elementos geomorfológicos como Abanicos aluviales, terrazas aluviales, y barras y depósitos inconsolidados, zonas de depósitos de pantanos aluviales, lagunas, abanicos de desbordamientos, madre viejas, cauces abandonados, depósitos de barras antiguas etc.

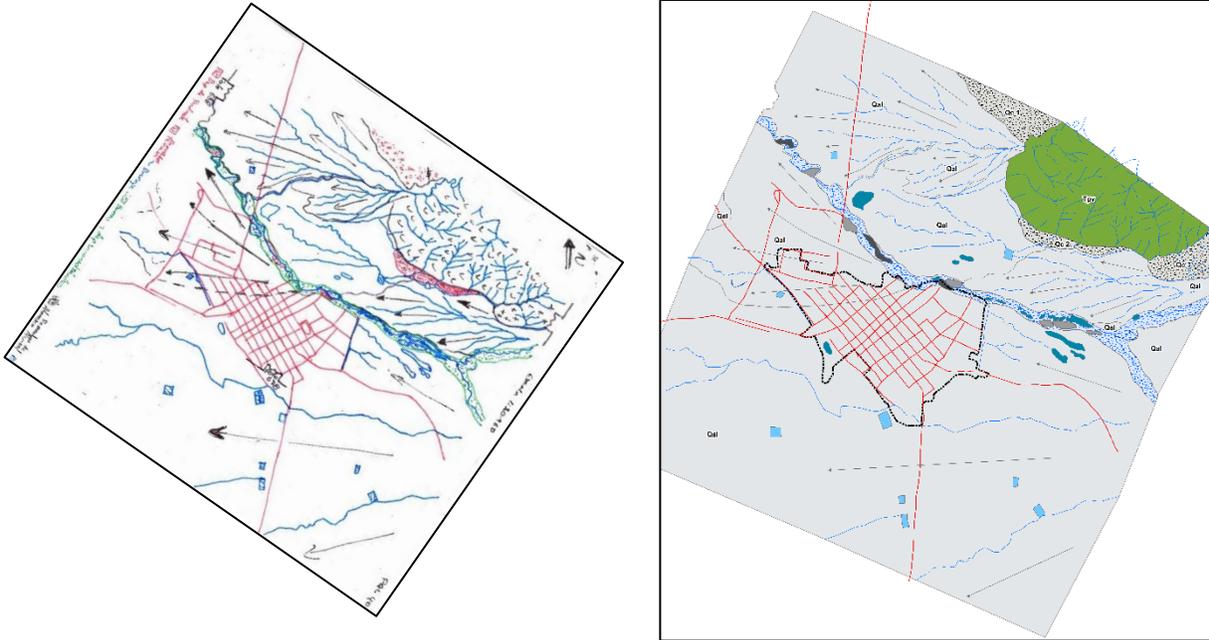


Figura 3.4. Fotointerpretación del vuelo FAL_407 F-04 fotos 638, 639 y 640 del año 1998.
Fuente: elaboración propia con datos de CVC, 1998

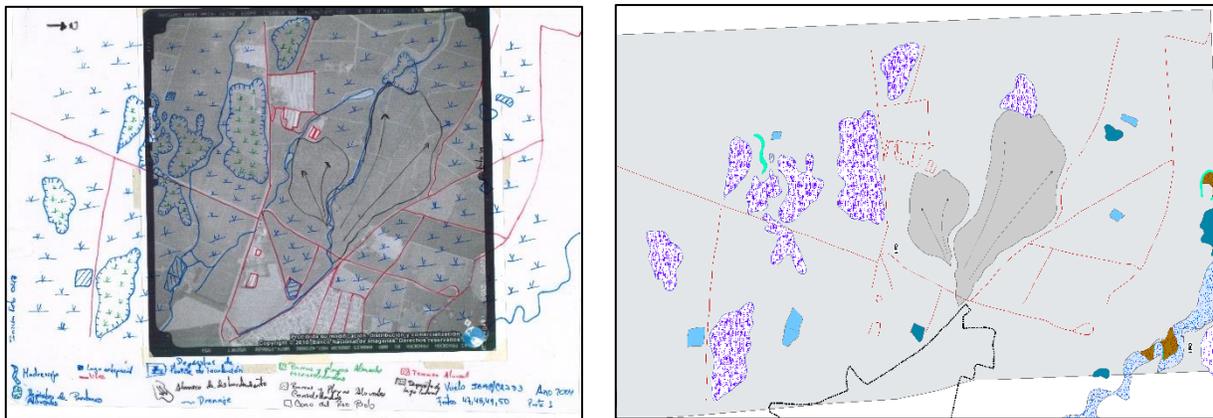


Figura 3.5. Fotointerpretación del vuelo IGAC 2733 fotos 47, 48, 49, 50 (parte 1) del año 2004.
Fuente: elaboración propia con datos de IGAC (2004).

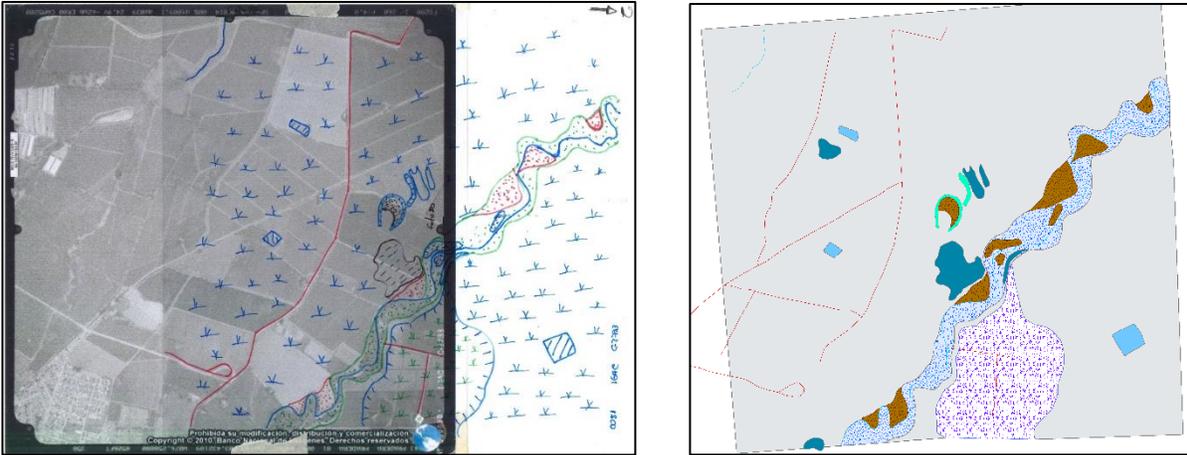


Figura 3.6. Fotointerpretación del vuelo IGAC 2733 fotos 47, 48, 49, 50 (parte 2) del año 2004.

Fuente: elaboración propia con datos de IGAC (2004).

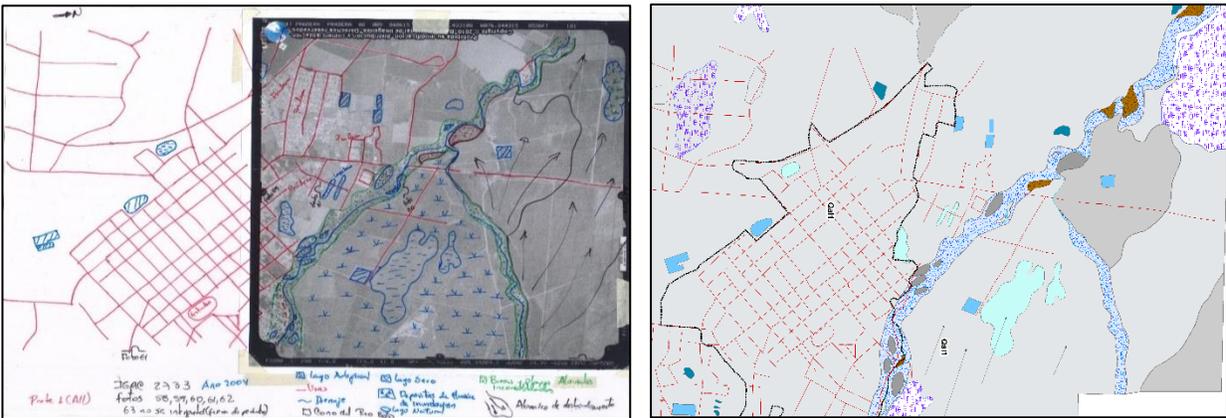


Figura 3.7. Fotointerpretación del vuelo IGAC 2733 fotos 58, 59, 60, 61, 62 del año 2004.

Fuente: elaboración propia con datos de IGAC (2004).



Figura 3.8. Fotointerpretación del vuelo IGAC 2733 fotos 73, 74, 75, 76 del año 2004.

Fuente: elaboración propia con datos de IGAC (2004).

Las fotointerpretaciones fueron digitalizadas con el software ArcGis, donde se unieron todas las secciones interpretadas para el vuelo IGAC 2733 (Figura 3.9) generando un solo mapa fotogeológico; también se digitalizó el vuelo FAL_407 F-04 para obtener el mapa correspondiente (Figura 3.10).

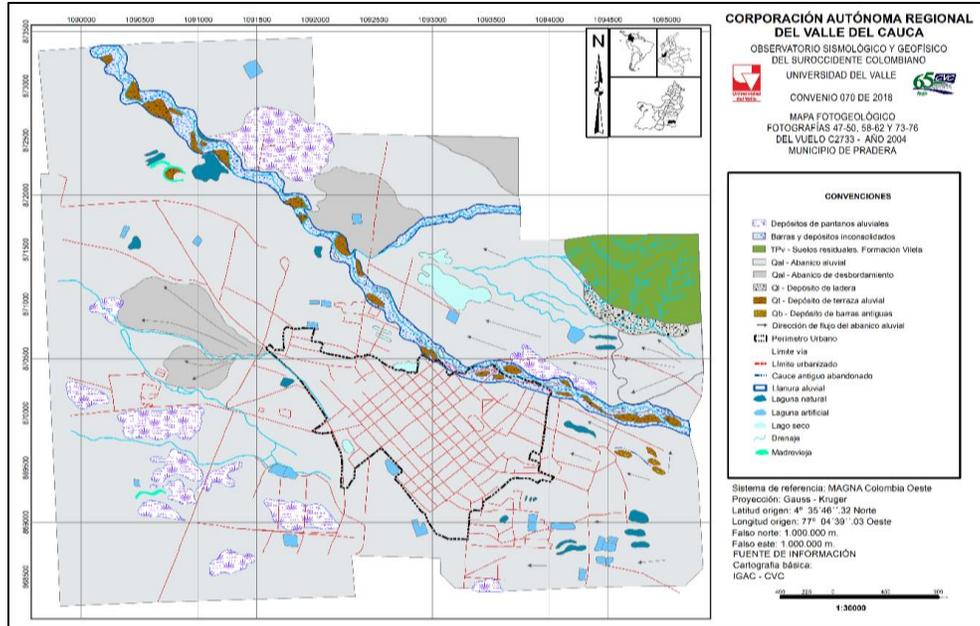


Figura 3.9. Fotointerpretación digitalizada para el vuelo IGAC 2733
Fuente: elaboración propia con datos de IGAC (2004).

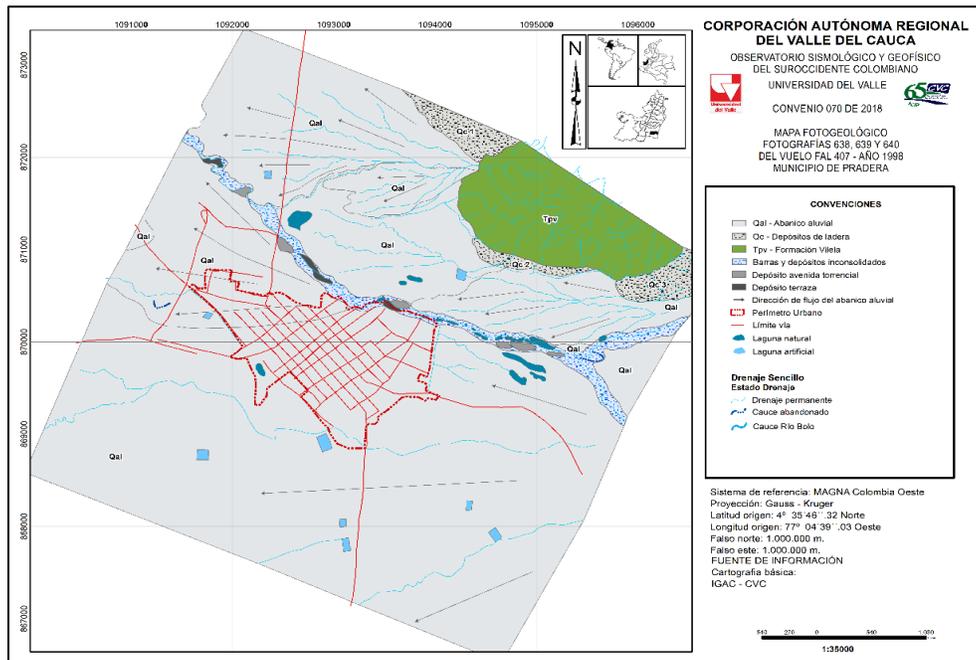
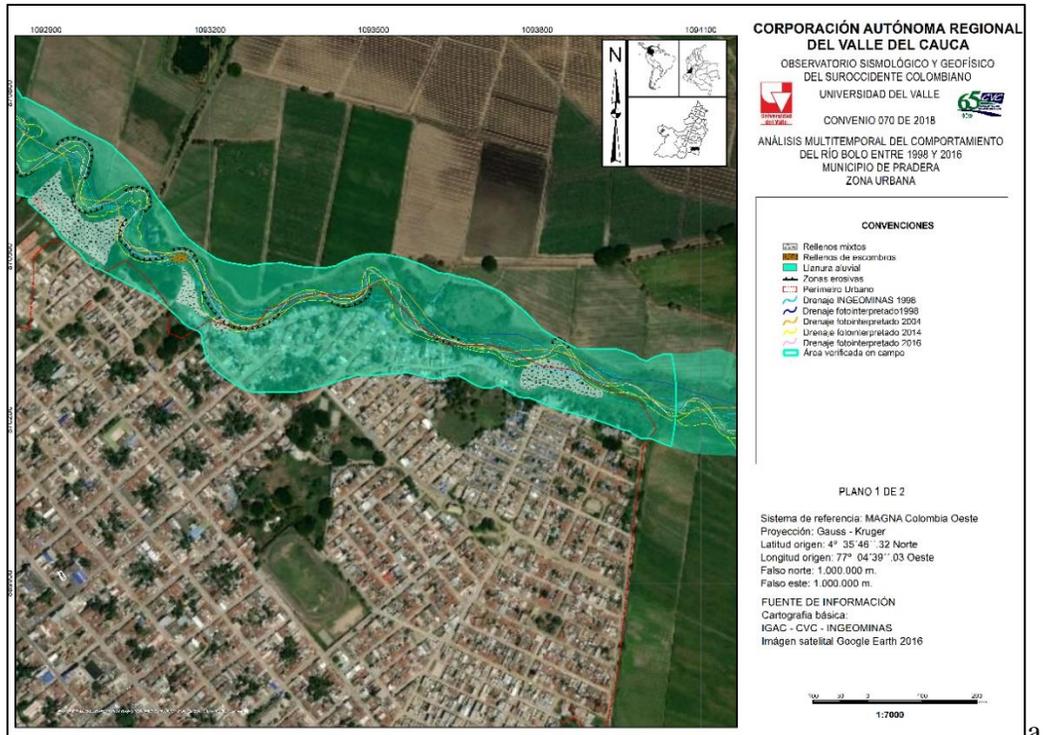


Figura 3.10. Fotointerpretación digitalizada para el vuelo FAL_407 F-04
Fuente: elaboración propia con datos de CVC (1998).

Posteriormente se realizó la comparación del cauce del río Bolo fotointerpretado para los años 1998, 2004, sumado al cauce levantado por Ingeominas – CVC, (1998) y adicionalmente el cauce digitalizado sobre las imágenes Google Earth 2014 y 2016, que fueron georreferenciadas para realizar la comparación. En la Figura 3.12, se detalla este cotejo.

Este procedimiento se realizó con el fin de evidenciar si existió un desplazamiento significativo del río, entre el año 1998 y el año 2016 (haciendo uso de los insumos existentes a la fecha de realización de este estudio).

En la fotointerpretación del vuelo IGAC 2733 fotos 73, 74, 75, 76 del año 2004 se encuentra la evidencia del desplazamiento hacia el Norte del río Bolo; sustentado por la presencia de un cauce abandonado y unas barras antiguas ubicadas en el mismo sector al Nor-Este del área urbana, adicionalmente se observan depósitos de lagos antiguos; también en el vuelo FAL_407 F-04 fotos 638, 639 y 640 se encuentra evidencia de esto, pero con menor detalle debido a la escala del vuelo.



a.

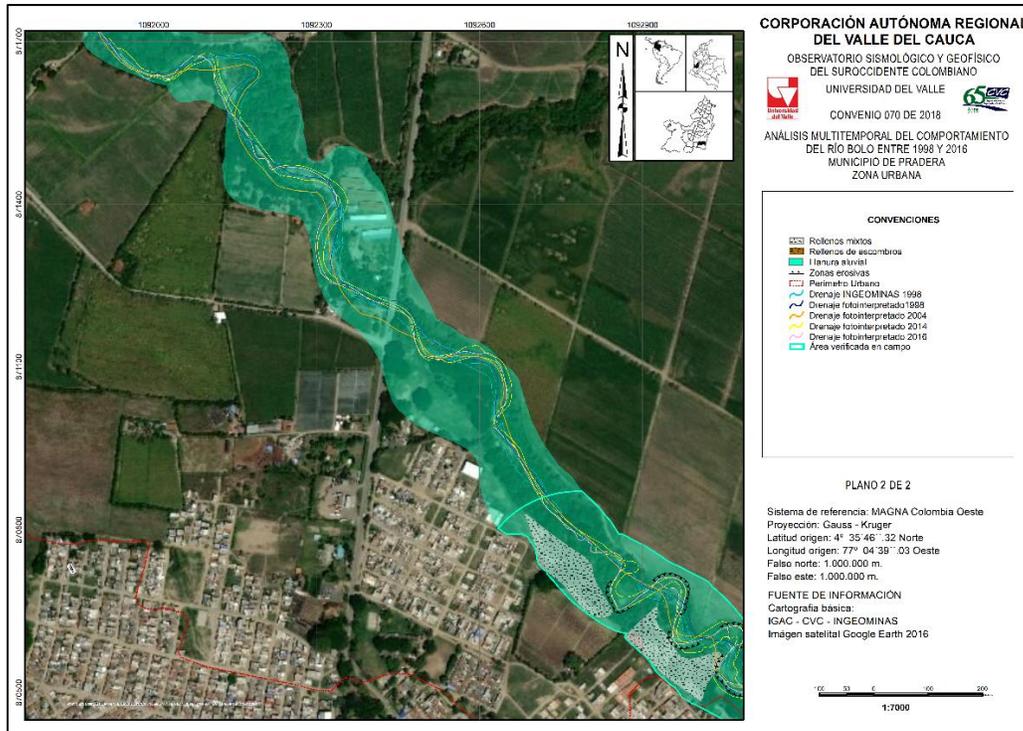


Figura 3.12. a y b. Comparativo del comportamiento del cauce del río Bolo durante los años 1998, 2004, 2014 y 2016. Se usó como base la fotointerpretación del vuelo IGAC 2733.

Fuente: elaboración propia con datos de CVC, 1998; IGAC, 2004 y Google Earth 2014 y 2016.

3.3.2. Fase 2

Posteriormente, esta información fue corroborada en campo realizando un análisis sobre las modificaciones de origen tanto natural como antrópico y que pueden contribuir en las modificaciones de curso que ha sufrido el río Bolo.

Regionalmente el municipio de Pradera se ubica sobre el piedemonte de la Cordillera Central, conformado al Este por un relieve irregular, montañoso de origen principalmente denudacional y en algunos sectores Estructural; en la parte baja del municipio dominan los abanicos aluviales depositados por los ríos, quebradas y canales que conforman el área urbana, generando procesos de erosión y depositación fluvial que dieron origen a geoformas que ocupan las zonas aledañas a los mismos y sobre los que se construyó el municipio, estos datan del período Cuaternario.

De otra parte, la actividad antrópica, especialmente por la urbanización espontánea, modificó en algunos sectores la morfología del paisaje natural, generando nuevas formas y nuevos procesos que modifican el terreno (rellenos), que tratan de evitar inundaciones en las áreas urbanizadas aledañas al río Bolo, y algunos canales que se convierten en amenazas para sus habitantes.

Se destacan dos **tipos de morfología** en el área urbana de Pradera:

1. **Zonas de abanicos aluviales, terrazas y depósitos aluviales**, donde se tienen básicamente depósitos Cuaternarios de origen fluvial, asociados con la actividad del río Bolo.
2. **Zonas asociadas a actividad antrópica**, particularmente sobre los depósitos aluviales, que han generado geoformas recientes, relacionadas con rellenos mixtos y rellenos de escombros sin ningún tipo de control, realizados en el cauce del río Bolo con el fin de proteger las viviendas cercanas al río y con fines de urbanización.

Con base en su origen, en el casco urbano del municipio de Pradera se reconocieron dos tipos de geoformas: De origen fluvial (F) y antrópico (a) (Figura 3.13).



Figura 3.13. Tipos de geoformas principales identificadas en el área urbana y alrededores del municipio de Pradera. Morfoestructural (S), Denudacional (D), Fluvial (F) y Antrópico (A).

Fuente: Fotografía propia

Los elementos asociados con dichas geoformas encontrados en el casco urbano de Pradera se presentan a continuación:

Formas de origen Denudacional son el resultado de los procesos erosivos, hídricos y pluviales, y producto principalmente de procesos de meteorización, erosión y movimientos en masa, sobre geoformas preexistentes (Carvajal, 2012; modificado). En este ambiente, también se consideran aquellas geoformas que se crean a partir de la acumulación de sedimentos (INGEOMINAS, 2012).

Por lo tanto, dentro de los elementos de este origen se incluyen:

- **Loma Residual (Dlor):** Corresponde a los suelos residuales de la Formación Vilela (TPv); fue identificada en la fotointerpretación de los vuelos IGAC 2733 y FAL_407 F-04, al NE del área urbana; Portilla (2015) la describe como una prominencia topográfica con una altura menor de 200 metros sobre su nivel de base local, con una morfología alomada y elongada de laderas cortas a muy cortas, convexas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas, constituida por suelo residuales, su cobertura vegetal es pobre (Figura 3.14).

Depósitos de Ladera y coluviales (Dco): Fue identificado en la fotointerpretación de los vuelos IGAC 2733 y FAL_407 F-04, al NE del área urbana como Ql, donde el relieve de

montaña cambia a valle; es una estructura en forma lóbulo con morfología alomada baja. Formada por el transporte y depositación de materiales sobre las laderas (Figura 3.14).



Figura 3.14. Imagen tomada desde el canal del Barrio Berlín al Este del área urbana. Loma Residual (Dlor), Depósitos de Ladera y coluviales (Dco). Depósitos de abanico aluvial antiguo (Faaa)

Fuente: fotografía propia

Las **formas de origen Fluvial** son geformas desarrolladas a partir del material erosionado y transportado pendiente abajo desde las zonas montañosas aledañas por acción de las corrientes o por acción de la gravedad (modificado de Ibañez et al., 2012). Se incluyen los siguientes elementos:

- Cauce o lecho actual (**Fca**): Corresponde a los lechos del río Bolo y quebradas.
- Depósitos de abanico aluvial antiguo (**Faaa**): Identificados en las fotointerpretaciones como Qal; se incluyen los depósitos de abanicos antiguos, que fueron depositados en zonas de cambio de pendiente, caracterizados por pendientes suavemente inclinadas a inclinadas; comprenden áreas considerables y fueron depositados por corrientes mayores como el Río Bolo (Figura 3.15, Figura 3.16).



Figura 3.15. Depósitos de abanico aluvial antiguo del río Bolo.

Fuente: fotografía propia

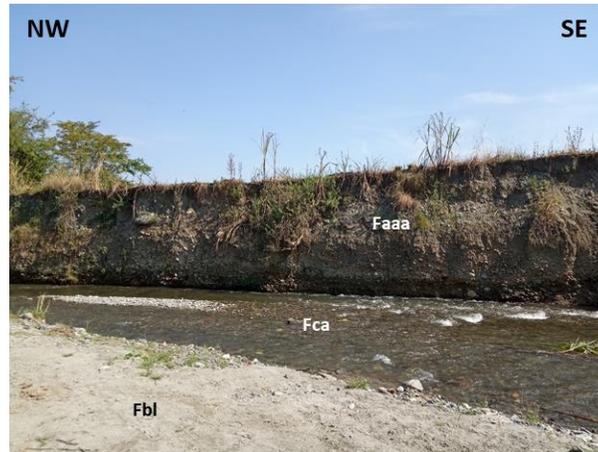


Figura 3.16. Barrio Primero de Mayo. Detalle de la geoforma y depósitos de abanico aluvial antiguo, cauce y barra lateral en el río Bolo.

Fuente: fotografía propia

Plano o llanura de inundación: En estas unidades se agrupan aquellas superficies de morfología plana, baja a ondulada y eventualmente inundable que se localiza bordeando los cauces fluviales donde localmente se encuentran limitadas por escarpes de terraza.

- Depósito de Terraza aluvial baja (**Ftab**). Identificadas en las fotointerpretaciones como Qt, corresponden a zonas de pendiente plana a suave, se observan bordeando el cauce del río Bolo, en el área urbana identificada vulnerable por avenidas torrenciales en el estudio de INGEOMINAS y CVC del año 1998, se originan por procesos de erosión y acumulación fluvial; se encuentran restringidas a lado y lado del río Bolo y alcanzan espesores de hasta 2.5 m (Figura 3.17). Principalmente sobre estos depósitos se construyó el barrio La Vega.



a.



b.



c.



d.



e.



f.

Figura 3.17. Río Bolo. a. Geformas de terraza aluvial baja en inmediaciones del barrio Primero de Mayo. b. Terrazas aluviales bajas en el barrio La Vega. c y d. Curva erosiva y Terraza aluvial baja en la Cra 11. e. Terraza aluvial baja frente al barrio La Vega en la Cra 9a. f. Terraza aluvial baja y geforma de abanico aluvial antiguo en el barrio La Vega.

Fuente: fotografía propia

- Depósito de Terraza aluvial media (**Ftam**). Zonas de pendiente plana a suave, se observan bordeando el cauce del río Bolo en algunos sectores, pero en general se encuentran a un nivel topográfico superior al de las terrazas aluviales bajas (Ftab) en el área urbana identificada vulnerable por avenidas torrenciales en el estudio de INGEOMINAS y CVC del año 1998, estas terrazas son más antiguas que las terrazas bajas y se originaron por procesos de erosión y acumulación fluvial; alcanzan espesores de hasta 3.5 m. algunas zonas del Barrio La Vega fueron construidas sobre estos depósitos (Figura 3.18).

Estas terrazas hacen parte de lo que puede considerarse como la zona de las máximas crecientes extraordinarias. INGEOMINAS - CVC (1998).

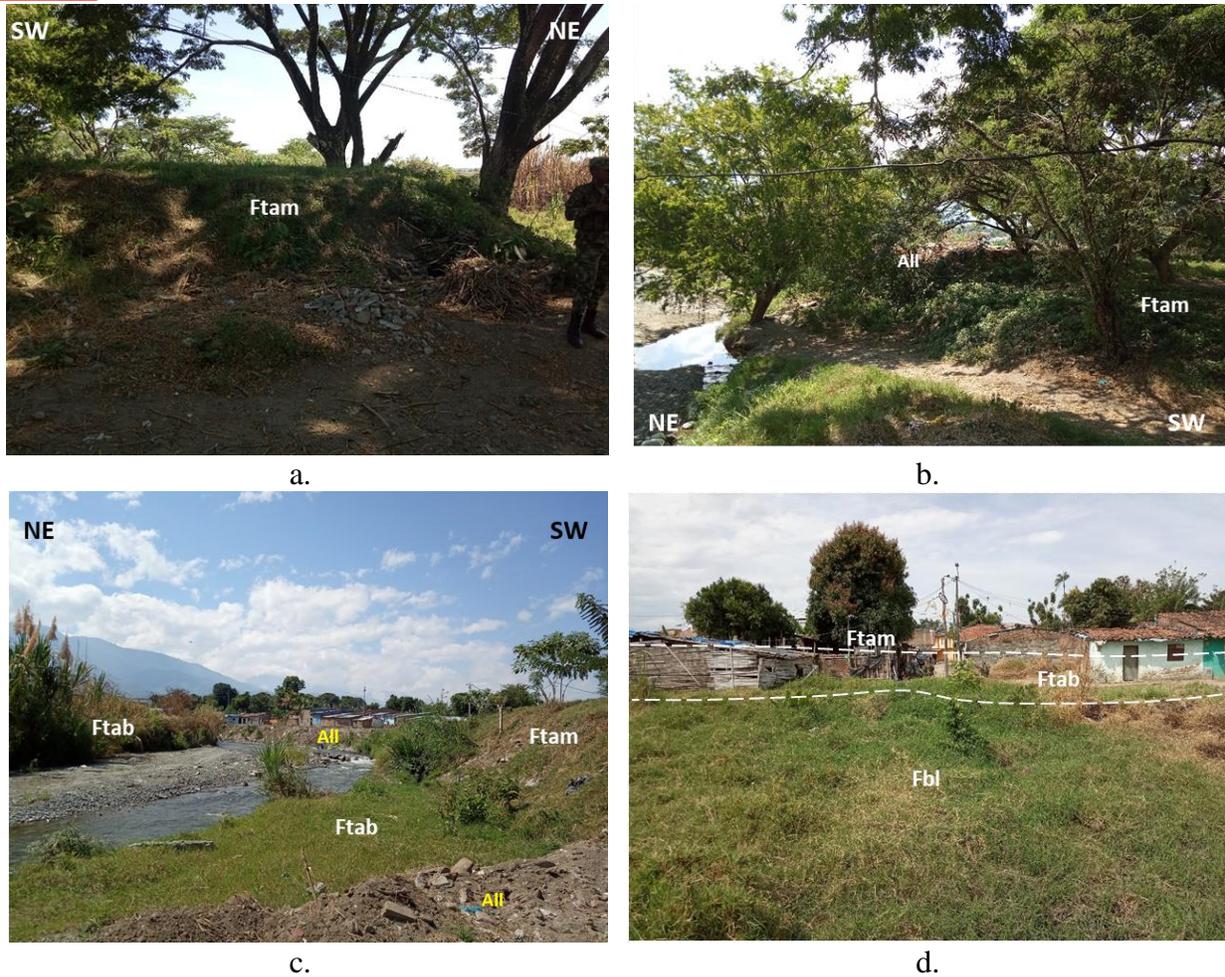


Figura 3.18. Rio Bolo. a y b. Terraza aluvial media en el barrio Primero de Mayo (Cra 14), nótese el espesor del depósito. c. Terraza aluvial media (Ftam) en la ladera izquierda del rio, al fondo el barrio La Vega, también se detallan terrazas bajas (Ftab), llenos antrópicos (All). d. Terraza aluvial media (Ftam), terraza aluvial baja (Ftab) y depósito de barra lateral en los alrededores de la Cra 9.

Fuente: fotografía propia

- Depósito de barra Lateral (**Fbl**). Son barras alargadas que se desarrollan a lo largo de las porciones laterales de la corriente principal (Figura 3.19).
- Depósito de barra longitudinal (**Fblg**). Se forman en la parte media de los canales cuando los sedimentos más gruesos incluidos en la corriente (gravas y arenas), son depositados debido a la pérdida de competencia en el transporte, orientándose con el eje principal paralelo a la dirección de la corriente (Figura 3.19).
- Depósito de islas (**Fi**). Se forman en los períodos de descarga alta, alrededor de las cuales la corriente se desvía; cuando alcanzan una estabilidad, desarrollan vegetación sobre ellas (Figura 3.19).

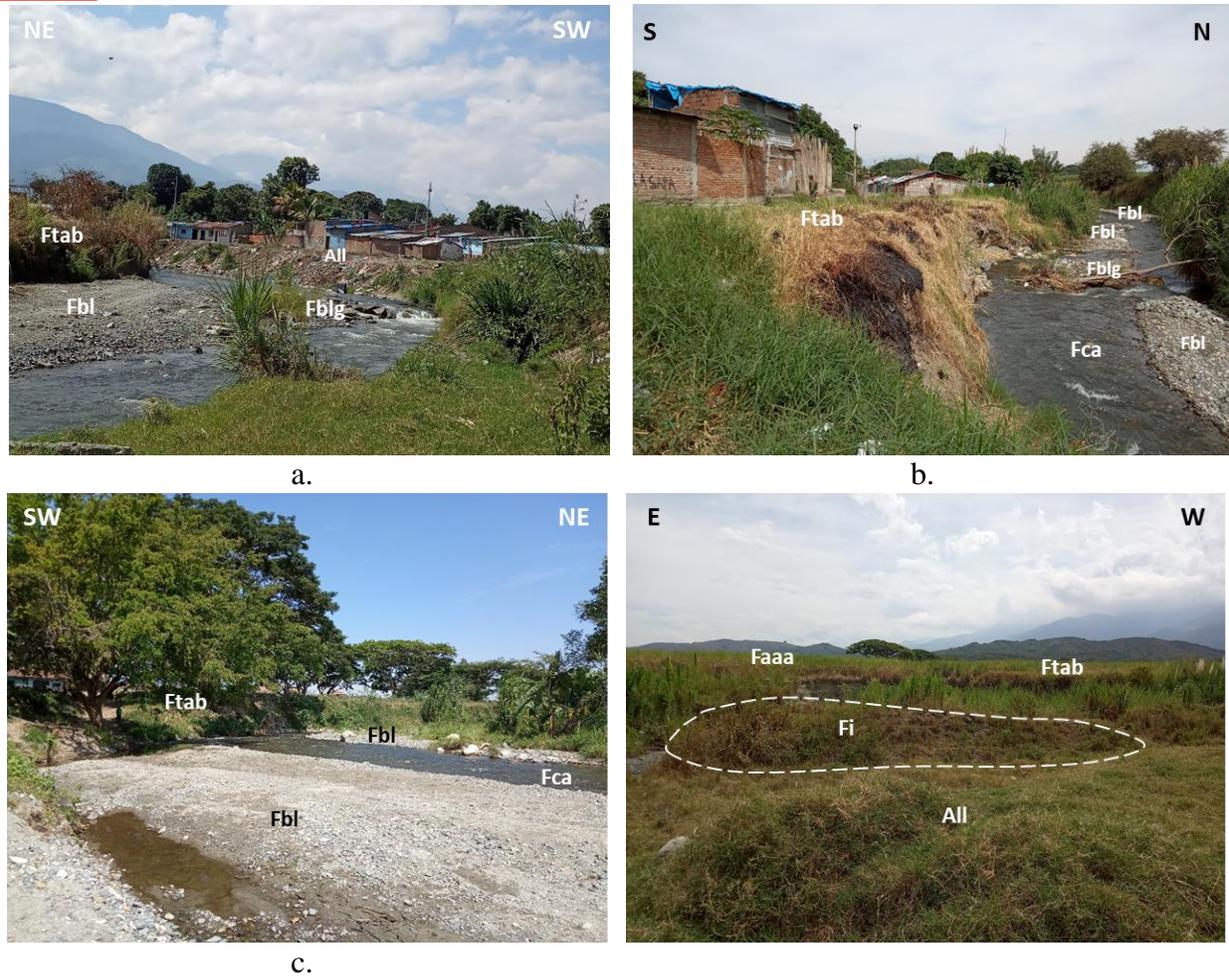


Figura 3.19. a y b. Depósitos de barra longitudinal y lateral en el barrio La Vega. c. Depósitos de barra lateral en el barrio Primero de Mayo. d. Isla (Fi) en medio del cauce, también se observan llenos antrópicos (All), terrazas bajas (Ftab) y depósitos de abanicos aluviales antiguos (Faaa)

Fuente: fotografía propia

Las **formas de origen Antrópico** corresponden a geoformas que han sido modeladas como producto de las actividades realizadas por el hombre, durante sus procesos de adaptación y aprovechamiento del territorio (Ibañez et al., 2012). Los elementos identificados con estas geoformas se definieron en el mapa como:

- **Llenos Mixtos (All):** En el río Bolo, corresponde a los llenos no diferenciados ubicados generalmente en la planicie de inundación sobre depósitos de terrazas bajas (**Ftab**) o en los sectores de curvas erosivas, donde el río ha ingresado y ha deteriorado las bases de las viviendas.

Es el caso del barrio La Vega (alrededores de la Cra 13); en este lugar se inició con un relleno de material de río (de parte de la Alcaldía) como solución a la erosión y desbarrancamiento ocasionado por la curva del mismo durante una de las temporadas invernales; sin embargo, la población continuó el relleno con todo tipo de material (plástico,

tela, basura, etc) (Figura 3.20), el espesor de este depósitos es de aproximadamente 2 m. Como este material es inconsolidado, durante las crecientes nuevamente es arrastrado por la corrientes y rellenado a su vez con el material que se tenga disponible; adicionalmente en este sector no existe alcantarillado y los habitantes realizan zanjas para evacuar las aguas servidas que son depositadas directamente en el rio Bolo.



Figura 3.20. a. Llenos antrópicos mixtos que reemplazan el material de la terraza aluvial baja (Ftab) del rio Bolo, en los alrededores de la Cra 13. b. Detalle del lleno mixto con profundidad aproximada de 2m. c. Aguas servidas que circulan entre los depósitos de llenos en el sector. d. Viviendas afectadas en épocas de inundación, nótese la fractura en paredes.

Fuente: fotografía propia

Otro lugar donde se evidencio la presencia de llenos no diferenciados (All) de hasta 1,5 m de espesor, es el sector entre la Cra 5 y Cra 3 (Figura 3.20).

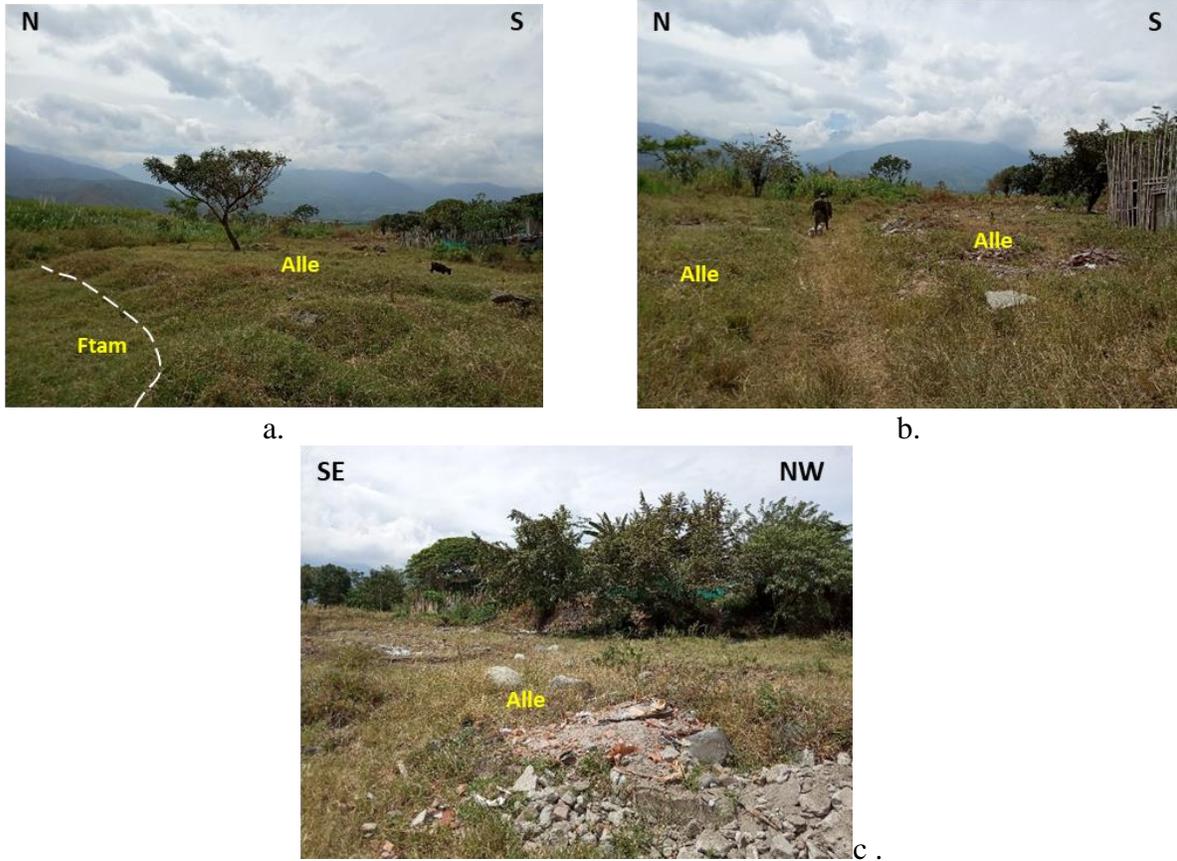


Figura 3.21. Llenos antrópicos mixtos entre la Cra 5 y 3. a. Contacto entre Llenos antrópicos mixtos (Alle) y depósitos de terrazas aluviales bajas (Ftam). b y c. Detalle del llenos mixtos.

Fuente: fotografía propia

Es importante mencionar un relleno de roca realizado en cercanía de la Cra 9, a manera de jarillón artesanal, es de espesor y ancho menor a 2 m y se hizo bordeando el río bolo con un largo de 15 m aproximadamente (Figura 3.22).



Figura 3.22. Lleno antrópico de roca en cercanía a la Cra 9. Barrio La Vega.

Fuente: fotografía propia

- Llenos de escombros (**Alle**): En el río Bolo, corresponde a los llenos realizados sobre una terraza aluvial baja (Ftab) entre las carreras 13 y 14, estos depósitos alcanzan un espesor de 4 m (Figura 3.23). También se observa un bajo porcentaje de muebles y otros materiales.



Figura 3.23. a. Llenos antrópicos mixtos que reemplazan el material de la terraza aluvial baja (Ftab) del río Bolo, en los alrededores de la Cra 13. b. Detalle del lleno mixto con profundidad aproximada de 2m. c. Geoformas en el sector del barrio Primero de Mayo, alrededores de la Cra 14.

Fuente: fotografía propia

Sobre la llanura de inundación del río Bolo, entre el barrio Primero de Mayo y Serrezuela, también se evidenció el relleno de una terraza aluvial baja (Ftab); es un área que al parecer se está preparando para realizar una urbanización, el espesor aproximado del relleno de escombros es de 4 m, no se pudo verificar la extensión y profundidad exacta del depósito, ya que el lugar se encuentra aplanado o nivelado (Figura 3.24); se observa un bajo porcentaje de otros materiales como madera, tubos y plástico.

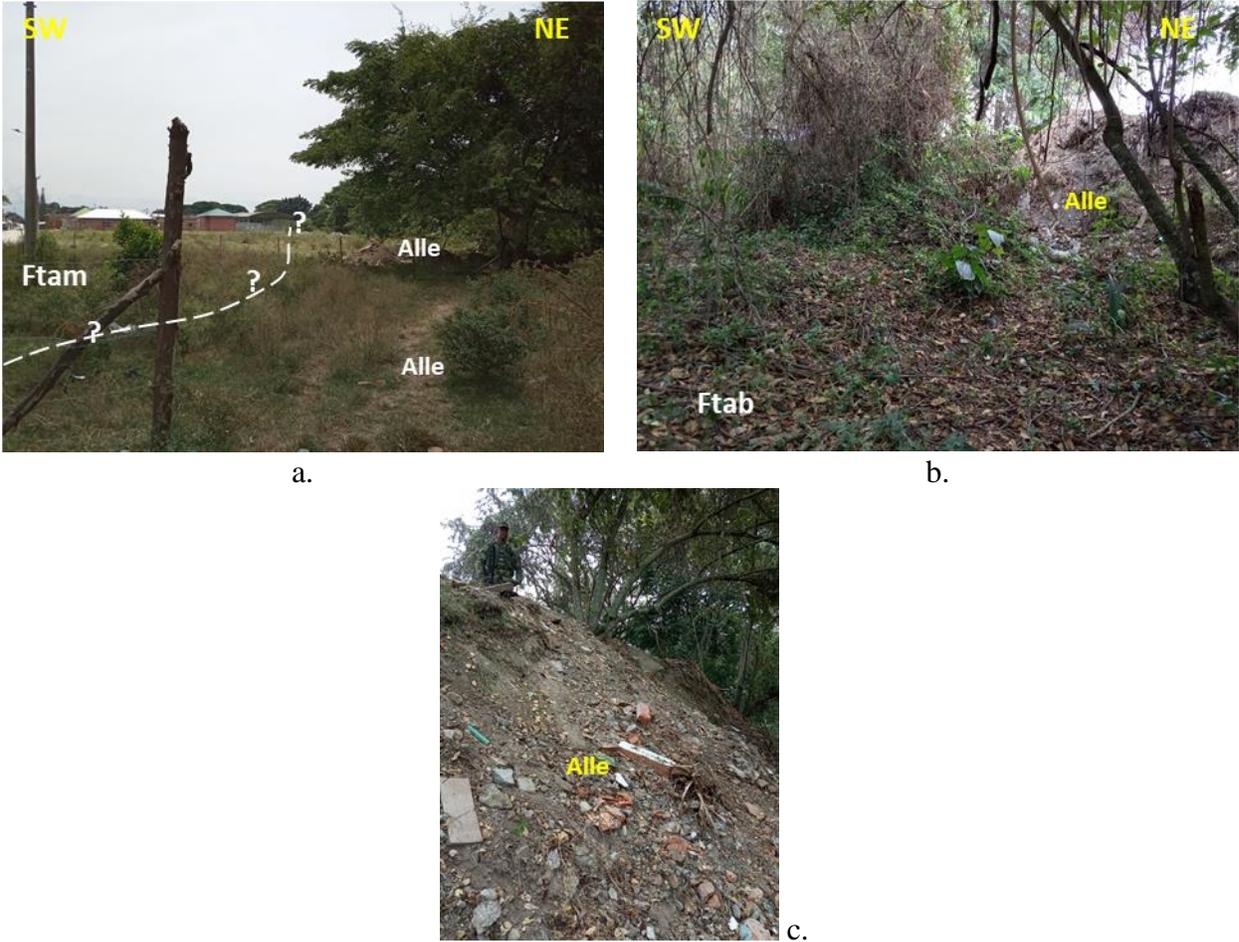


Figura 3.24. a. Llenos antrópicos de escombros (Alle) entre los barrios Primero de Mayo y Serrezuela. b. Material de relleno de escombros sobre depósitos de terraza aluvial baja (Ftab). c. Detalle del material y espesor de relleno en el sector.

Fuente: fotografía propia

3.3.3. Fase 3

El resultado de la integración de las fases 1 y 2 permitió realizar el análisis multitemporal del comportamiento del río Bolo entre los años 1998 y 2016, y adicionalmente identificar los lugares que han sido modificados con rellenos antrópicos hasta el presente en el área de estudio.

3.3.4. Análisis, resultados y discusión

De acuerdo con la jerarquización geomorfológica (IDEAM, 2013), la zona de estudio se localiza en la geomorfoestructura correspondiente a la parte septentrional del cinturón orogénico de los Andes colombianos, en la provincia geomorfológica: Cordillera oriental, flanco oriental. Este sistema montañoso se formó por procesos denudacionales y levantamientos orogénicos y epirogénicos, con deformaciones de origen compresional y distensional asociados localmente con diferentes grados de metamorfismo de composición y edad variada que han determinado el relieve y la morfología a través del tiempo desde el Paleozoico hasta el reciente.

La geomorfología de un cauce es definida por numerosos factores, entre ellos los factores hidráulicos, sedimentológicos, geológicos, tectónicos, la erosión y hasta los factores antrópicos tienen influencia; por lo tanto, herramientas como las fotografías aéreas e imágenes satelitales son un insumo muy importante en la determinación de las unidades Geomorfológicas.

Para la zona de estudio en Pradera se definió que el cauce del río Bolo presenta un patrón del tipo trenzado o entrelazado; es un cauce de carga mixta (carga suspendida y carga de fondo), de acuerdo a la clasificación de canales por su patrón y la relación con el sedimento transportado de Schumm 1981, tomado de Ramonell, (1997); la Figura 3.25 muestra esta clasificación. Adicionalmente el río Bolo presenta sinuosidad y su rivera tiene forma irregular.

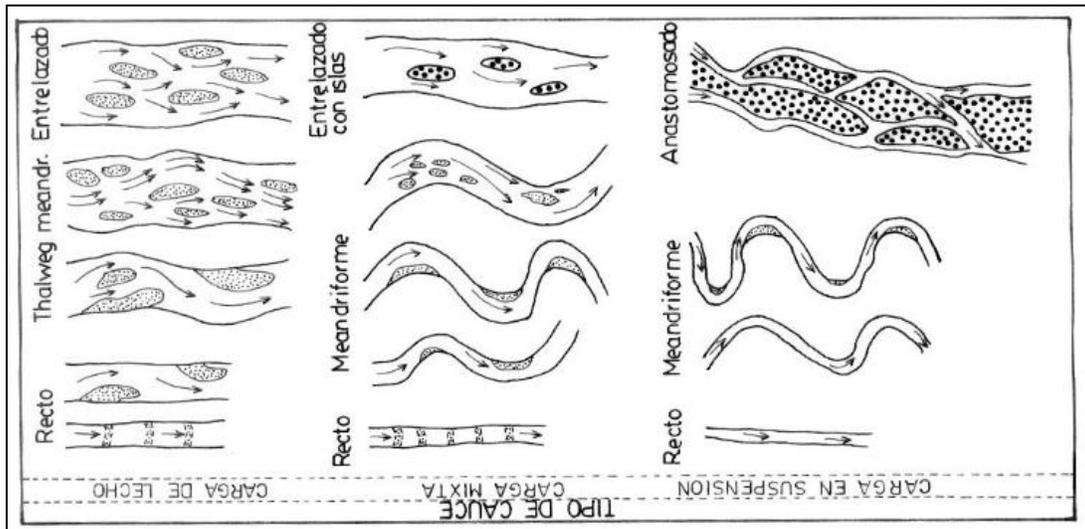


Figura 3.25. Variedad de patrones de cauces aluviales y su relación con la forma de transporte del sedimento, Schumm, 1981.

Fuente: Ramonell, 1997.

Estos cauces se caracterizan por tener una relación ancho profundidad alta y pendiente alta, además de una capacidad de migración lateral alta; su carga de sedimentos es grande, transportando sedimentos de gran tamaño, la velocidad de flujo también es alta al igual que la potencia de la corriente y pueden presentar deriva de cauce (avulsión).

Este sistema fluvial se caracteriza también por presentar varios canales separados por barras y pequeñas islas; es común encontrarlos donde existe abundancia de sedimentos, descargas de agua altas y esporádicas donde los ríos son sobrecargados con sedimentos, esto ocurre generalmente en las partes distales de los abanicos aluviales; como es el caso del municipio de Pradera, donde el área urbana está construida sobre un Abanico aluvial antiguo; se observa que en los períodos de descarga alta, la corriente en los canales es rápidamente sobrecargada de sedimentos gruesos, formando islas y barras alrededor de las cuales la corriente se desvía; desarrollando más de estas geofomas que separan los canales, generando el aspecto trenzado.

Los principales elementos morfológicos en un sistema de ríos trenzados se pueden detallar en la Figura 3.26.

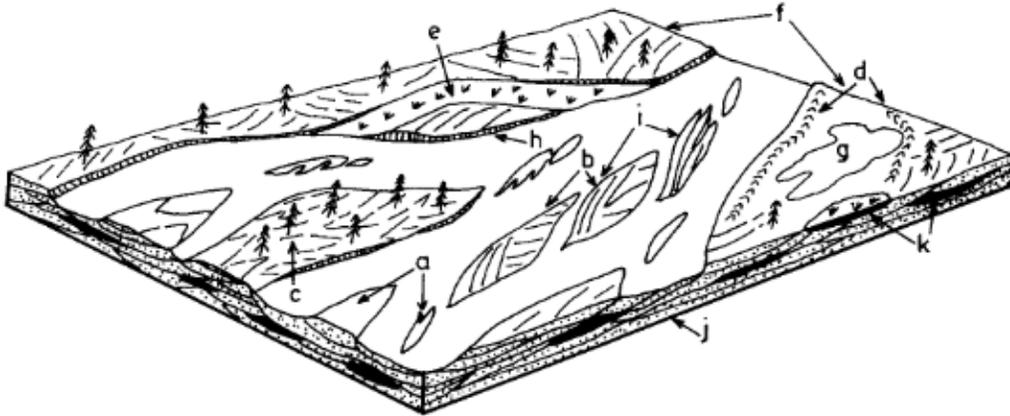


Figura 3.26. Características morfológicas de un sistema fluvial entrelazado. a. Bancos o barras de cauce. b. Bancos o barras adosados lateralmente. c. Isla. d. Albardones. e. Cauce abandonado (laguna o pantano). f. Llanura aluvial. g. Laguna. h. Margen erosivo. i. Margen deposicional. j. depósitos de cauce (bancos y fondo de canal). k. depósitos de inundación, rellenos sedimentarios de lagunas y pantanos.

Fuente: Ramonell (1997).

En el área urbana identificada vulnerable por avenidas torrenciales en el estudio de INGEOMINAS y CVC del año 1998, que corresponde al objeto de este estudio se observó que el material de las orillas corresponde a material no cohesivo; mostrándose como una mezcla de gravas y bloques principalmente, con algunos niveles de limos y arenas.

Se observó erosión intensa en algunos sectores en las laderas del río Bolo y usualmente en las curvas; también es evidente el relleno en algunos sectores afectados por erosión.

El análisis de las principales unidades geomorfológicas y características morfológicas del cauce para cada tiempo representado por las fotografías aéreas permitió realizar una caracterización morfológica en planta de cada periodo (años 1998 y 2004). Del mismo modo, comparando las características morfológicas entre varias fotografías, se pudieron valorar los procesos geomorfológicos que tuvieron lugar entre periodos (como erosión y estabilización, etc.) y su relación con los episodios de crecida y los impactos antrópicos descritos anteriormente. En cuanto a la tipología de barras, se observó cierta tendencia a la depositación de barras laterales y longitudinales que aparecen y desaparecen a través de los años, mientras que la formación de islas es poca en el área de estudio.

También se puede decir que la movilidad de los canales del río Bolo entre el año 1998 y el 2004, se da dentro del cauce mayor y no se encontró evidencia reciente de avulsión (migración o re-direccionamiento del cauce hacia una zona de mayor pendiente); sin embargo, entre el año 2004 y 2014 se observaron algunos cambios en la dinámica, donde es evidente el incremento de la sinuosidad en algunas de las curvas del río, uno de los cambios más significativos se observa entre la Cra 15 y la Cra 13; también en inmediaciones de la Cra 9 y al NE del municipio. Asimismo, se

puede notar que algunos de estos cambios coinciden con los lugares que han sido modificados con rellenos antrópicos. El canal interpretado para el año 2016 presenta una tendencia similar al del año 2014 (Figura 3.28).

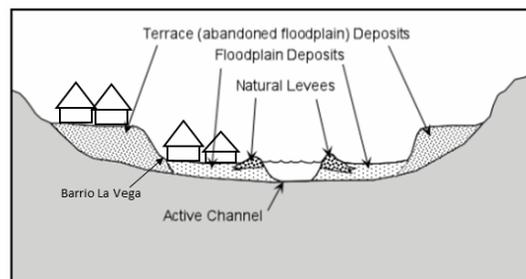


Figura 3.27. Detalle de modificaciones de cauce que coinciden con rellenos antrópicos en el área de estudio.

Fuente: Modificado de Google Earth (2016).

Se debe tener presente que las zonas de máximas crecientes extraordinarias se encuentran ocupadas por las viviendas de los barrios construidos en la planicie de inundación o terrazas aluviales del río Bolo, como el barrio La Vega y el barrio Primero de Mayo; construidos principalmente en las zonas de depósitos de terrazas aluviales bajas (Ftab). En la Figura 3.28 se detalla el concepto de cauce menor y cauce mayor.

El **cauce menor** es aquel por donde escurre agua todo el año (por ello se lo denomina permanente).



El **cauce mayor** (o **llanura de inundación**), contiene al primero y sólo es invadido por el curso menor debido al desborde durante las crecidas

Figura 3.28. Gráfico explicativo adaptado al municipio de Pradera, sobre el concepto de cauce menor y cauce mayor.

Fuente: Sin Autor.

4. VULNERABILIDAD ANTE AVENIDAS TORRENCIALES DEL MUNICIPIO PRADERA

La zonificación de vulnerabilidad ante avenida torrencial tiene como propósito aportar información y conocimiento para la disminución de las condiciones actuales del riesgo en el área de estudio del municipio frente a las amenazas y socio naturales. Esto se realiza en concordancia con el proceso de conocimiento del riesgo, definido por la Ley 1523 de 2012, a partir del análisis de amenazas y riesgos a nivel de zonas urbanas, acorde con lo dispuesto en el Decreto 1077 de 2015, lo cual permitirá abordar de manera adecuada los procesos de planificación ambiental y territorial, definiendo con mayor precisión las medidas prospectivas y correctivas que se deban implementar.

Los fenómenos naturales no se constituyen por sí mismos en un riesgo, sino que se transforman como tal ante la interacción con una comunidad expuesta. La presencia de personas y bienes materiales en áreas sujetas a procesos naturales potencialmente desastrosos dan lugar a que se generen daños y pérdidas relativas; esto significa que en la medida en que se produzca un aumento los elementos expuestos (nuevas construcciones y crecimiento poblacional) que no tengan en consideración las condiciones actuales y futuras del riesgo, habrá un incremento considerable en los posibles daños.

En este capítulo se realiza el análisis de vulnerabilidad ante el fenómeno de avenida torrencial en el municipio de Pradera.

El capítulo presenta la siguiente estructura: Primero, una conceptualización de vulnerabilidad, exposición y fragilidad. Segundo, metodología utilizada para el análisis de vulnerabilidad de avenida torrencial en la zona urbana del municipio. Tercero, análisis y zonificación de vulnerabilidad ante avenida torrencial, teniendo en cuenta la presión de impacto, la identificación, localización y caracterización de los elementos expuestos en las zonas de amenaza alta y media. Cuarto, conclusiones y recomendaciones.

Es importante resaltar que los cálculos de amenaza (insumo fundamental para identificación de la vulnerabilidad y el riesgo) se adopta del estudio “Zonificación de amenaza y riesgo por avenidas torrenciales de la cabecera municipal de Pradera, INGEOMINAS y CVC (1998)”, por requerimiento de la entidad territorial, lo cual influye trascendentalmente en los resultados de la vulnerabilidad y los escenarios de riesgo.

4.1. CONTEXTO DE LA AMENAZA POR AVENIDAS TORRENCIALES EN EL MUNICIPIO DE PRADERA

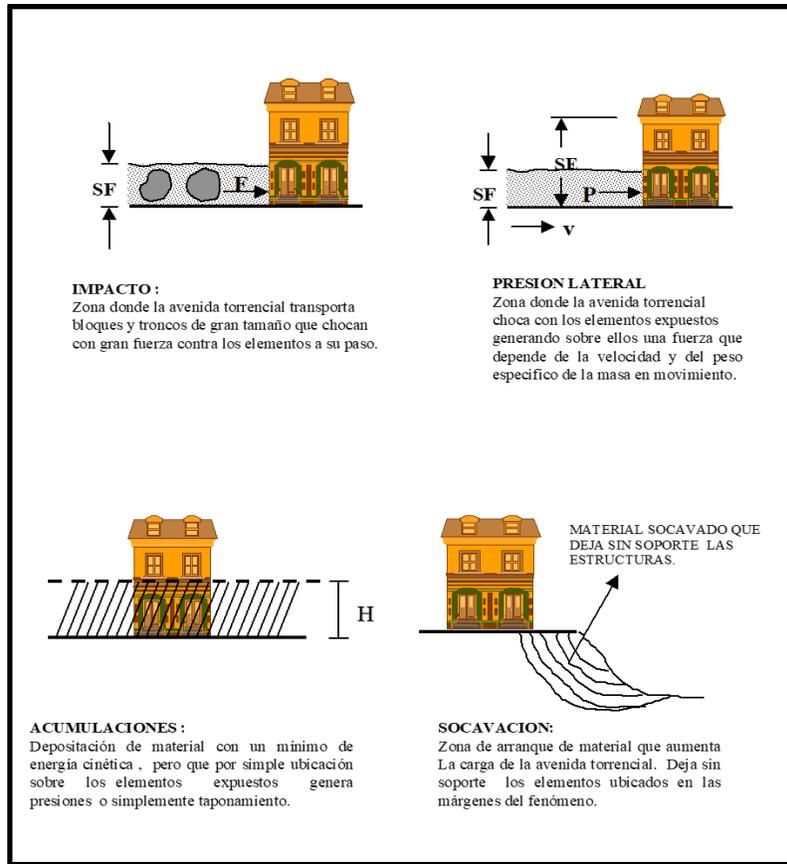
En la actualización de la vulnerabilidad física para el fenómeno de avenida torrencial en el municipio de Pradera, se tiene como soporte único y fundamental, el estudio de “Zonificación de amenaza y riesgo por avenidas torrenciales de la cabecera municipal de Pradera - Valle del Cauca” realizado por INGEOMINAS y la CVC en el año 1998. En este estudio, la amenaza relativa, tal como es denominada por los autores, se evalúa por medio del método observacional integrado, el cual, emplea técnicas de fotointerpretación geomorfológica, levantamientos de campo de tipo geológico y sedimentológico, y registros históricos junto con testimoniales de eventos anteriores, donde se incluye como factor detonante la ocurrencia de lluvias.

Según lo expuesto en el informe técnico del estudio, se habla de amenaza relativa dado que, a pesar de la existencia de investigaciones a escala regional y local, la relación temporal de los mecanismos disparadores de avenidas torrenciales, no se puede establecer fácilmente en un modelo espacial; por lo tanto, el mapa de amenaza resultante, está dirigido a predecir qué áreas podrían ser más afectadas, sin indicar claramente cuando pueden tener lugar (INGEOMINAS y CVC, 1998).

INGEOMINAS y CVC (1998; 2001), como parámetro para definir la zonificación de la amenaza y como una de las variables de análisis en la evaluación de la vulnerabilidad se toma a la *intensidad*, la cual, se aborda a través de los *procesos de generación de daños*, también denominados como *solicitaciones*. Estos, buscan representar de manera objetiva las distintas formas de interacción entre los fenómenos y los diferentes elementos expuestos, y conllevar a la cuantificación de su magnitud. Para esto, realizan una adaptación de la propuesta de Leone (1996) y, teniendo en cuenta la diversidad, complejidad y variabilidad de los mecanismos que intervienen en los fenómenos de avenidas torrenciales definen los siguientes procesos de daños Figura 4.1

- **Impactos:** se considera la sollicitación generada por elementos de gran tamaño como bloques y troncos, con altas velocidades, que producen fuerzas puntuales, causando muchos daños severos a las estructuras y, en general, a todo elemento que encuentran a su paso.
- **Presiones:** se considera como la sollicitación generada por flujos de gravas y arenas que se desplazan a gran velocidad y que efectúan una fuerza uniforme sobre las superficies de contacto con los elementos, permitiendo una mejor respuesta de estos frente al fenómeno.
- **Socavación Lateral:** se entiende como la erosión hídrica intensa de algunas márgenes de cauces y acequias que afectan las bases de los taludes, desestabilizando áreas superficiales. Su grado de afectación puede variar dependiendo de la magnitud de la socavación y de los elementos ubicados en el área de influencia.
- **Acumulaciones:** más que una sollicitación física sobre los elementos, se puede considerar como una afectación por obstrucción y taponamiento de ciertas estructuras; su grado de afectación dependerá de la magnitud de la acumulación, en donde se tendrá muy en cuenta la viabilidad de la recuperación del elemento o su pérdida total.

A partir de lo anterior y considerando los tipos de sollicitaciones definidos, se establecen unos criterios que permiten asociarlos a las condiciones de amenaza y delimitar una zonificación ajustada a las condiciones locales del área de estudio, tal como se describe a continuación (INGEOMINAS y CVC, 1998; 2001):



SF: superficie de acción del fenómeno

F: fuerza generada por boques u objetos de gran tamaño

SE: superficie de exposición del elemento

P: presión generada por el volumen del fenómeno

V: velocidad del viaje del fenómeno

H: altura de la acumulación

Figura 4.1. Procesos generadores de daños.

Fuente: INGEMONINAS y CVC, 1998.

4.1.1. AMENAZA ALTA

- **Alta por impacto e inundación (AI):** son aquellos sectores amenazados por agua con sedimentos gruesos (desde 10 cm hasta bloques de 1,5 cm). Se puede prever una destrucción parcial a total de las estructuras y elementos que pueda encontrar a su paso. La deposición de bloques en estas zonas restringe considerablemente el uso futuro del suelo y afecta significativamente las secciones de las acequias.
- **Alta por presión, acumulación e inundación (AP):** son áreas donde la energía cinética del agua con sedimentos (tamaño limo, arena y grava) es tal, que causa esfuerzos comprensivos sobre estructuras y ocasiona destrucción de paredes y obras transversales al flujo; los daños también pueden deberse a inundación y acumulación de sedimentos dentro y fuera de las construcciones. Se pueden afectar de manera significativa actividades agrícolas y pastoriles, mientras que las acequias pueden sufrir colmatación o destrucción.
- **Alta acumulación e inundación (AA):** corresponde a zonas donde la energía del agua es mínima y en raras ocasiones se puede producir destrucción de paredes y obras transversales

al flujo. En estas áreas el proceso dominante es la sedimentación de la carga sólida con alturas mayores a 1,0 m (principalmente arenas y limos). Se pueden presentar taponamientos de algunos elementos y en algunos casos, para efectos prácticos el nivel de daño puede considerarse destrucción total.

- **Alta por socavación lateral (AS):** son zonas localizadas en los bordes de las terrazas y escarpes, contra el cauce activo del río, que poseen alta susceptibilidad o actualmente son afectadas por procesos de erosión o socavación lateral, esta última principalmente durante las crecientes tanto normales como extraordinarias del río. A ella se asocian desprendimientos y derrumbes de variada magnitud.

Esta amenaza se representa en la Figura 4.2.

4.1.2. AMENAZA MEDIA

- **Moderada por impactos (MI):** son zonas correspondientes a superficies ligeramente planas, cruzadas por varias depresiones geomorfológicas, con presencia superficial de bloques de roca de variado tamaño (de hasta 1,5 m), dejados por antiguas avenidas torrenciales. Zonas consideradas por impacto de bloques, pero con baja probabilidad de que el fenómeno alcance esas áreas.
- **Moderada por presión, acumulación e inundación (MP):** son áreas donde la energía cinética del agua con sedimentos (tamaño limo y arena) puede causar esfuerzos comprensivos moderados, con posibilidad intermedia de dañar estructuras. Se esperan daños menores a moderados, con posibilidad intermedia de dañar estructuras, dependiendo de la constitución de las estructuras; las actividades agrícolas y pastoriles se pueden ver parcialmente afectadas al igual que los canales, estos últimos por sedimentación parcial (obstrucción).
- **Moderada acumulación e inundación (MA):** son zonas consideradas de inundación y sedimentación, esta última de moderada a pequeña magnitud (<1,0 m). Se pueden presentar daños ligeros en estructuras y afectación principal a muebles y enseres; perturbación parcial a total de las actividades agrícolas y pastoriles, y posible obstrucción de canales.
- **Moderada por erosión y remoción en masa (ME):** son zonas de colinas y bordes de terrazas susceptibles o con procesos de erosión de tipo laminar, surcos, cárcavas, terracetas, en donde hay probabilidad de generarse fenómenos de inestabilidad como deslizamiento, entre otros. Se consideran niveles de daño variados en los elementos expuestos, con una probabilidad de ocurrencia muy baja.

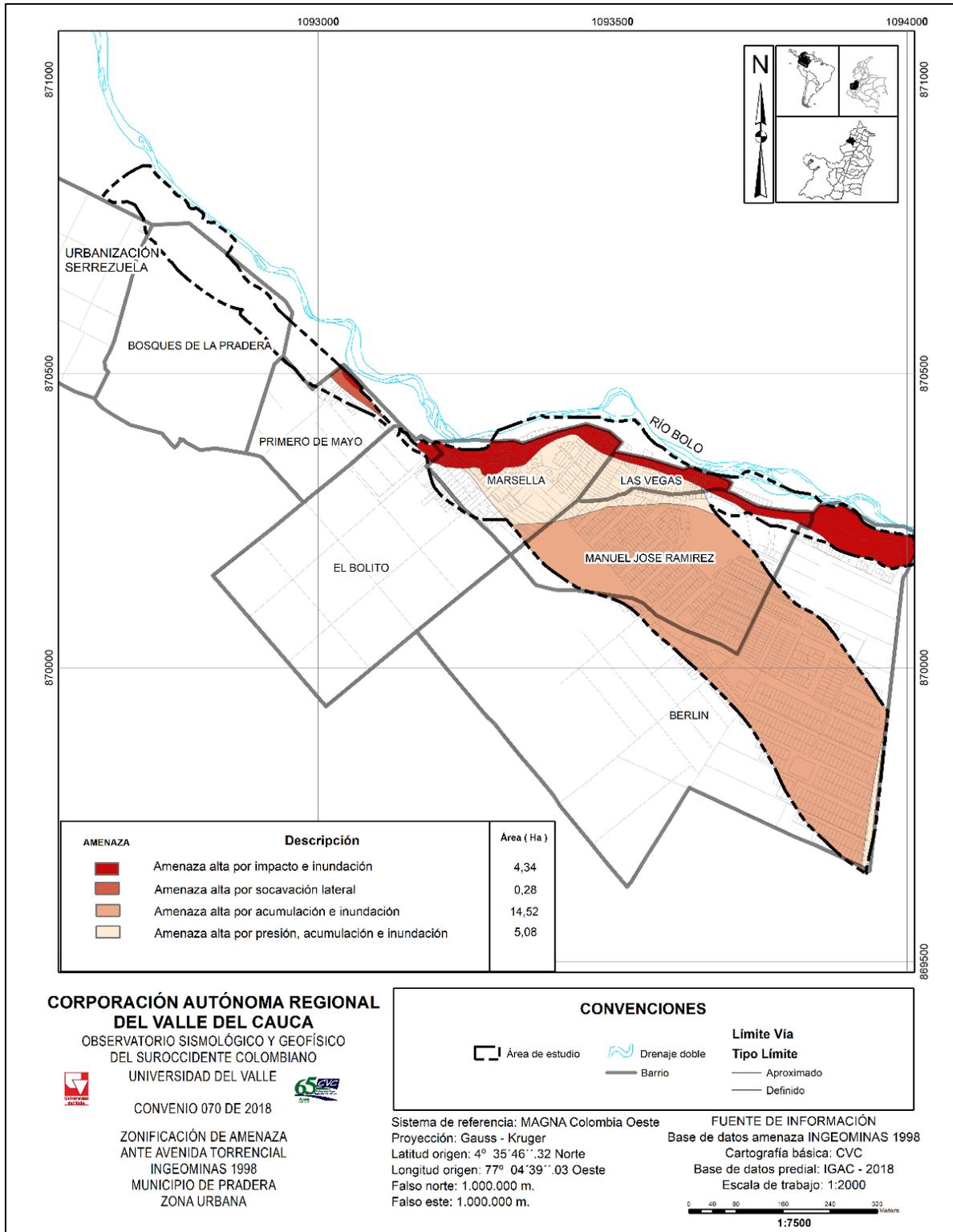


Figura 4.2. mapa de amenaza apta por avenidas torrenciales en la zona urbana Pradera
Fuente: elaboración propia con base al estudio INGEOMINAS y CVC (1998)

4.2. CONCEPTUALIZACIÓN DE VULNERABILIDAD

En este apartado se presentan los conceptos centrales tenidos en cuenta para el análisis de la vulnerabilidad ante el fenómeno de avenida torrencial en el municipio de Pradera.

Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR, 2009), existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Estos se relacionan directamente con la interrelación de los diferentes niveles de organización de la sociedad, entre ellos, los grados de exposición a un tipo de amenaza, formas inadecuadas de construcción, la falta de información y concientización pública, la voluntad política de los dirigentes, la falta de articulación entre las entidades tomadoras de decisiones, los organismos de socorro y la comunidad para hacerle frente a los posibles fenómenos catastróficos que puedan presentarse en un espacio y tiempo determinados.

4.2.1. Vulnerabilidad

El concepto de vulnerabilidad se entiende como la condición de debilidad o fragilidad de un individuo, elemento o sistema (social o ecológico), que por su naturaleza o particularidades intrínsecas y estando expuesto, está propenso a ser afectado o a sufrir daños ante la ocurrencia de un determinado tipo de fenómeno, evento, suceso o proceso amenazante. En esta definición se resalta que, por un lado, la vulnerabilidad es una propiedad intrínseca del elemento o sistema expuesto que por su naturaleza tiene una condición de fragilidad, que se entiende como una propiedad negativa de un elemento o sistema que reduce su capacidad de resistencia a sufrir daños ante la ocurrencia de un fenómeno que pueda afectarlo (Salcedo, 2015).

La Ley 1523 del 2012, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres define la vulnerabilidad como “la susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos”. En otras palabras, la vulnerabilidad se relaciona directamente con la calidad de vida, pues esta es intrínseca al individuo (Congreso de la República de Colombia, 2012).

Para la evaluación de la vulnerabilidad, el presente estudio considera que operativamente, está conformada por la exposición del o los elementos expuestos y su fragilidad ante el impacto de determinado tipo de fenómeno amenazante, por el cual es necesario considerar la presión de impacto del fenómeno (magnitud o intensidad) las cuales serían los posibles tipos de afectación que se podrían generar en el elemento expuesto. A continuación, se definen estos parámetros.

4.2.2. Escenario de Vulnerabilidad

Los escenarios de vulnerabilidad incluyen la exposición de los elementos (bienes físicos y personas) y su grado de fragilidad en relación con la intensidad del evento amenazante.

Relacionar la fragilidad de los elementos expuestos con variables físicas del fenómeno, como su velocidad, profundidad y densidad, permite conocer su posible impacto y los niveles de daño esperados. Un escenario de vulnerabilidad permite categorizar y zonificar la vulnerabilidad de manera diferenciada para cada amenaza trabajada, pues la respuesta de los elementos expuestos va a ser diferente dependiendo del fenómeno trabajado, y de cómo éste interactúa con sus propias características de fragilidad. De esta forma, teniendo en cuenta lo anterior y la metodología llevada a cabo para el desarrollo del presente proyecto, en adelante se habla de escenarios de vulnerabilidad.

4.2.3. Exposición

Para Cardona (1993), “elementos expuestos o elementos bajo riesgo son los contextos social y material, representados por las personas y por los recursos y servicios que pueden ser afectados por la ocurrencia de un evento, es decir, las actividades humanas, los sistemas realizados por el hombre tales como edificaciones, líneas vitales o infraestructura, centros de producción, utilidades, servicios y la gente que los utiliza”.

Cabe señalar que los elementos expuestos pueden dividirse en cuatro grupos:

- *Elementos corporales.* Corresponden a las personas o habitantes expuestos en la zona de amenaza. Deben ser los de mayor importancia al evaluar las condiciones de del riesgo y tomar las decisiones para su reducción o mitigación. Por tal razón es fundamental contar un censo actualizado de los habitantes de la zona, contando con el conocimiento dinámico de éstos, es decir, migraciones e inmigraciones (INGEOMINAS y CVC, 2001).
- *Elementos estructurales.* Representan elementos materiales que a su vez pueden dividirse en: construcciones (viviendas, edificaciones), redes (vías, conducciones, líneas y acequias) (INGEOMINAS y CVC, 2001).
- *Elementos funcionales.* En esta categoría se consideran todas aquellas de tipo económico y no económico que son susceptibles de ser perturbadas por determinado tipo de proceso en la posible zona de afectación (INGEOMINAS y CVC, 2001). En este grupo se evalúan actividades agrícolas, comerciales, industriales, entre otras.
- *Elementos ambientales.* Corresponden a todos los elementos en el territorio que pueden ser afectados por un proceso; pueden ser generalizados como los aspectos del medio ambiente que agrupa los del componente abiótico (cuerpos de agua superficial o subterránea, aire, suelo y paisaje) y biótico (recursos de flora y fauna).

4.2.4. Fragilidad

Está asociada directamente con la debilidad o resistencia de una persona o comunidad al verse afectada por una situación en particular. "La fragilidad está referida al nivel de resistencia y protección frente al impacto de un peligro o amenaza, es decir las condiciones de desventaja o debilidad relativa de una unidad social por las condiciones socioeconómicas" (MEF y GTZ 2007).

Desde el punto de vista estructural la fragilidad es entendida como las condiciones intrínsecas de un elemento expuesto; condición de resistencia o sensibilidad de un material ante la fuerza de un fenómeno. La fragilidad va a depender de la presión del impacto del fenómeno sobre la resistencia del material y se determinada acorde a la magnitud e intensidad de los eventos a los cuales está expuesto.

4.2.5. Intensidad - Tipos y modos de daños

El escenario de vulnerabilidad está asociado a la intensidad y la magnitud del evento sobre las edificaciones, el ambiente y las personas expuestas que pueden padecer diferentes tipos de daño o afectación, que serán valorados en función de la intensidad o magnitud (severidad) con la cual se manifieste el evento amenazante. El tipo y modo de daño que pueden sufrir los elementos expuestos constituyen el elemento fundamental del denominado escenario de vulnerabilidad.

Anteriormente se pensaba que la intensidad de los daños esperados seria limitada y restringida, es decir, que dada una determinada intensidad debería ocurrir un cierto tipo de daños, lo que implicaría que la distribución de daños fuera uniforme, no obstante, las características intrínsecas de los elementos expuestos son diferente según el tipo de evento.

4.2.6. Avenida torrencial

Las avenidas torrenciales, avalanchas o flujos de lodos tienen carácter direccional, se describen como una mezcla de agua y sedimentos en diferentes proporciones, que se desplazan rápidamente a lo largo de cauces en cuencas pequeñas y de montaña, presentan gran capacidad destructiva, logrando demoler construcciones y arrasar planicies fluviales dejándolas cubiertas de material sólido o escombros; generando así, tiempos de respuesta muy cortos para la toma de acciones por parte de la población localizada en las zonas bajas inundables (Koutroulis y Tsanis 2010; Ordoñez 2018).

En Colombia las avenidas torrenciales son entendidas desde fenómenos gravitacionales tipo movimientos en masa, por parte de profesionales de la geología, hasta fenómenos hidrológicos tipo crecientes súbitas, por parte de profesionales en el campo de la hidrología (Aristizabal, Arango y García, 2020)

INGEOMINAS (2001) define las avenidas torrenciales como fenómenos de remoción en masa donde el agua de una corriente aumenta considerablemente su volumen por el transporte de material sólido que ha caído a su cauce desde las laderas adyacentes.

En el marco de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas POMCAS las avenidas torrenciales son entendidas como inundaciones de tipo fluvial rápidas o torrenciales. La Guía Técnica para la formulación de los POMCA define las avenidas torrenciales como crecientes súbitas que por las condiciones geomorfológicas de la cuenca están compuestas por un flujo de agua con alto contenido de materiales de arrastre (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo 2014).

4.3. METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD ANTE AVENIDAS TORRENCIALES

Metodológicamente, el desarrollo del presente Convenio se soporta en la “*Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa*” del Servicio Geológico Colombiano (SGC) (2016), la cual brinda las etapas generales a tener en cuenta en la evaluación de la vulnerabilidad física y los elementos necesarios para dar cumplimiento a los lineamientos establecidos en el Decreto 1807 del 2014 para los estudios a detalle (1:2000).

La propuesta de caracterización de la vulnerabilidad presentada en dicha guía se ha soportado con base en los estudios de Uzielli et al. (2008), Li et al. (2010) y Du et al. (2013, 2014). Por lo tanto, cabe mencionar que lo presentado por el SGC (2016) y por estos autores, se ha adecuado para el presente estudio conforme a las necesidades del proyecto y a las condiciones del área del estudio, teniendo en cuenta el juicio de expertos de los profesionales que conforman el equipo de trabajo y el respectivo soporte bibliográfico. Así mismo, es de aclarar que, a pesar de ser una metodología enfocada principalmente al fenómeno de movimiento en masa, se ha modificado conforme a criterios técnicos para ser implementada en el fenómeno de avenida torrencial.

El análisis de la vulnerabilidad comprende dos etapas fundamentales: la identificación de los escenarios de vulnerabilidad y la zonificación de la vulnerabilidad. Los escenarios de vulnerabilidad se construyen con base en la exposición de los elementos (bienes físicos y personas) y su grado de fragilidad ante el evento amenazante. Una vez se obtienen los escenarios, se procede a realizar la zonificación de la vulnerabilidad en niveles de alta, media y baja (SGC, 2016).

4.3.1. Escenario de Vulnerabilidad

La caracterización del escenario de vulnerabilidad incluye la estimación de la exposición para los elementos físicos y corporales, así como también los niveles de fragilidad ante el evento amenazante, matemáticamente se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$V = E * F \quad (1)$$

Dónde: V es Vulnerabilidad, E representa la Exposición y F corresponde a la Fragilidad.

La exposición se refiere a la ubicación geográfica que tienen los diversos elementos ante la amenaza. Mientras que la fragilidad representa la relación entre la fuerza de impacto del fenómeno amenazante y las condiciones de resistencia o capacidades que tienen los elementos expuestos para soportar la severidad de la amenaza. En términos generales, la fragilidad se expresa como:

$$F = \frac{P_{imp}}{S} \quad (2)$$

Dónde: P_{imp} es la presión de impacto del fenómeno amenazante sobre el elemento expuesto, y S corresponde a la resistencia del elemento expuesto. La presión de impacto depende de la intensidad del evento, por lo tanto, la expresión de la vulnerabilidad se transforma en:

$$V = \frac{1}{2} \text{Exp} \left(\frac{I}{1-S} \right)^2 \quad I \leq 1 - S \quad (3)$$

$$V = 1 - \frac{1}{2} \text{Exp} \left(\frac{1-I}{S} \right)^2 \quad I > 1 - S \quad (4)$$

Donde:

V: vulnerabilidad

Exp: exposición

I: Intensidad

S: factor de seguridad (resistencia)

(v, Exp, I, S) son adimensionales $\in [0,1]$

Por lo tanto, la fragilidad está representada por todo lo que multiplica a la exposición. Tal como se muestra en la siguiente expresión (ecuación 17):

$$\left(\frac{1-I}{S} \right)^2 \quad \text{o} \quad \left(\frac{I}{1-S} \right)^2 \quad (5)$$

Del cálculo de la vulnerabilidad se debe considerar lo siguiente:

- Para estructuras, un valor de 1 significa la destrucción completa de la estructura. Los valores menores que 1 representan el grado de daño, y 0 significa que la edificación no presenta ningún daño (Tabla 4.1).
- En personas, 1 significa la pérdida de la vida, y los valores menores que 1 se traducen como la probabilidad de pérdida de la vida (Tabla 4.1).

Finalmente, con base en los valores de vulnerabilidad definidos se prepara la cartografía correspondiente. La vulnerabilidad alta se identifica con color rojo, la vulnerabilidad media con color amarillo y la vulnerabilidad baja con color verde.

Tabla 4.1. Clasificación de la vulnerabilidad para estructuras y líneas vitales

CLASIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	VALOR DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN	
		ESTRUCTURA (EDIFICACIONES)	PERSONAS
ALTA	0,60 - 1,00	Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar mayor contacto con la amenaza, condiciones delicadas de fragilidad estructural, acompañados de una nula capacidad de resistencia frente a situaciones adversas. Se puede presentar colapso total de la estructura.	Las personas expuestas en la zona se caracterizan por presentar mayor contacto con la amenaza, condiciones delicadas de fragilidad corporal, acompañados de una nula capacidad de resistencia con posibilidad de muerte o lesiones serias.
MEDIA	0,30 - 0,60	Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar unos niveles de fragilidad estructural relativamente moderados, con insuficientes condiciones de resistencia. Pueden generarse daños moderados de la estructura.	Las personas expuestas en la zona se caracterizan por presentar unos niveles de fragilidad corporal relativamente moderados con posibilidad de lesiones moderadas, pero baja probabilidad de muertes.
BAJA	0,00 - 0,30	Los elementos expuestos en la zona se caracterizan por presentar bajos niveles de exposición y fragilidad estructural, cuyas condiciones de infraestructura son adecuadas y su resistencia es aceptable.	Las personas expuestas en la zona se caracterizan por presentar unos niveles de exposición y fragilidad corporal baja con probabilidad de muerte casi nula y lesiones muy leves o inexistentes.

Fuente: elaboración propia

A continuación, se presenta de manera detallada cada una de las fases y procedimientos llevados a cabo para evaluar la vulnerabilidad ante el fenómeno de avenida torrencial

4.3.2. Escenario de vulnerabilidad ante avenida torrencial

De acuerdo con el análisis de la caracterización del escenario de vulnerabilidad ante avenida torrencial de los elementos expuestos de edificaciones, personas y líneas vitales se describe a continuación los soportes metodológicos y bibliográficos tomados en cuenta para su evaluación.

4.3.2.1. Exposición ante avenida torrencial

Los elementos expuestos incluyen tanto elementos físicos (bienes e infraestructura), como elementos corporales (personas), que por su localización pueden resultar afectados por la materialización de una amenaza (SGC, 2016). En este sentido, con el fin de evaluar la exposición para el fenómeno trabajado, se asignaron valores de acuerdo con la localización de los elementos en los respectivos niveles de amenaza.

Dado que para el municipio de Pradera la evaluación de la vulnerabilidad se realizó en la zona de amenaza alta, por consenso con la CVC, se tomó como base las zonas dentro de este nivel de amenaza, asociadas con cada uno de los diferentes tipos de solicitaciones. El nivel de exposición se define conforme a la descripción de cada uno de los procesos que se pueden generar en cada una de estas zonas (Tabla 4.2)

Tabla 4.2. Valores de exposición

NIVEL DE AMENAZA	SUBNIVEL	EXPOSICIÓN
ALTA	Alta por impacto e inundación (AI)	1
	Alta por presión, acumulación e inundación (AP)	0.9
	Alta acumulación e inundación (AA)	0.7
	Alta por socavación lateral (AS)	1

Fuente: elaboración propia

4.3.2.2. Fragilidad ante avenida torrencial

La fragilidad está determinada por dos factores principales, uno es la intensidad del evento y el otro es el factor de resistencia. A continuación, se describe el procedimiento llevado a cabo para la estimación de cada factor:

4.3.2.2.1. Intensidad ante avenida torrencial

Se toma como base la clasificación de amenaza establecida en dicho estudio dado que es el único valor que espacialmente está representado, y como se explicó anteriormente, su delimitación tiene como criterio las diferentes solicitaciones definidas para la valoración de la intensidad. En este sentido, con base en la descripción de cada solicitación y de las zonas de amenaza, se asignó un rango de intensidad conforme a *la escala de modos y niveles de daños planteada* por Leone (1996) y adaptada por INGEOMINAS y CVC (1998; 2001) (Tabla 4.3 y 4.4).

Posteriormente, recurriendo al método de validación por juicio de experto, para cada zona de amenaza se asignaron valores de 0 a 1 (cero a uno), donde el valor más cercano a 1 (uno) indica una intensidad mayor (Tabla 4.3). Los valores de intensidad definidos para cada nivel de amenaza con base en los criterios de profesionales y académicos con experiencia en el campo, se incluyen en la ecuación de la evaluación de la vulnerabilidad definida en la metodología implementada en el presente trabajo, donde los valores de intensidad se relacionan con la exposición y la resistencia de los elementos expuestos.

Cabe aclarar que, los valores de intensidad se toman de manera general para todos los elementos expuestos.

Tabla 4.3. Categorías y valores de intensidad.

NIVEL DE AMENAZA	SUBNIVEL	INTENSIDAD	PESO
ALTA	Alta por impacto e inundación (AI)	III	1
	Alta por presión, acumulación e inundación (AP)	III	0,9
	Alta acumulación e inundación (AA)	II	0,8
	Alta por socavación lateral (AS)	II	0,1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4.4. Descripción de los niveles de intensidad para elementos corporales, estructurales y funcionales.

NIVEL DE INTENSIDAD	CORPORAL	ESTRUCTURAL	REDES	FUNCIONALES
III	Heridas muy graves, muerte	Daños muy graves o destrucción total de la estructura.	Destrucción total. Ruptura de canales o vías.	Interrupción definitiva de actividades.
II	Heridas importantes	Daños importantes, fisuración de elementos.	Obstrucción de gran volumen de las redes o afectación de alguna sección de la red.	Interrupción prolongada de actividades.
I	Heridas leves. Sin secuelas	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada.	Obstrucciones o afectaciones menores.	Interrupción temporal de actividades.

Fuente: elaboración con base en información de Leone (1996) y INGEOMINAS y CVC (2001).

4.3.2.2.2. Factor de resistencia

La metodología llevada a cabo para la obtención de los factores de resistencia estructural y corporal se describe a continuación.

- **Factor de resistencia estructural**

Para la estimar el factor de resistencia estructural, se tomaron como base las variables planteadas en los trabajos de Uzielli (2008) y Du et al. (2013, 2014): tipología de la construcción, edad de la construcción, número de pisos (altura) y estado de conservación.

Con el fin de obtener la información de cada una de las variables y de dar cumplimiento con las escalas de detalle establecidas en el Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto 1077 de 2015), se realizó de inspección en cada una de las edificaciones localizadas en las zonas de amenaza alta y media.

El indicador de Resistencia Estructural (S_e) se construye con base en la fórmula propuesta por Li et al. (2010) y modificada por Du et al. (2013, 2014), tal como se describe a continuación:

$$S_e = 1 - [(1 - S_{tip}) * (1 - S_{alt}) * (1 - S_{con}) * (1 - S_{ser})] \quad (6)$$

Donde:

S_e : factor de resistencia estructural

S_{tip} : tipo de estructura

S_{alt} : altura de las estructuras

S_{con} : estado de conservación de las estructuras

S_{ser} : servicio de las estructuras

Cabe mencionar que este factor debe comprenderse de manera inversa, es decir, un valor alto representa una resistencia baja de las estructuras o de los elementos corporales, incidiendo en el aumento de la vulnerabilidad.

- **Factor de resistencia por tipo de estructura (S_{tip}):** para el tipo de estructura se consideran los factores de resistencia propuestos por Du et al. (2013) a partir de las tipologías establecidas por Heinimann (1999) (Tabla 4.5):

Tabla 4.5. Factor de resistencia por tipología de las estructuras.

TIPOLOGÍA	RESISTENCIA	S_{tip}
Otro (Material Reciclado)	Baja	1,00
Madera, Tapia y Bahareque	Media	0,90
Mampostería No Reforzada	Alta	0,70
Mampostería Confinada	Muy alta	0,50

Fuente: modificado de Du et al. (2013).

- **Factor de resistencia por altura de la estructura (S_{alt}):** los valores de este parámetro se plantean conforme a lo establecido en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-1) (AIS, 2010), el cual establece el número de pisos límite que deben tener los diferentes sistemas constructivos existentes en el país. De esta forma, tomando como referencia dichas demarcaciones y teniendo en cuenta el juicio de los profesionales que conforman el equipo de trabajo, se proponen unos rangos de resistencia en función del número de pisos de las estructuras (Tabla 4.6).

Tabla 4.6. Factor de resistencia por altura de las estructuras.

TIPOLOGÍA	NÚMERO DE PISOS	S_{alt}
Otros	1	0,9
	≥ 2	1
Madera, Tapia y Bahareque	1	0,70
	≥ 2	0,80
Mampostería no reforzada	1	0,50
	≥ 2	0,60
Mampostería confinada	1	0,30
	≥ 2	0,40

Fuente: elaboración propia.

- **Factor de resistencia por servicio de la estructura (S_{ser}):** el parámetro de resistencia relacionado con el servicio de la edificación se estima a partir de la relación de los años de servicio con respecto a la vida útil de diseño de la edificación (servicio/vida útil). Los valores de este parámetro corresponden a los propuestos por Du et al (2013; 2014) (Tabla 4.7).

Tabla 4.7. Factor de resistencia por servicio de las estructuras.

RELACIÓN AÑOS DE SERVICIO/VIDA ÚTIL	S_{ed}
$\leq 0,1$	0,05
0,1-0,4	0,1
0,4-0,6	0,3
0,6-0,8	0,5
0,8-1,0	0,7
1,0-1,2	0,8
$> 1,2$	1

Fuente: Du et al. (2013, 2014).

La vida útil de las edificaciones hace referencia al tiempo donde se puede hacer uso de la estructura

sin involucrar mantenimiento de sus elementos estructurales, sólo actividades de conservación de pintura y de elementos menores. En el presente trabajo, la vida útil de las estructuras se estima con base en sus características físicas y soportadas en información secundaria.

Para las estructuras elaboradas en mampostería, se tomó la vida útil definida por Gonzáles (2005), quien considera la durabilidad de las edificaciones con base en sus usos. Con el propósito de tener en cuenta la resistencia de las estructuras en las condiciones más desfavorables, se consideran los valores dados en un contexto de uso extremo (Tabla 4.8). En relación con la tipología de Madera, Tapia y Bahareque, se acoge lo planteado por Kaminski et al. (2016).

Tabla 4.8. Vida útil de las estructuras.

TIPOLOGÍA	VIDA ÚTIL
Otros	15 años
Madera, Tapia y Bahareque	30 años
Mampostería no reforzada	50 años
Mampostería confinada	70 años

Fuente: elaboración propia.

- **Factor de resistencia por conservación de la estructura (S_{con}):** el estado de conservación se evalúa a partir de la inspección visual de las edificaciones y se califica teniendo como referencia los valores propuestos por Du et al. (2013, 2014) (Tabla 4.9).

Tabla 4.9. Estado de conservación de las estructuras.

ESTADO DE CONSERVACIÓN	DESCRIPCIÓN	SEPARACIÓN GRIETAS (mm)	S_{con}
Bueno	Solo se observan daños superficiales leves en los acabados.	0-0,5	0,01
Daños moderados	Fisuras en juntas horizontales en los extremos superior e inferior de elementos verticales.	0,5- 5,0	0,35
	Desplazamiento relativo o movimiento en el plano fuera de él (pandeo).		
Daños graves	Inclinaciones del elemento fuera de su plano vertical.	> 5	0,70
	Unidades de mampostería con fallas por aplastamiento.		
Colapso	Colapso total de la estructura		1

Fuente: modificado de Du et al. (2013, 2014).

- **Factor de resistencia corporal**

Uzielli et al. (2008), con base en el trabajo de Ragozin y Tikhvinsky (2000) y Uzielli (2006), plantea que la resistencia de las personas ubicadas dentro de una edificación es proporcional a la resistencia de la estructura. Adopta un modelo donde considera que las lesiones, fatalidad y capacidad de evacuación de las personas está condicionada a la estabilidad de las estructuras (Ecuación 7).

$$S_{corp} = (S_e)^{3.2} \quad (7)$$

Donde:

S_{corp} : factor de resistencia corporal

S_{ed} : factor de resistencia de las estructuras

Según lo expuesto por Uzielli et al. (2008), este modelo es aplicable a diferentes tipos de amenazas; por tal razón, para efectos de la presente investigación se utiliza para las avenidas torrenciales.

- **Factor de resistencia de líneas vitales**

Para evaluar la resistencia de las líneas vitales se toma como base lo propuesto por el SGC (2016). Esta evaluación tiene como fundamento la información recopilada en cada uno de los municipios entorno a las características de este tipo de elementos y lo identificado en el trabajo de campo.

- **Red vial:** para la red vial su resistencia se evalúa en función de su ancho, a partir de la ecuación que se presenta a continuación.

$$S_{ancho} = \frac{3,0}{W_{vía}} \quad (8)$$

Donde:

$W_{vía}$: ancho de la vía en metros.

3,0 corresponde al ancho del carril mínimo para que un vehículo pueda transitar en condiciones normales.

- **Redes eléctricas y de comunicaciones:** para este tipo de redes la resistencia se define a partir de la carga nominal de rotura de los postes, la cual es determinada en las normas RETIE y en las especificaciones técnicas de EPM (2015) (Tabla 4.10).

Cabe mencionar que, la carga nominal hace referencia al esfuerzo que puede soportar un material cuando está sometido a tracción o compresión. Se expresa en N/m^2 o en kg/mm^2 .

Tabla 4.10. Parámetros de resistencia de la red eléctrica.

MATERIAL	CARGA NOMINAL	S_{mat}
Madera	---	1,00
	5001 n	0,90
	7355 n	0,82
Concreto	10300 n	0,70
	13220 n	0,62
	17640 n	0,53
	19600 n	0,51
	3432 n	0,95
Metálicos	5001 n	0,90
	7354 n	0,80
	10297 n	0,65

Fuente: modificado del SGC (2016) con base en la normatividad vigente y criterio técnico

Con base en la normatividad, cada poste debe contar con una placa visible (localizada a dos metros de la señal de empotramiento) donde se indique la carga nominal de rotura, entre otro tipo de información. Los postes de madera tienen un valor general de resistencia de 1. Para los postes de

concreto, según lo planteado por el SGC (2016), en caso de que no se pueda determinar la carga nominal de los postes de concreto localizados en el área de estudio, se utiliza el valor mínimo de 5001 N y su correspondiente parámetro de fragilidad. De igual forma, para el caso de los postes metálicos, en caso de no contar con un valor claro de la carga nominal de rotura se asigna el valor más bajo de resistencia: 3432 N.

4.3.3. Clasificación del tipo y modo de daños ante avenida torrencial

Los insumos para calcular la intensidad son producto de la evaluación de la amenaza, tales como el nivel de gravedad y las dimensiones espaciales del fenómeno (Du et al., 2013); por lo general, es expresada en términos de volumen, área, velocidad o energía (Li et al., 2010). Para el caso de Pradera se trabaja con la amenaza del estudio realizado por INGEOMINAS y CVC (1998) donde se evidencia que a pesar de estar definidos unos criterios (presión, la energía cinética, el área de afectación y la altura de acumulación) para valorar la intensidad de cada una de las solicitudes, el documento técnico suministrado no brinda información o medidas de las variables necesarias para obtener un valor de intensidad determinado.

Por lo tanto, surge la necesidad de intentar expresar esas solicitudes (niveles de amenaza) en valores que den cuenta de la magnitud del fenómeno y del nivel de daño que pueden llegar a presentar los elementos expuestos, para poder emplear la metodología tomada como base (Tabla 4.11 y 4.12).

Tabla 4.11. Categorías y valores de intensidad.

NIVEL AMENAZA	SUBNIVEL	INTENSIDAD	PESO
ALTA	Alta por impacto e inundación (AI)	III	1
	Alta por presión, acumulación e inundación (AP)	III	0,9
	Alta acumulación e inundación (AA)	II	0,8
	Alta por socavación lateral (AS)	II	0,1

Fuente: elaboración propia.

Tabla 4.12. Descripción de los niveles de intensidad para elementos corporales, estructurales y funcionales.

NIVEL DE INTENSIDAD	CORPORAL	ESTRUCTURAL	REDES	FUNCIONALES
ALTA	Heridas muy graves, muerte	Daños muy graves o destrucción total de la estructura.	Destrucción total. Ruptura de canales o vías.	Interrupción definitiva de actividades.
MEDIA	Heridas importantes	Daños importantes, fisuración de elementos.	Obstrucción de gran volumen de las redes o afectación de alguna sección de la red.	Interrupción prolongada de actividades.
BAJA	Heridas leves. Sin secuelas	Daños ligeros no estructurales. Estabilidad no afectada.	Obstrucciones o afectaciones menores.	Interrupción temporal de actividades.

Fuente: elaboración con base en información de Leone (1996) y INGEOMINAS y CVC (2001).

4.4. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD ANTE AVENIDA TORRENCIAL

Para la evaluación y análisis de la vulnerabilidad se consideraron los aspectos establecidos en el Decreto 1807 de 2014 en su artículo 17 donde se plantea que: 1) Teniendo en cuenta los resultados del estudio detallado de amenazas de inundación por desbordamiento se deben identificar y localizar cartográficamente los elementos expuestos, 2) Establecer las características de los elementos expuestos a las amenazas por inundación, en cuanto al tipo de elemento, grado de exposición, resistencia que ofrece el elemento y distribución espacial, 3) Identificar los diferentes tipos de daño o efecto esperado sobre los elementos expuestos que se pueden presentar como resultado del fenómeno de avenida torrencial y 4) Zonificar a escala de detalle (1:2000) y establecer las categorías de vulnerabilidad alta, media y baja los elementos expuestos (corporal, estructural y líneas vitales.)

En este sentido y para dar cumplimiento con la evaluación y análisis de vulnerabilidad se realiza conforme a la metodología anteriormente expuesta, donde se tiene en cuenta la zonificación de la amenaza del estudio INGEOMINAS y CVC 1998, la exposición y la fragilidad.

4.4.1. Identificación, localización y caracterización de elementos expuestos ante avenidas torrenciales

Para el cumplimiento de este propósito se tuvo en cuenta, como insumo fundamental, el estudio de INGEOMINAS y CVC 1998, la base de datos abiertos IGAC (2018) donde se obtuvo parte de información catastral la cual se articuló con información suministrada por la CVC y el municipio, obteniendo así, información predial para construir la cartografía que permitió hacer levantamiento en campo.

El formulario para la evaluación de vulnerabilidad física utilizado para el diagnóstico estructural e inspección visual de las edificaciones, considero tener dos opciones de acceso a las viviendas: interior cuando logra ingresar a la estructura y exterior cuando no fue posible el ingreso a la estructura analizada por múltiples causas como: sin personal al momento de la encuesta, menores de edad en la edificación, falta de interés por parte del encuestado o personas en condición de discapacidad cognitiva.

En el área de estudio del municipio de Pradera expuesta a amenaza por avenida torrencial, se halló un total de 1232 edificaciones de las cuales, se logró acceder al 61.61% es decir, 759 edificaciones con tipo inspección interior y el 38.39% restante se realizó una inspección desde el exterior 473 edificaciones, debido a que el 44.61% de ellas se encontraban sin personas al momento de la vista, en el 50.1% no permitieron el ingreso a la edificación y el 5.29% de las edificaciones se encontraban desocupadas, con menores de edad o con personal en condición de discapacidad cognitiva.

Las edificaciones expuestas se encuentran en los siguientes barrios: Berlín 40,1%, Manuel José Ramírez con el 34% y Marsella con 15.5%, el 10,5% restante se encuentran en los barrios las Vegas, Primero de Mayo y El Bolito, su distribución se muestra en la Tabla 4.13

Tabla 4.13. Número de edificaciones por barrio expuestos a amenaza por avenida torrencial en la zona urbana del municipio de Pradera

BARRIO	SUBNIVELES DE AMENAZA				TOTAL
	ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	IMPACTO E INUNDACIÓN	PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	SOCAVACIÓN LATERAL	
Las Vegas	0	46	61	0	107
Marsella	3	94	95	0	192
Primero de Mayo	0	7	0	0	7
Berlín	464	29	1	0	494
Manuel José Ramírez	361	24	32	0	417
El Bolito	0	15	0	0	15
TOTAL	828	215	189	0	1232

Fuente: elaboración propia

4.4.1.1. Exposición corporal (población)

El análisis de exposición corporal se realizó con base en la información poblacional recolectada en el Censo que se desarrolló en campo, esta información se adquirió a través de una encuesta que se efectuó en cada una de las edificaciones localizados en las zonas de amenaza alta por acumulación e inundación, impacto e inundación, presión-acumulación e inundación y socavación lateral de la zona urbana del Municipio Pradera; teniendo en cuenta las variables: habitantes totales, día y noche. Por tanto, la información poblacional de la que se versa en esta etapa pertenece a cada edificación donde se permitió el ingreso y suministraron los datos poblacionales.

Con las encuestas realizadas a las personas que permitieron el ingreso a las edificaciones, se encontró que habitan un total de 3.523 personas, es decir un promedio de 4,65 personas por casa (Tabla 4.14), de las cuales 2.056 permanecen durante el día y 3.423 en la noche, esto indica que 58,23% de la población se vería afectada bajo la ocurrencia de una avenida torrencial durante el día y un 41,77% de población en el área de estudio durante la noche, por lo tanto, este fenómeno es potencialmente peligroso para los habitantes en cualquier momento del día.

Tabla 4.14. Número y promedio de habitantes en las construcciones en que se logró el acceso al interior

HABITANTES	NÚMERO	PROMEDIO
Total	3523	4,65
Día	2056	2,71
Noche	3423	4,51

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 4.15 se especifica la cantidad de personas en la construcción según las tres variables priorizadas (personas total, personas presentes en el día y personas presentes en la noche), por lo cual, se resalta que en las construcciones con inspección interior el 67,84% de los habitantes se encuentra en un subnivel de amenaza por acumulación e inundación, es decir 2390 habitantes de 3523. Además, por socavación lateral no se presentan personas expuestas debido a que los dos predios identificados en esta Sub-amenaza en el barrio Primero de Mayo, son predios sin construcciones (Ver Figura 4.3). No obstante, ante la solicitación de impacto y presión que serían

las que más daños causarían con la ocurrencia de una avenida torrencial por transportar grandes bloques y troncos, y gran volumen de gravas y arenas, se tiene un total de 592 habitantes expuestos por impacto y 541 por presión del total encuestado.

Tabla 4.15. Número total de habitantes, día y de noche de la población encuestada, expuestos según a los subniveles de amenaza alta por avenida torrencial en en la zona urbana del municipio de Pradera

HABITANTES	SUBNIVELES DE AMENAZA			TOTAL
	ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	IMPACTO E INUNDACIÓN	PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
Total	2390	592	541	3523
Día	1398	333	325	2056
Noche	2301	588	534	3423

Fuente: elaboración propia

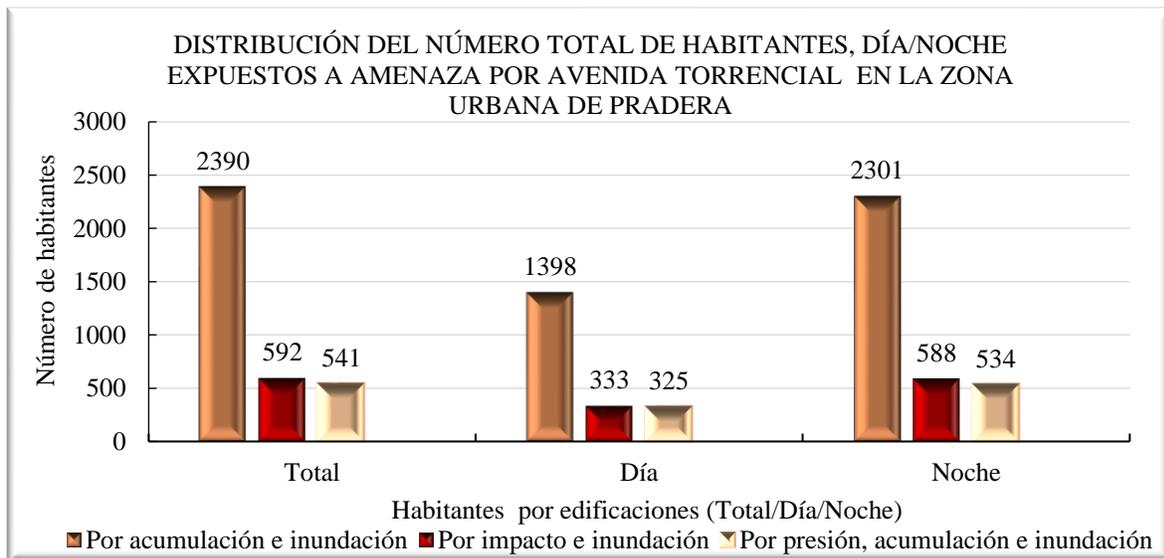


Figura 4.3. Distribución del número total de habitantes, día/noche expuestos a amenaza por avenida torrencial en en la zona urbana del municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia

4.4.1.2. Exposición estructural

El análisis de la exposición de elementos estructurales se realizó a nivel predial de acuerdo a la información oficial liberada del Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC los cuales fueron adquiridos de su plataforma, junto con información levantada en campo y procesada en laboratorio debido a que en campo se identificaron nuevas construcciones.

Inicialmente se describe la cantidad de predios y el área de los mismos en la zona de estudio, luego se menciona el número de edificaciones en estas áreas y posteriormente se desglosa la información con relación a las variables tratadas, tales como: 1) uso del predio, 2) tipología de la edificación,

3) estado de conservación, (estado de la construcción y sistema de cubierta) 4) edad de la edificación y 5) número de pisos de la edificación.

En el área de estudio con exposición alta ante la ocurrencia de avenidas torrenciales se tenía inicialmente, según datos del IGAC un total de 1310, sin embargo en campo se logró corroborar que la cifra cambiaba debido a que algunas áreas no existían o el río las había desaparecido en periodos de avalanchas anteriores, finalmente, se identificó un total de 1129 predios, con 50 predios sin ninguna construcción y 1079 predios con por lo menos una construcción, que conforma de manera total 1232 construcciones; en la relación número de predios y nivel de amenaza (Figura 4.4) se logró identificar que 837 predios se encuentran expuestos a amenaza alta por acumulación e inundación (91501,63 m²) principalmente en los barrios de Berlín y Manuel José Ramírez; 115 a amenaza alta por impacto e inundación en un área de 35942,70 m², especialmente en el barrio Marsella, seguido de Las Vegas, Manuel José Ramírez, Berlín, El Bolito y Primero de Mayo; 175 a amenazas alta por presión- acumulación e inundación, en Marsella, Las Vegas y Manuel José Borrero con un área de 27153,15 m²; y solo 2 a amenaza alta por socavación lateral en el barrio Primero de Mayo con un área expuesta de 178,79 m². La mayor cantidad de área en amenaza alta se expone a acumulación e inundación 56,05%, seguido de presión, acumulación e inundación con el 23,79% (Tabla 4.16).

Tabla 4.16. Número y área (m²) de los predios expuestos a amenaza Alta por Avenida Torrencial en la zona urbana del municipio de Pradera

SUBNIVEL DE AMENAZA	ÁREA (M ²)	NÚMERO DE PREDIOS
Acumulación e inundación	91501,63	837
Impacto e inundación	35942,70	115
Presión, acumulación e inundación	27153,15	175
Socavación lateral	178,79	2
TOTAL GENERAL	154776	1129

Fuente: elaboración propia

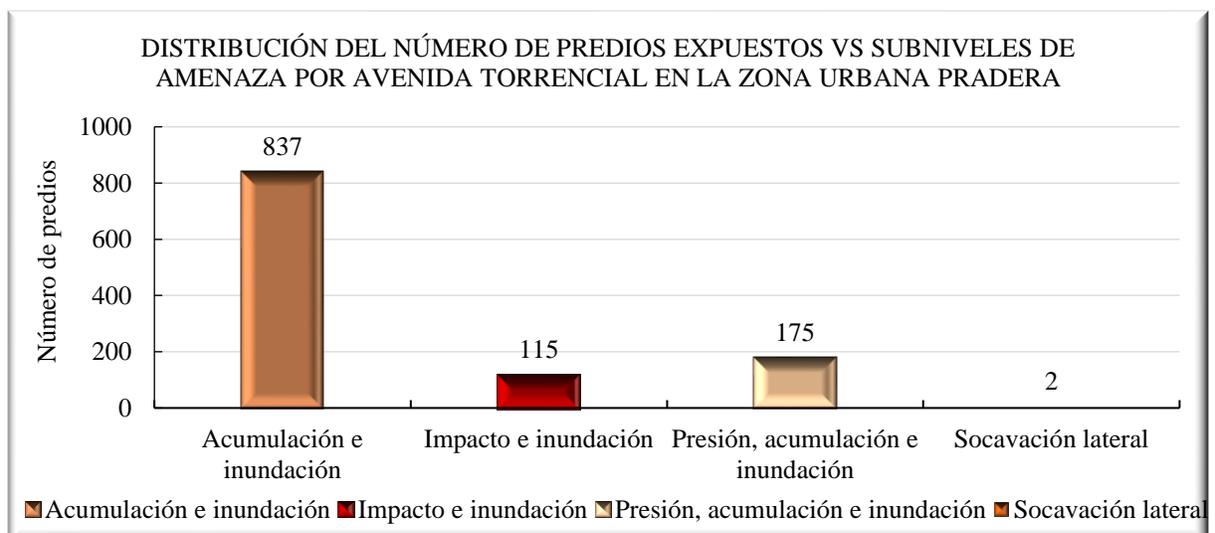


Figura 4.4. Distribución del número de predios expuestos a amenaza por avenida torrencial en la zona urbana del municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, de los 1129 predios, 1079 presentan por lo menos una edificación y 50 predios se encontraron sin edificaciones, en la Tabla 4.17, se relaciona el número total de construcciones en los predios y el subnivel de amenaza al que se encuentran expuestos: ante presión – acumulación e inundación se tienen 168 construcciones y en impacto e inundación un total de 108.

Tabla 4.17. Relación del número de predios con y sin construcciones y el subnivel de la amenaza en en la zona urbana del municipio de Pradera

SUBNIVEL DE AMENAZA	PREDIOS SIN EDIFICACIONES	PREDIOS CON EDIFICACIONES (*)	NÚMERO DE EDIFICACIONES
Acumulación e inundación	34	803	828
Impacto e inundación	7	108	215
Presión, acumulación e inundación	7	168	189
Socavación lateral	2	0	0
TOTAL GENERAL	50	1079	1232

(*) En trabajo de campo se encontraron predios sin desglobe, por lo cual se presentan predios con más de una edificación.

Fuente: elaboración propia

En adelante se describen las principales características de las edificaciones expuestas ante una avenida torrencial en el municipio de Pradera.

Variable 1: Uso del suelo

El análisis del uso del suelo permite identificar la actividad que se está ejerciendo en cada edificación, dato relevante para evaluar las pérdidas económicas en caso de la manifestación de un evento de avenida torrencial. Cabe resaltar que lo especificado a continuación no representa el uso de suelo aprobado por la Administración del Municipio, si no el observado en trabajo de campo.

En el área de estudio el uso predial observado predominante es el residencial con el 96,9% correspondiente a 1194 edificaciones de las cuales 802 se encuentran en un subnivel de amenaza de acumulación e inundación, en este mismo subnivel de amenaza se encuentran 6 de uso comercial, 16 uso mixto, 1 institucional, 2 culto y 1 educativo; 208 con uso residencial, 2 comercial, 4 mixtos, 1 culto se encuentran expuestas a impacto e inundación; 184 edificaciones con uso residencial, 4 comerciales y 1 con destino educativo se encuentra expuestas a presión, acumulación e inundación (Tabla 4.18 y Figura 4.5)

Tabla 4.18. Uso del Suelo en el área de estudio expuestas a una avenida torrencial en Pradera

USO DE SUELO	SUBNIVELES DE AMENAZA			TOTAL
	ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	IMPACTO E INUNDACIÓN	PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
Residencial	802	208	184	1194
Comercial	6	2	4	12
Mixto	16	4	0	20
Institucional	1	0	0	1
Culto	2	1	0	3
Educación	1	0	1	2
TOTAL	828	215	189	1232

Fuente: elaboración propia

Se resalta que uno de los predios clasificados con uso de suelo Educativo; corresponde a un predio destinado para escuela, el cual cuenta con algunas construcciones utilizadas por la junta de acción comunal, pero no es en la actualidad una institución educativa. La comunidad expreso que este predio localizado en el Barrio Las Vegas está proyectado para uso educativo, por lo tanto, es importante contemplarlo en este estudio; en las bases de datos este predio se identifica como 0220-0030 y se encuentra expuesto a la amenaza por presión, acumulación e inundación.

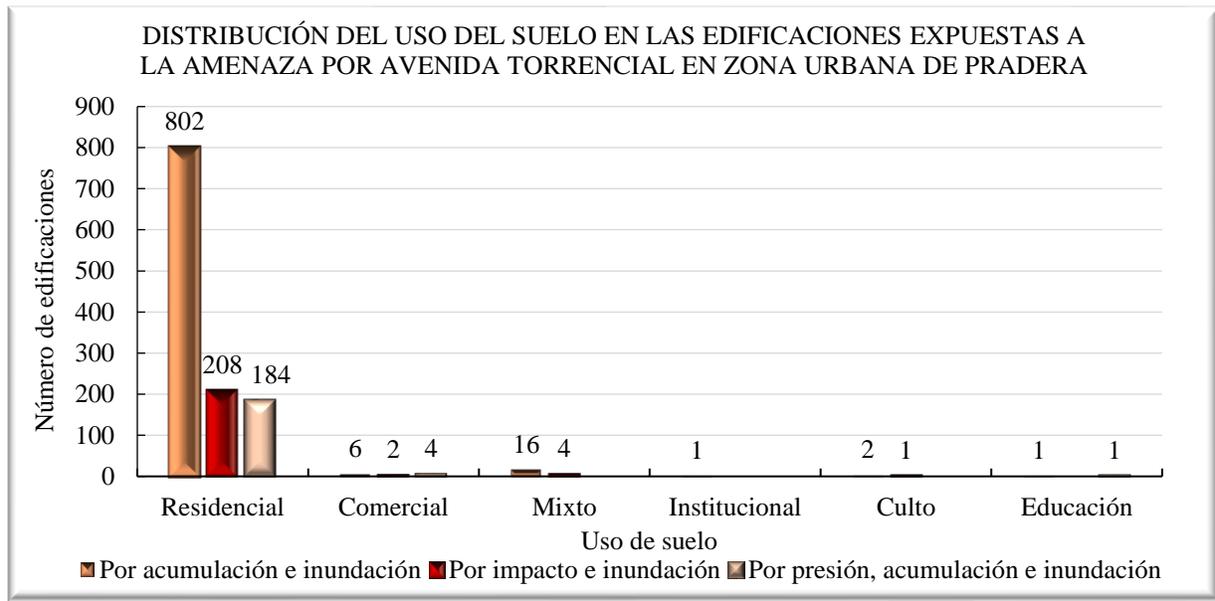


Figura 4.5. Distribución del uso del suelo en las edificaciones expuestas a la amenaza por avenida torrencial en la zona urbana de Pradera

Fuente: elaboración propia

Variable 2: Tipología Estructural de la edificación

El análisis de la tipología de las edificaciones permite establecer el material empleado en su construcción y que tan resistentes pueden ser, con el fin de establecer la cantidad de edificaciones de cada tipología expuestas y las pérdidas potenciales que podrían presentarse en cada una de ellas. Se siguió la normativa de la NRS-10, Norma Sismo Resistente del año 2010 (NRS-10), y con lo observado en el reconocimiento de la zona de estudio, se acotaron las siguientes tipologías (Tabla 4.19).

Tabla 4.19. Tipología de construcción

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN
Mampostería Confinada y Edificaciones reforzadas (MC)	Edificaciones con estructura en concreto y acero de los grupos de importancia I y II construidas con pórticos en concreto reforzado, sistema combinado en concreto reforzado, pórticos resistentes a momentos en acero, pórticos arriostrados en acero, etc. También se incluyen aquellas del grupo A construidas antes de 1998. Y aquellas edificaciones que tienen un sistema estructural de mampostería con elementos de refuerzo (barras, láminas, pernos, platinas, etc.). También se incluyen las edificaciones en mampostería confinada.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	DESCRIPCIÓN
Mampostería no reforzada (MNR)	Estructuras con confinamiento deficiente y estructura híbridas edificaciones con muros cargueros, pero sin confinamiento adecuado (mampostería no reforzada). También hace referencia a aquellas construcciones de las categorías A, B y C que poseen elementos de otros materiales no competentes.
Muro Tapia, Bahareque (MTB)	Estructura ligera y edificaciones construidas con materiales tradicionales o de baja calidad, con un sistema estructural de muros cargueros. Dentro de esta tipología se incluyen las edificaciones construidas con materiales como adobe, bahareque, madera bruta, tapia pisada y las prefabricadas.
Otro	Se consideraron construcciones simples edificaciones que no poseen una estructura definida, de carácter improvisado, generalmente construidas utilizando materiales precarios o de recuperación. Entre estas se incluyen las edificaciones en proceso de construcción y las construidas en materiales de recuperación, pórticos y paneles de madera, y pórticos de madera y paneles en otros materiales. Son ejemplo de este tipo de edificaciones tugurios, ranchos, campamentos, carpas, etc.

Fuente: elaborada con información de NRS-10, 2010 y SGC (2016).

En la Tabla 4.20 y la Figura 4.6 tipología de la edificación, se tiene que el 63,9% es decir 787 edificaciones tienen tipo de construcción mampostería no reforzada, de este tipo 488 se encuentran expuestas a la amenaza por acumulación, 151 por impacto e inundación y 148 por presión-impacto y acumulación; el 23,4% con mampostería confinada es decir 288 edificaciones, de las cuales 236 se encuentran expuestas a acumulación e inundación, 19 a la amenaza por impacto e inundación y 33 a presión - acumulación e inundación; 3,7% con estructura de madera, tapia y bahareque donde 8 se encuentran expuestas a acumulación, 31 a impacto (grandes bloques y troncos con gran velocidad de flujo según la amenaza) y 6 a presión (arenas, gravas y limos con mayor energía cinética que puede causar destrucción de paredes y acumulación de sedimentos), acumulación e inundación; finalmente otra tipología con 9,1% es decir 112 construcciones, este hace alusión a material reciclable, plástico, madera, cartón, etc.

Tabla 4.20. Tipología de construcción de las edificaciones expuestas a amenaza por avenida torrencial en en la zona urbana del municipio de Pradera

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	SUBNIVELES DE AMENAZA			TOTAL
	ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	IMPACTO E INUNDACIÓN	PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
Mampostería no Reforzada	488	151	148	787
Mampostería Confinada	236	19	33	288
Madera, Tapia, Bahareque	8	31	6	45
Otro	96	14	2	112
TOTAL GENERAL	828	215	189	1232

Fuente: elaboración propia

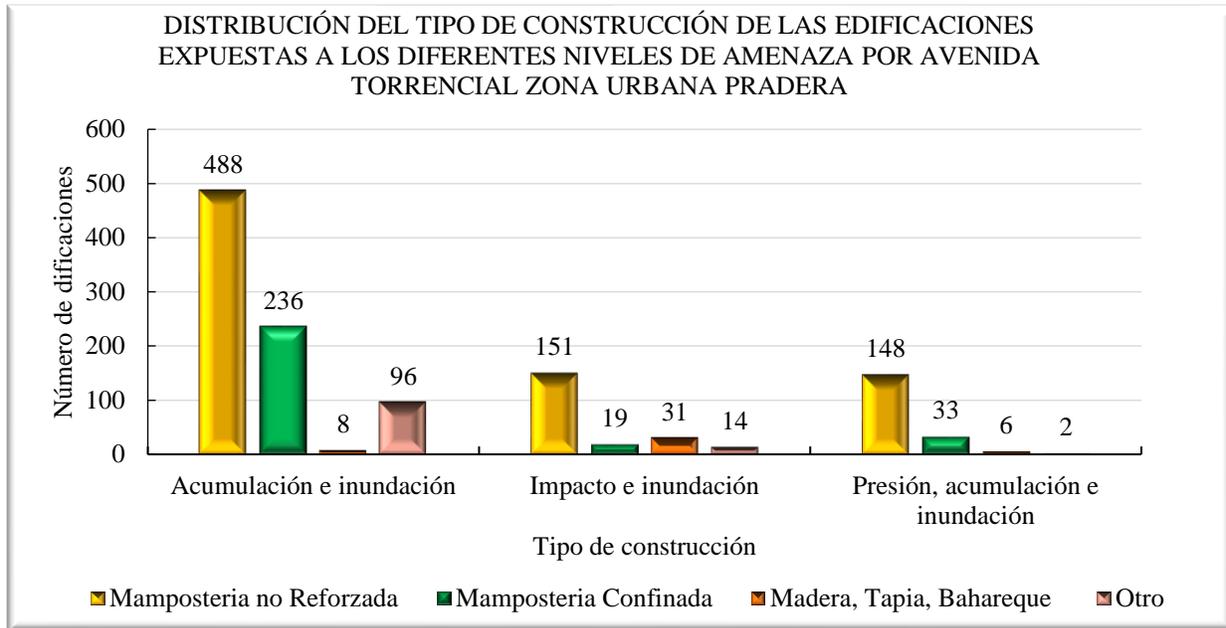


Figura 4.6. Distribución del tipo de construcción de las edificaciones expuestas a los diferentes niveles de amenaza por avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

Variable 3: Estado de Conservación de la edificación

Para identificar el estado de conservación de la vivienda se observan los daños que presenta la construcción tales como grietas, fisuras, humedad, caída, fractura, entre otros; además se observa el tipo de cubierta de la construcción, teja, placa de concreto, madera; si está completamente terminada, esto quiere decir, si cuenta con las divisiones de las habitaciones. Estas variables influyen en el comportamiento de la edificación en caso de que se presente la avenida torrencial. A continuación, se describen los resultados de los puntos anteriores.

- **Conservación de la construcción.**

El estado de conservación de las edificaciones se encuentra distribuido de acuerdo a la (Tabla 4.21 y Figura 4.7). Donde se observa que el 34,3% es decir 423 de las edificaciones se encuentran en buen estado, de las cuales 332 se ven expuestas a acumulación e inundación, 24 a amenaza alta por impacto y 67 ante la amenaza por presión – acumulación e inundación; el 46,6% de edificaciones presentan daños moderados equivalente a 574 construcciones de las cuales 379 se encuentran en amenaza alta por acumulación e inundación, 105 ante impacto e inundación y 90 a presión – acumulación e inundación; y el 19,1 % presentan daños graves, un total de 235 construcciones, distribuidas en 117 expuestas a acumulación, 86 a impacto e inundación y 32 a presión – acumulación e inundación.

Tabla 4.21. Estado de conservación de las edificaciones expuestas a amenaza por avenida torrencial en la zona urbana del municipio de Pradera

ESTADO DE CONSERVACIÓN	SUBNIVELES DE AMENAZA			TOTAL
	ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	IMPACTO E INUNDACIÓN	PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
Bueno	332	24	67	423
Daños Moderados	379	105	90	574
Daños Graves	117	86	32	235
TOTAL	828	215	189	1232

Fuente: elaboración propia

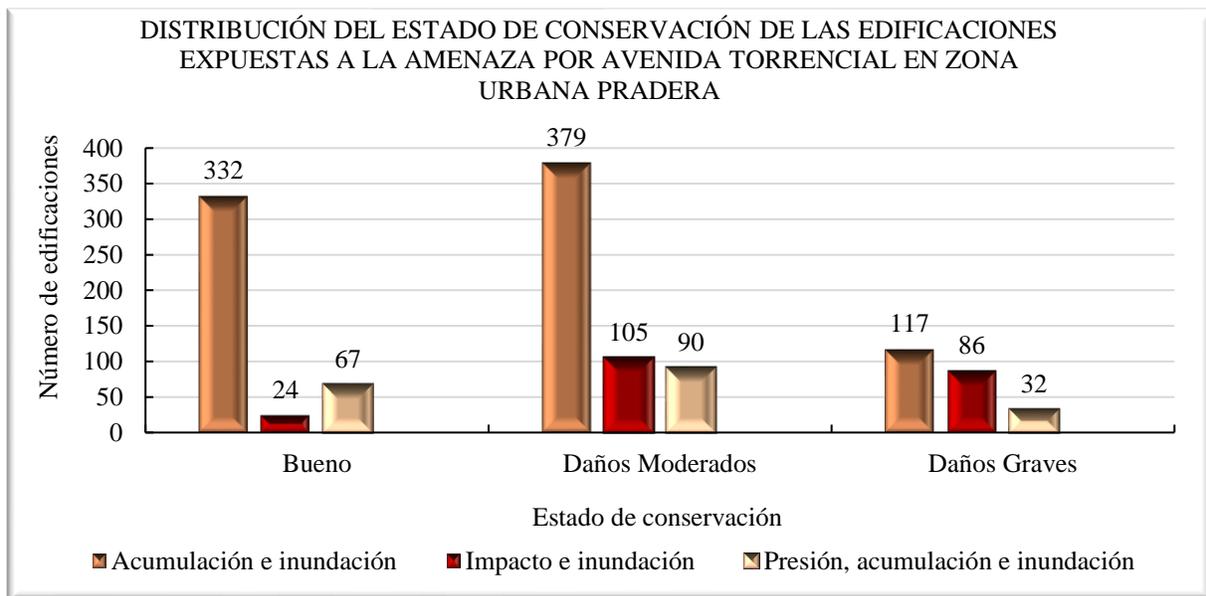


Figura 4.7 . Distribución del estado de conservación de las edificaciones expuestas a la amenaza por avenida torrencial en zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

- **Estado de la construcción**

Con relación al estado de las construcciones se identifica que de las 1232 edificaciones expuestas a amenaza alta por avenidas torrenciales en el área de estudio 968 están completamente construidas, es decir con todas sus habitaciones y divisiones, 233 se encuentran en construcción incompleta principalmente en los barrios Berlín (73 construcciones) y Manuel José Borrero (70 construcciones) y 31 las estaban construyendo o remodelando para el momento de la encuesta (Tabla 4.22 y Figura 4.8).

Tabla 4.22. Estado de la construcción de las edificaciones expuestas a la amenaza alta por avenida torrencial en en la zona urbana del municipio de Pradera.

ESTADO DE CONSTRUCCIÓN	SUBNIVELES DE AMENAZA			TOTAL
	ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	IMPACTO E INUNDACIÓN	PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
Completa	688	128	152	968
Incompleta	118	82	33	233
En Construcción	22	5	4	31
TOTAL	828	215	189	1232

Fuente: elaboración propia

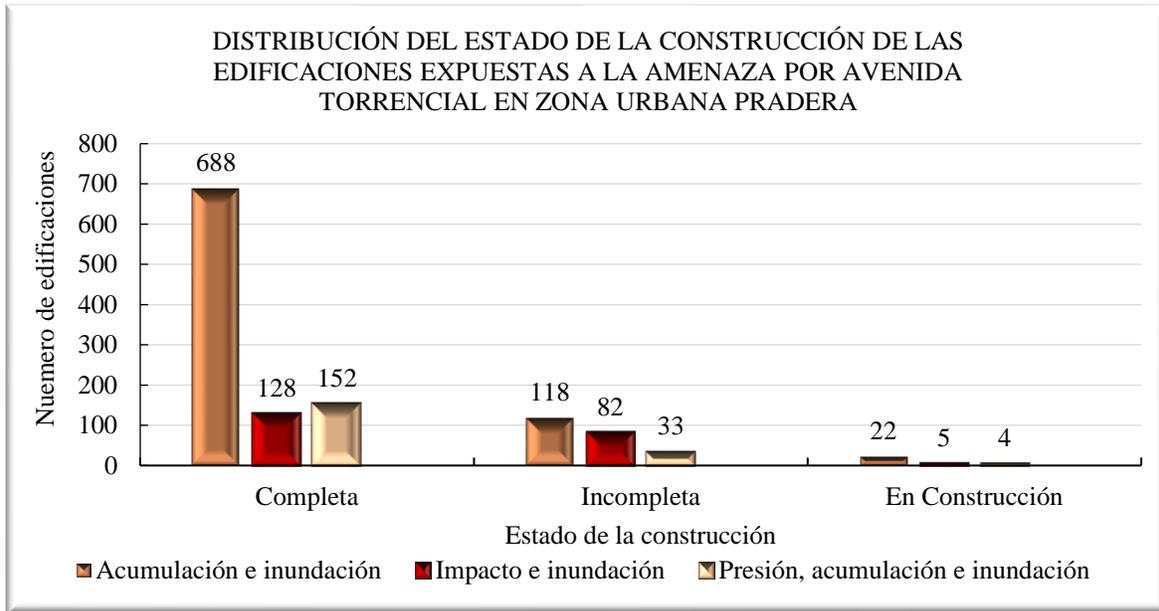


Figura 4.8. Distribución del estado de la construcción de las edificaciones expuestas a la amenaza por avenida torrencial en zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

- **Sistema de Cubierta**

En la Tabla 4.23 se presenta el número de edificaciones con un sistema de cubierta específicos expuesta a una determinada amenaza, donde la mayoría de las construcciones 38,19% se encuentran en el subnivel de amenaza por acumulación e inundación y tienen sistema de cubierta en Madera y teja de barro.

Tabla 4.23. Sistema de cubierta de las edificaciones expuestas con Subniveles de amenaza por avenida torrencial en en la zona urbana del municipio de Pradera

SISTEMA DE CUBIERTA	SUBNIVELES DE AMENAZA			TOTAL
	ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	IMPACTO E INUNDACIÓN	PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
Madera y Teja	489	169	131	789
Metálica y Teja	49	19	12	80
Placa de concreto	269	8	38	315
Placa Steel Deck	3	0	0	3
Otro	18	19	8	45
TOTAL	828	215	189	1232

Fuente: elaboración propia

Variable 4: Años de servicio de la estructura – vida útil

En el análisis de vida útil de las edificaciones, se consideraron 5 rangos de edad, donde la mayor frecuencia se relaciona en el rango de edad [30; 49] con un porcentaje de 40,8%, en el cual se presentan: 503 edificaciones de las cuales 323 están en exposición alta ante acumulación e inundación, 86 en exposición alta ante Impacto e inundación y 94 por Presión, acumulación e inundación.

En el rango de edificaciones menores de 20 años se clasificaron el 19,9%, en el rango de [20; 29] el 37,8%; el 1,1% en el rango de [50; 79] y el 0,3% de las edificaciones restantes clasificaron en edad mayor o igual a 80 años que corresponde a 4 edificaciones del total (Tabla 4.24 y Figura 4.9).

Tabla 4.24. Tiempo de servicio o vida útil de las estructuras expuestas a amenaza por avenida torrencial en en la zona urbana del municipio de Pradera

RANGO DE EDAD	SUBNIVELES DE AMENAZA			TOTAL
	ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	IMPACTO E INUNDACIÓN	PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
<20	129	74	42	245
[20 ; 29]	372	49	45	466
[30 ; 49]	323	86	94	503
[50 ; 79]	4	3	7	14
>=80	0	3	1	4
TOTAL	828	215	189	1232

Fuente: elaboración propia

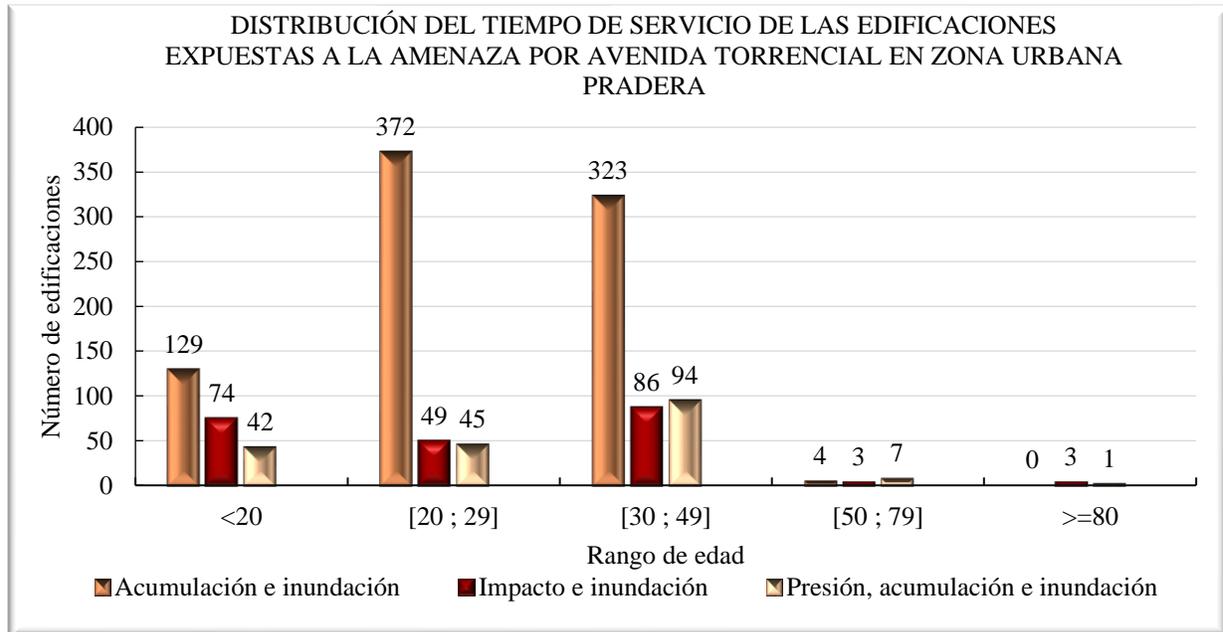


Figura 4.9. Distribución del tiempo de servicio de las edificaciones expuestas a la amenaza por avenida torrencial en zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

Variable 5: Número de Pisos de la edificación

Esta variable se relaciona con el impacto que puede presentar una estructura ante la ocurrencia de una avenida torrencial, el impacto cambia según el nivel de la amenaza a la que se encuentre expuesta y el número de pisos que tenga la edificación, para el área de estudio de Pradera se obtuvo que 996 edificaciones son de un piso correspondientes al 80,8% del total, 206 (16,7%) edificaciones tiene 2 pisos principalmente en los barrios de Manuel José Ramírez con 128 y Berlín con 64; 29 (2,4%) con 3 pisos de las cuales 11 se encuentran en el Berlín y 15 en Manuel José Ramírez y solo una edificación (0,1%) en el barrio Berlín de 4 pisos en el área de exposición por acumulación e inundación (Tabla 4.25).

Tabla 4.25. Número de pisos de la edificación y tipo de amenaza alta a la que se expone en la zona urbana del municipio de Pradera

NÚMERO DE PISOS	SUBNIVELES DE AMENAZA			TOTAL
	POR ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	POR IMPACTO E INUNDACIÓN	POR PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
1	628	206	162	996
2	175	9	22	206
3	24	0	5	29
4	1	0	0	1
TOTAL	828	215	189	1232

Fuente: elaboración propia

En la Figura 4.10 se puede observar que 628 construcciones de un piso se encuentran expuesta a la amenaza por acumulación e inundación, 206 ante impacto e inundación y 162 por presión,

acumulación e inundación; de las construcciones con dos pisos se tienen 175 expuestas a acumulación e inundación, 9 ante impacto e inundación y 22 por presión, acumulación e inundación, superiores a 3 pisos se tiene 25 expuestas a la amenaza por acumulación e inundación y 5 expuestas a presión, acumulación e inundación.

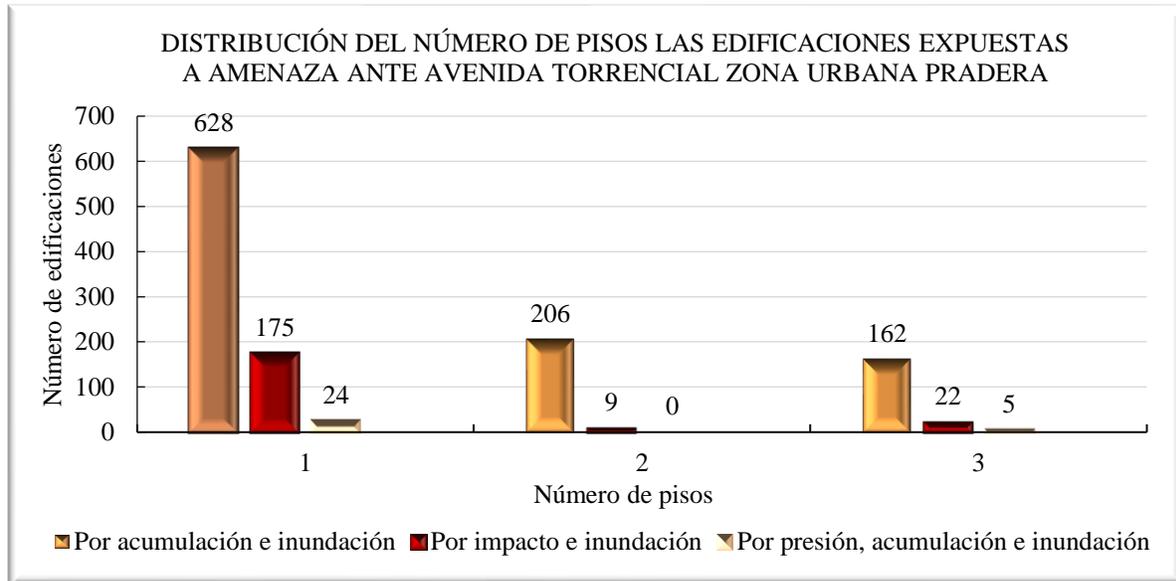


Figura 4.10. Distribución del número de pisos las edificaciones expuestas a amenaza por avenida torrencial en zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

En las Figura 4.11 y Figura 4.12, se espacializa la exposición de las estructuras ante la ocurrencia de una avenida torrencial, teniendo en cuenta que el área de estudio se encuentra en amenaza alta ante este fenómeno en diferentes niveles (alta por impacto e inundación, alta por presión, acumulación e inundación, alta acumulación e inundación y alta por socavación lateral), dando como resultado exposición alta en todo el área de estudio del perímetro urbano en el municipio de Pradera.

La diferencia en estas figuras radica en los cauces, la primera muestra el cauce del río Bolo obtenido del estudio INGEOMINAS – CVC, 1998 y el otro es una fotointerpretación realizada por la profesional de Geología del presente estudio de los vuelos FAL_407 F-04 fotos 638, 639 y 640 del año 1998 y IGAC 2733 fotos 47, 48, 49, 50, 58, 59, 60, 61, 62, 73, 74, 75 y 76 del año 2004, donde se puede identificar un importante cambio en las condiciones físicas del afluente. Según el informe de geología se puede decir que:

“la movilidad de los canales del río Bolo entre el año 1998 y el 2004, se da dentro del cauce mayor y no se encontró evidencia reciente de avulsión (migración o re-direccionamiento del cauce hacia una zona de mayor pendiente); sin embargo, entre el año 2004 y 2014 se observaron algunos cambios en la dinámica, donde es evidente el incremento de la sinuosidad en algunas de las curvas del río, uno de los cambios más significativos se observa entre la Cra 15 y la Cra 13; también en inmediaciones de la Cra 9 y al NE del municipio. Asimismo, se puede notar que algunos de estos cambios coinciden con los lugares que han sido modificados con rellenos antrópicos. El canal interpretado para el año 2016 presenta una tendencia similar al del año 2014” (Figura 4.13).

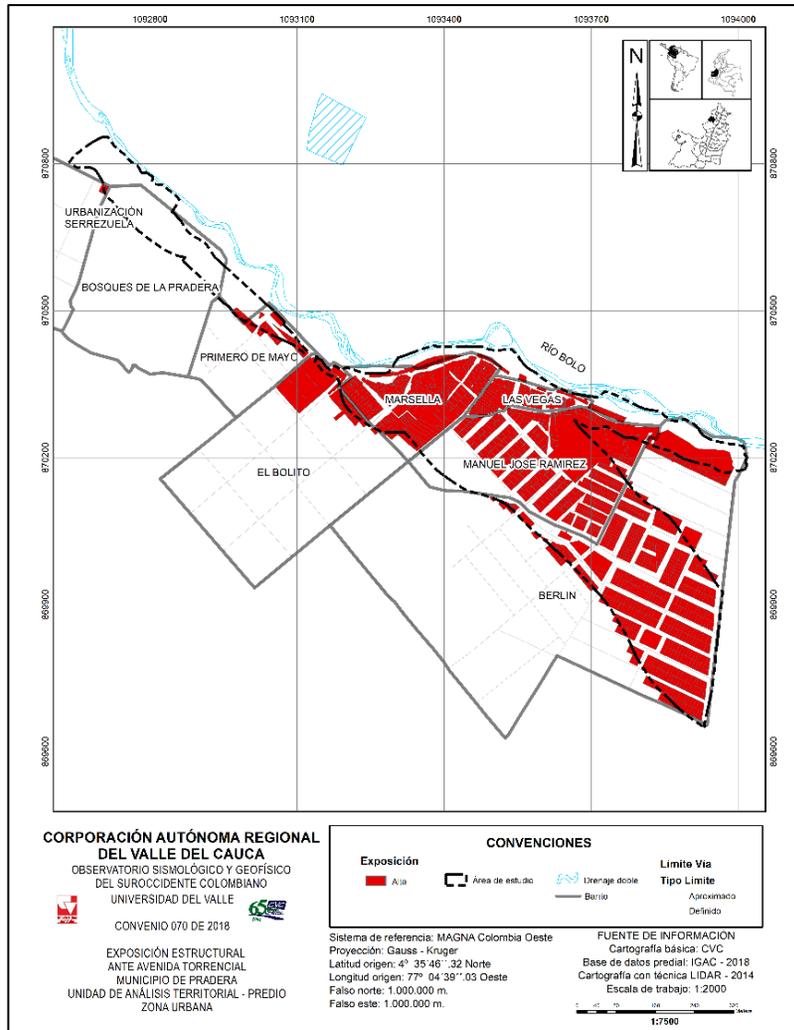


Figura 4.11. Mapa exposición estructural con el cauce del estudio INGEOMINAS-CVC 1998

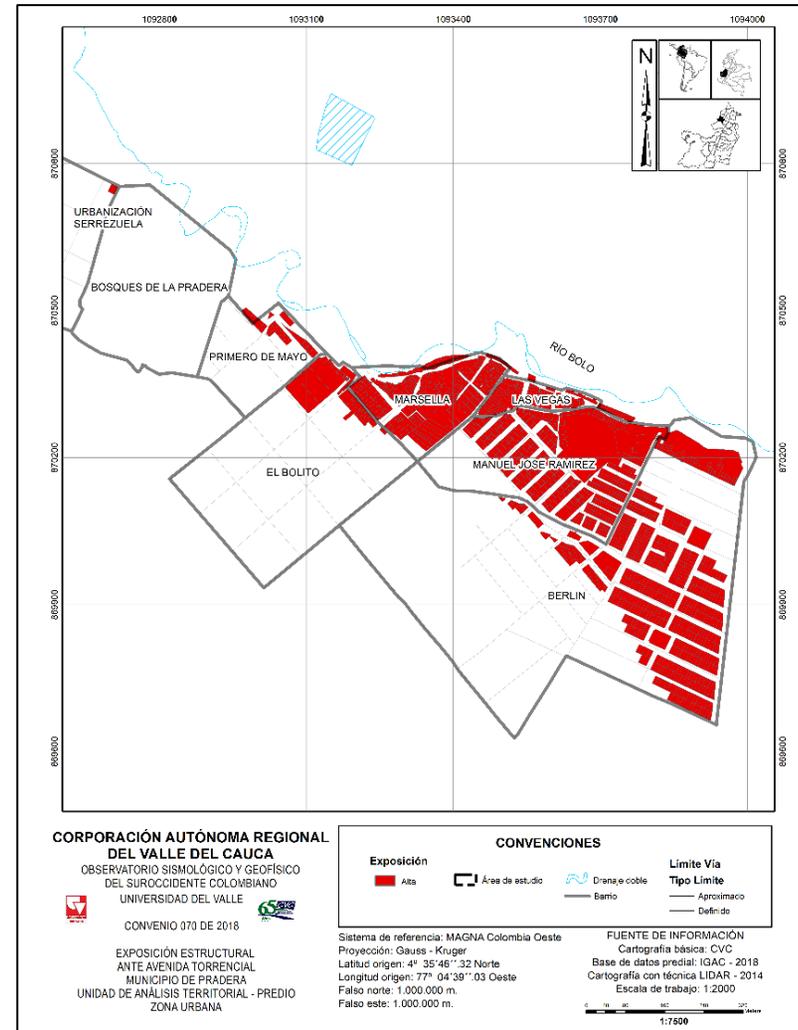


Figura 4.12. Mapa de elementos expuestos estructurales con cauce fotointerpretado 2016

Fuente: elaboración propia

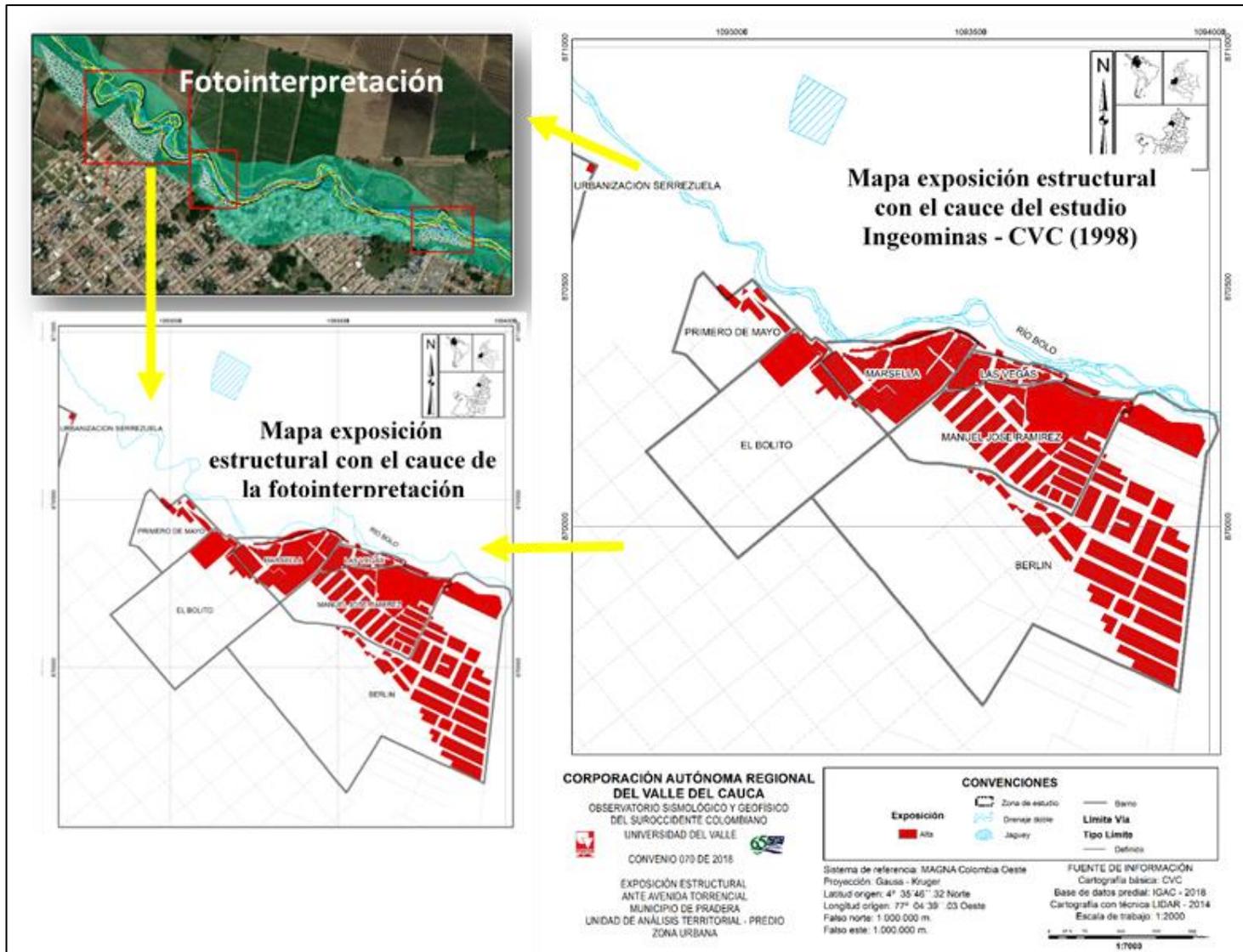


Figura 4.13. Mapa de elementos estructurales expuestos comparativo de cauces ante el fenómeno de avenidas torrenciales zona urbana municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia

4.4.1.3. Exposición de líneas vitales

Para el análisis de los elementos expuestos funcionales en las zonas de amenaza alta por avenida torrencial se consideró la longitud (m) de la red vial y red eléctrica que se encuentran expuestas ante la posible ocurrencia de una avenida torrencial, para el caso de acueducto y alcantarillado no se contó con la información necesaria que diera respuesta a la metodología planteada para procesar estas variables.

- **Red vial**

En la Tabla 4.26 y Figura 4.14, se logra identificar que la longitud de la red vial expuesta ante el fenómeno de avenida torrencial es de 5676.57 m, todos relacionados con los diferentes niveles de amenaza. Ante acumulación e inundación se tiene una longitud de 4082,22, por impacto e inundación 519,66 y por presión, acumulación e inundación un total 1074,69 (Tabla 4.27 y Figura 4.14); siendo el barrio Berlín con más longitud de red vial expuesta 2688,35 m (Tabla 4.28).

Tabla 4.26. Líneas vitales de red vial expuestas a la amenaza alta por avenidas torrenciales en la zona urbana del municipio de Pradera

TIPO DE LINEA VITAL	LONGITUD (M)
Red vial	5676.57

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.27. Subnivel de amenaza al que se encuentran expuestas las vías en la zona urbana de Pradera

TIPO DE LÍNEA VITAL	SUBNIVELES DE AMENAZA LONGITUD (M)				TOTAL
	ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	IMPACTO E INUNDACIÓN	PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	Socavación lateral	
Red vial	4082,22	519,66	1074,69	0,00	5676,57

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.28. Longitud de red vial en (m) expuesta por barrios

LONGITUD DE RED VIAL EN (M) EXPUESTA POR BARRIOS	
BARRIOS	LONGITUD (M)
Berlín	2481.44
Las vegas	328,90
Manuel José Ramírez	2005,72
Marsella	613,24
Sin barrio definido*	247.28

* El barrio más cercano es Las Vegas

Fuente: elaboración propia

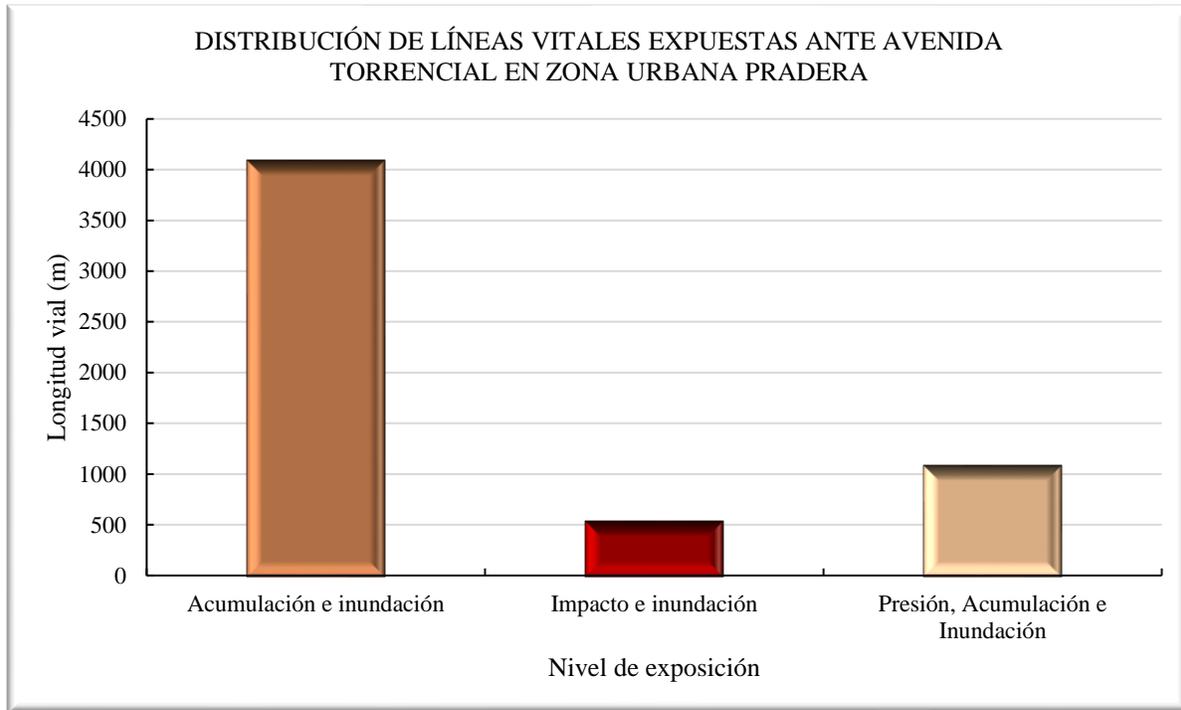


Figura 4.14. Distribución de líneas vitales expuestas ante avenida torrencial en zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

Con relación al tipo de material de las vías y la longitud en metros que se encuentra expuesta se puede identificar en la Tabla 4.29 y Figura 4.15 que, en exposición alta por acumulación e inundación se encuentran 722,80 m de vía en asfalto, 1643,80 m destapada o rustica y 1715,62 m; en exposición por impacto e inundación se tienen 67,34 m en asfalto, 93,94 m en concreto y en mayor cantidad destapada 358,38 m; vías expuestas a presión-acumulación e inundación se tienen 343,15 m en asfalto, 198,24 m en concreto y 533,31 m destapada. La mayor cantidad de vías expuestas se encuentran en material virgen también conocido como destapado, rudimentario o sin pavimentar 2535,49 m, del total, 5676,57 m.

Tabla 4.29. Distribución de la longitud (m) de la vía según su material y exposición ante avenida torrencial zona urbana Pradera

MATERIAL DE LA RED VIAL	EXPOSICIÓN LONGITUD (M)			TOTAL
	POR ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	POR IMPACTO E INUNDACIÓN	POR PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
Asfalto	722,80	67,34	343,15	1133,29
Destapada	1643,80	358,38	533,31	2535,49
Concreto	1715,62	93,94	198,24	2007,79
TOTAL	4082,22	519,66	1074,69	5676,57

Fuente: elaboración propia

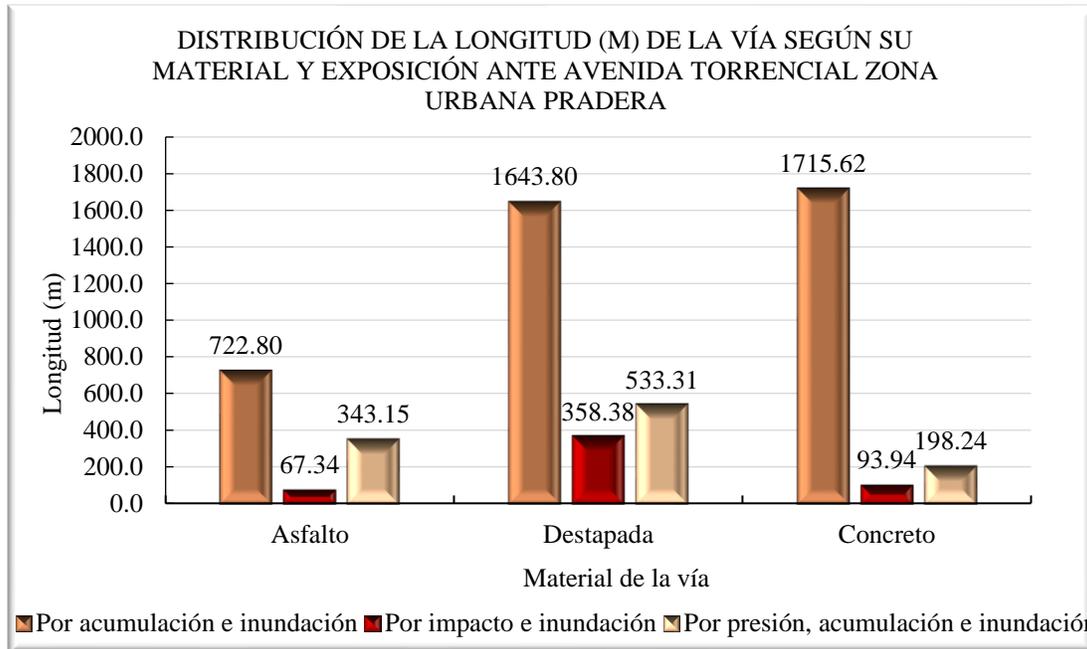


Figura 4.15. Distribución de la longitud (m) de la vía según su material y exposición ante avenida torrencial en zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

Para el ancho de la vía se manejaron rangos que van desde [2-3] metros hasta [15-16] metros de ancho con relación a lo encontrado en campo. Al respecto, 153,4 m de ancho vial se encuentra expuesta a acumulación e inundación con un ancho entre [2 – 3]; 821,3 entre [3 – 4] se encuentra expuesto a todos los subniveles de amenaza particularmente a acumulación e inundación con 493,6 m; entre [4 – 5] metros se tienen 760,2 m por acumulación e inundación, 407,2 m con presión, acumulación e inundación y en menor cantidad 60,2 m por impacto e inundación; entre [5 – 6] metros de ancho se tiene un total de 1833,0 metros distribuidos principalmente en exposición alta por acumulación e inundación (1595,0 m) y presión- acumulación e inundación (143,7 m); 1002,6 de longitud vial se encuentran en vías entre [6 – 7] metros de ancho siendo la acumulación – presión e inundación la mayor exposición. Con un ancho entre [7 – 8] metros se tiene un total de 269,2 m, expuestos principalmente a impacto e inundación con 142,1m, seguido de 107,4 m en acumulación e inundación. Finalmente se tienen las vías en un rango de ancho entre [15 – 16] que presentan exposición alta ante acumulación e inundación con 367,7 m, y a 1,6 m a presión- acumulación e inundación, estas últimas vías se encuentran en destapada en el barrio Berlín. Los detalles se evidencian en la Tabla 4.30 y Figura 4.16. La espacialización de la información general se encuentra en la Figura 4.17.

Tabla 4.30. Distribución de la longitud (m) de la vía según su ancho y exposición ante avenida torrencial en el área urbana del municipio de pradera

ANCHO DE LA RED VIAL	EXPOSICIÓN LONGITUD (M)			TOTAL
	POR ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	POR IMPACTO E INUNDACIÓN	POR PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
[2 – 3]	153,4	0	0	153,4
[3 – 4]	493,6	198,6	129,2	821,3
[4 – 5]	760,2	60,2	407,2	1227,6
[5 – 6]	1595,0	94,3	143,7	1833,0
[6 – 7]	604,9	24,5	373,2	1002,6
[7 – 8]	107,4	142,1	19,7	269,2
[15 – 16]	367,7	0	1,6	369,4
TOTAL	4082,2	519,7	1074,7	5676,6

Fuente: elaboración propia

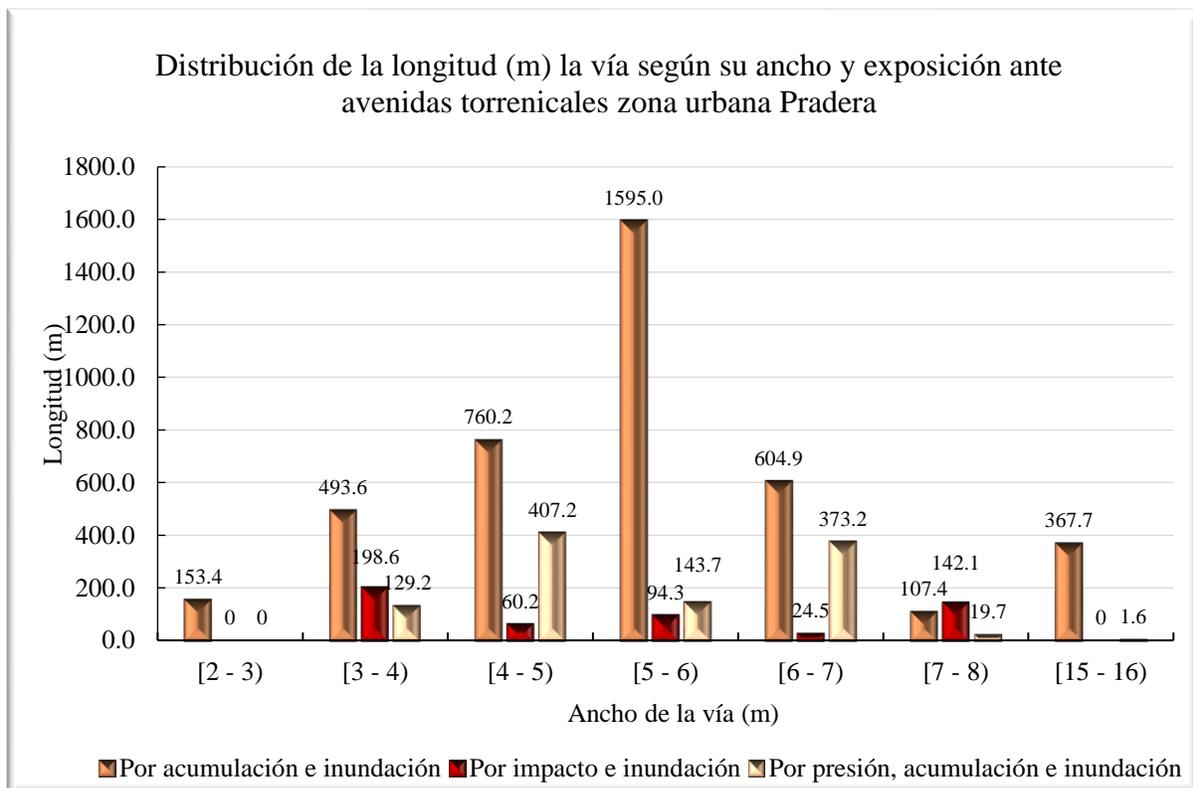


Figura 4.16. Distribución de la longitud (m) la vía según su ancho y exposición ante avenidas torrencales zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

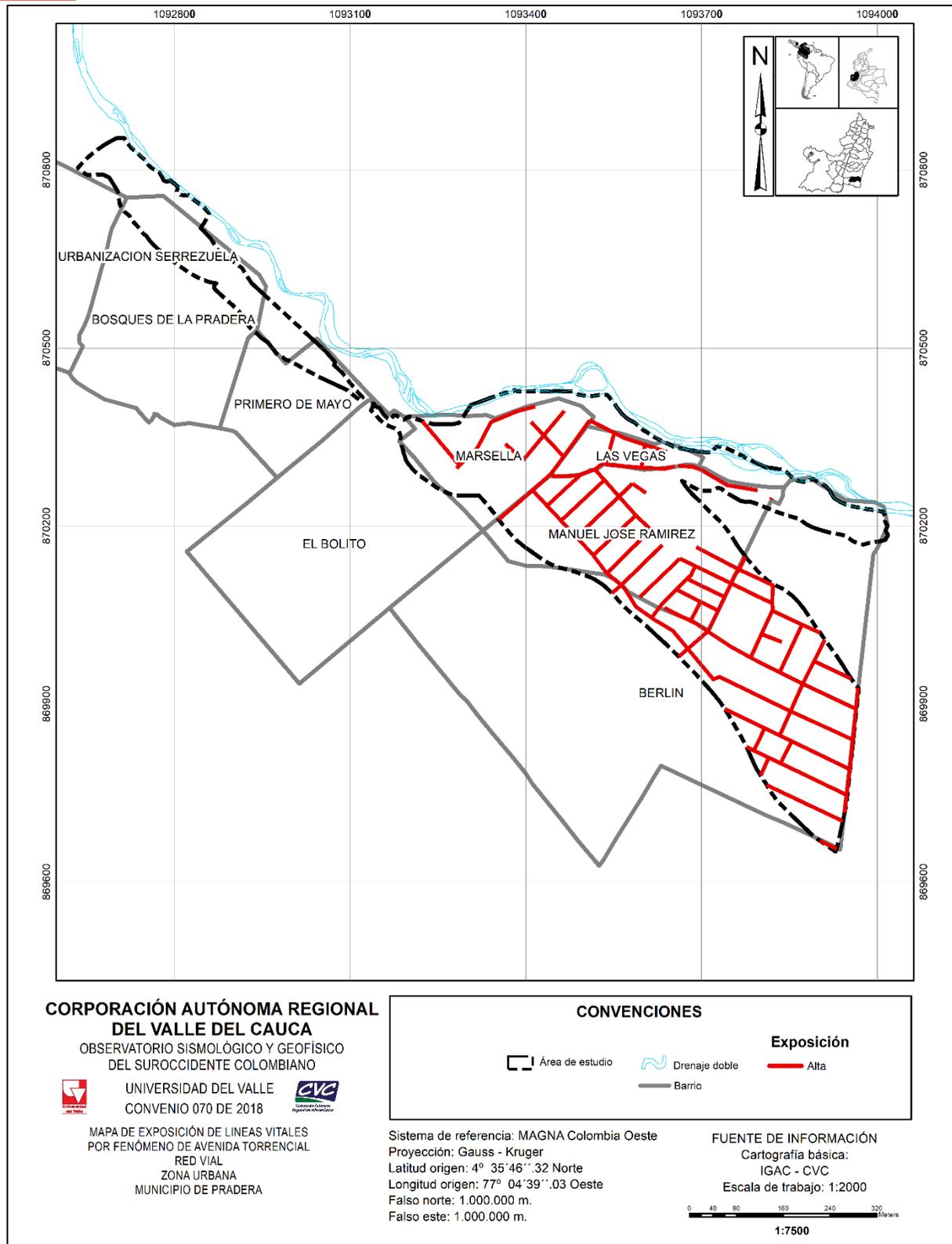


Figura 4.17. Mapa de exposición de la línea vital, red vial, ante el fenómeno de avenida torrencial zona urbana municipio Pradera

Fuente: elaboración propia

- **Red eléctrica (postes)**

Sobre esta área se encuentran una cantidad de 218 postes de la red eléctrica con exposición alta ante una avenida torrencial, distribuidos de la siguiente manera: 159 se encuentran expuestos ante la amenaza de acumulación e inundación, 44 ante presión-acumulación e inundación y 20 a impacto e inundación (Tabla 4.31).

Tabla 4.31. Exposición de red eléctrica POSTES ante avenidas torrenciales zona urbana Pradera

TIPO DE LÍNEA VITAL	SUBNIVELES DE AMENAZA				TOTAL
	ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	IMPACTO E INUNDACIÓN	PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	SOCAVACIÓN LATERAL	
Cantidad de postes	154	20	44	0	218

Fuente: elaboración propia

Con respecto al material de los postes se encontraron 214 en concreto, 3 metálicos y uno en madera. De los 214 en exposición alta por acumulación e inundación se tienen 153 postes, seguido de 44 a presión-acumulación e inundación y 17 a impacto e inundación ante la ocurrencia de la avenida torrencial. De los metálicos 2 se encuentran en exposición alta ante impacto e inundación y uno en acumulación e inundación. El poste de madera se encuentra en la zona de acumulación e inundación (Tabla 4.32 y Figura 4.18).

Tabla 4.32. Distribución de la cantidad de postes según su material y subniveles de exposición ante avenida torrencial zona urbana Pradera

MATERIAL DEL POSTE	CANTIDAD			TOTAL
	POR ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	POR IMPACTO E INUNDACIÓN	POR PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
Concreto	153	17	44	214
Madera	0	1	0	1
Metálico	1	2	0	3
TOTAL	154	20	44	218

Fuente: elaboración propia

La carga nominal de los postes encontrados en el área de estudio indica que 3 postes presentan carga de 3432N (poste metálico) en una zona de solicitación por impacto donde las cargas de estas solicitaciones son grandes bloca de rocas y troncos que destrozaría estas estructuras. En esta misma solicitación se encuentra un poste de madera, en estos la carga nominal es de 1 o directa (Tabla 4.33). Por otra parte 153 postes de concreto con carga nominal de 5001N se encuentran expuestos ante una solicitación de acumulación donde la energía del agua es mínima y su contenido se caracteriza por arenas y limos y 44 más, se encuentran expuestos ante la presión del fenómeno, por impacto. Finalmente 17 postes con esta misma carga nominal se encuentran expuesto ante la amenaza alta (Figura 4.19).

En la Figura 4.20 se presenta la localización espacial de cada uno de los postes que soportan la red de energía eléctrica.

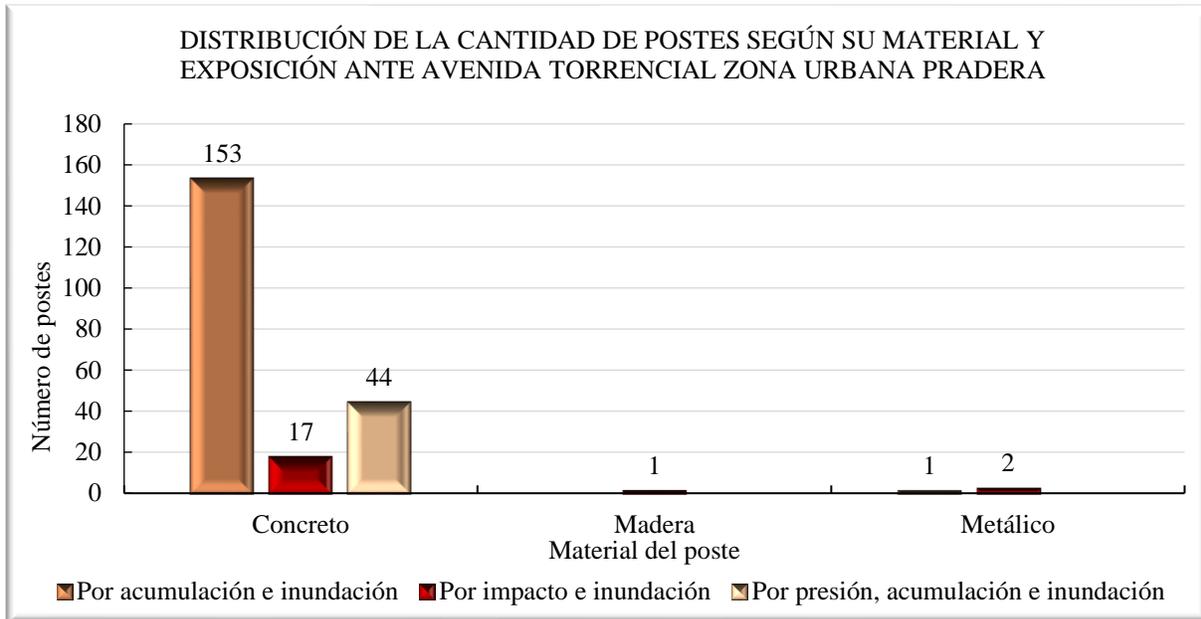


Figura 4.18. Distribución de la cantidad de postes según su material y subniveles de exposición ante avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

Tabla 4.33. Distribución de la cantidad de postes según carga y subniveles de exposición ante avenida torrencial en el área urbana del municipio de pradera

CARGA DEL POSTE	CANTIDAD			TOTAL
	POR ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	POR IMPACTO E INUNDACIÓN	POR PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
3432	1	2	0	3
5001	153	17	44	214
Madera	0	1	0	1
TOTAL	154	20	44	218

Fuente: elaboración propia

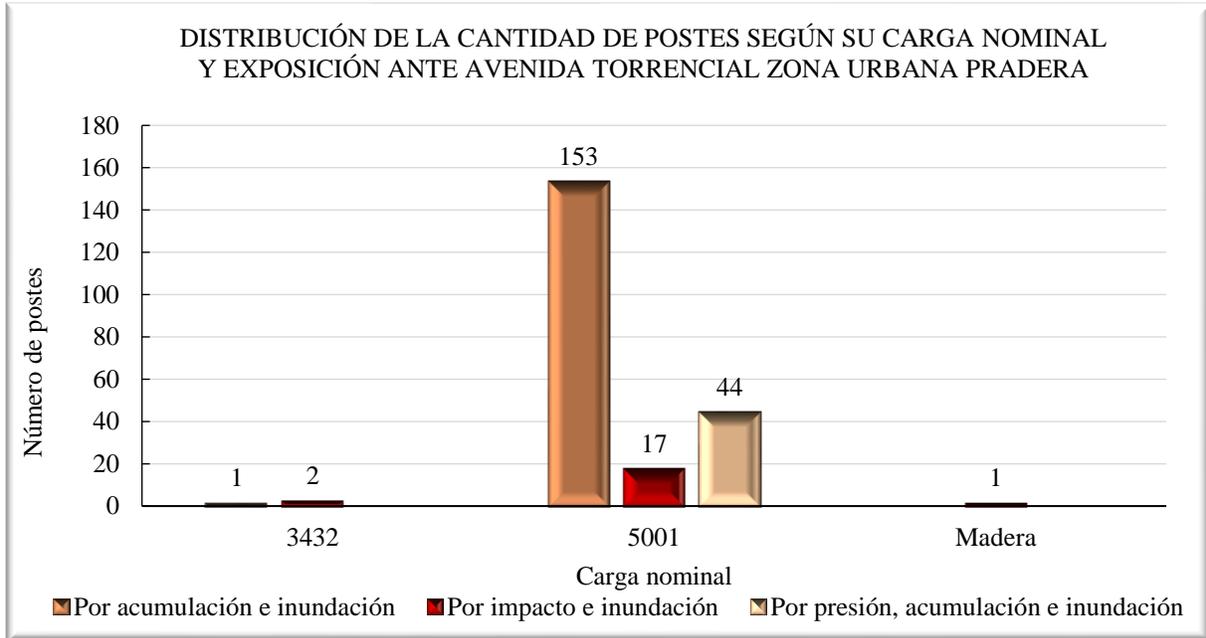


Figura 4.19. Distribución de la cantidad de postes según su carga nominal y exposición ante avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

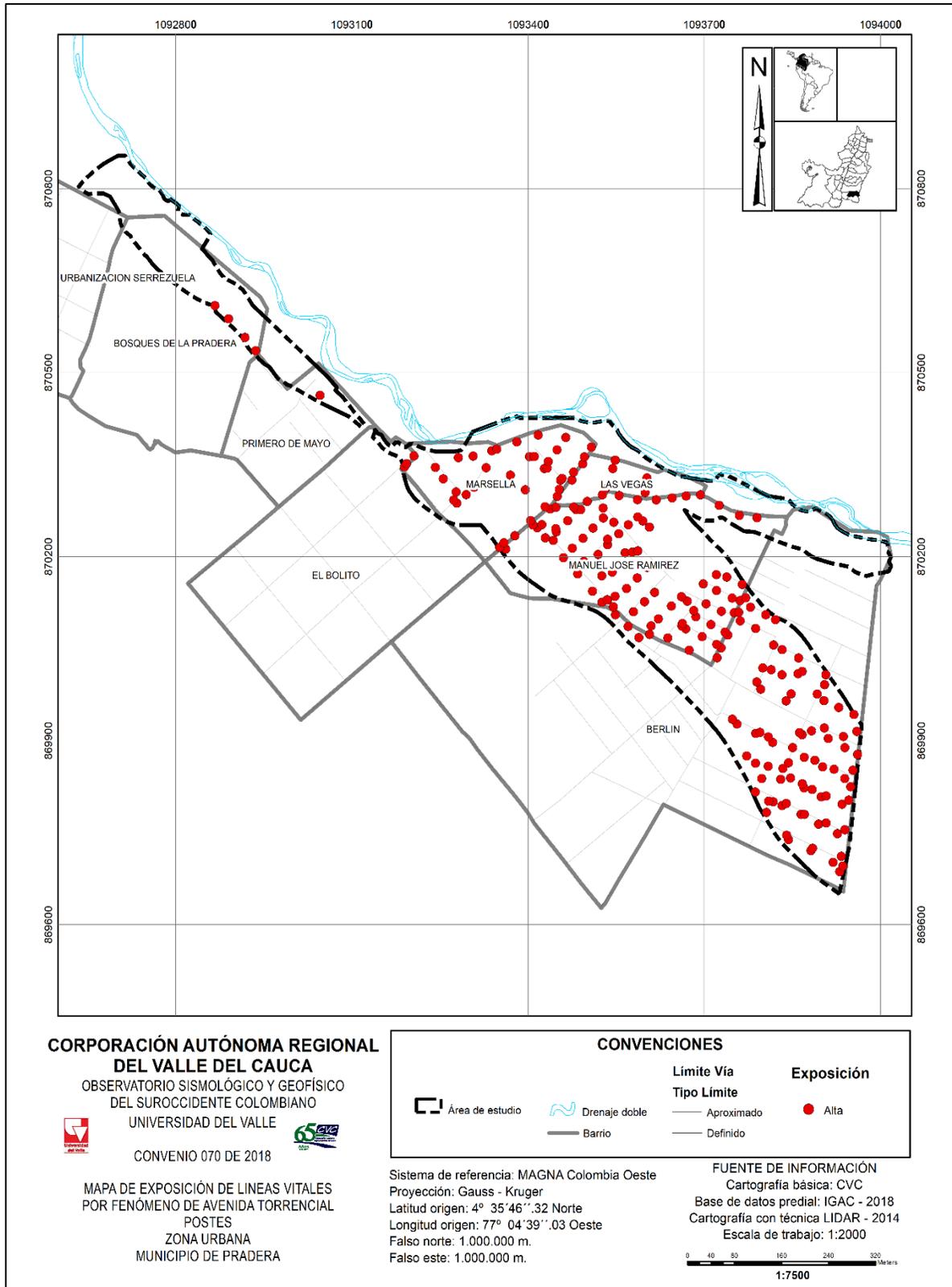


Figura 4.20. Mapa de exposición de líneas vital red eléctrica POSTES ante el fenómeno de avenida torrencial zona urbana municipio Pradera

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, con los resultados de los recorridos de campo (Tabla 4.34 y Figura 4.21) se logró identificar que los servicios públicos con los que se cuentan en el área de estudio son: acueducto en 1062 edificaciones, alcantarillado en 1037 edificaciones, 1094 cuentan con energía, solo 897 cuentan con servicio de gas natural y en menor cantidad los servicios de telefonía (55) e internet (85). En sectores como Las Vegas, El Bolito y parte de Marsella obtiene electricidad y agua de manera ilegal.

Tabla 4.34. Servicios públicos de las edificaciones expuestas a amenaza por avenida torrencial en la zona urbana del municipio de Pradera

SERVICIOS PÚBLICOS	SUBNIVELES DE AMENAZA			TOTAL
	ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	IMPACTO E INUNDACIÓN	PRESIÓN, ACUMULACIÓN E INUNDACIÓN	
Acueducto	776	125	161	1062
Alcantarillado	766	107	164	1037
Energía	779	147	168	1094
Gas natural	682	79	136	897
Telefonía	42	5	8	55
Internet	72	2	11	85

Fuente: elaboración propia

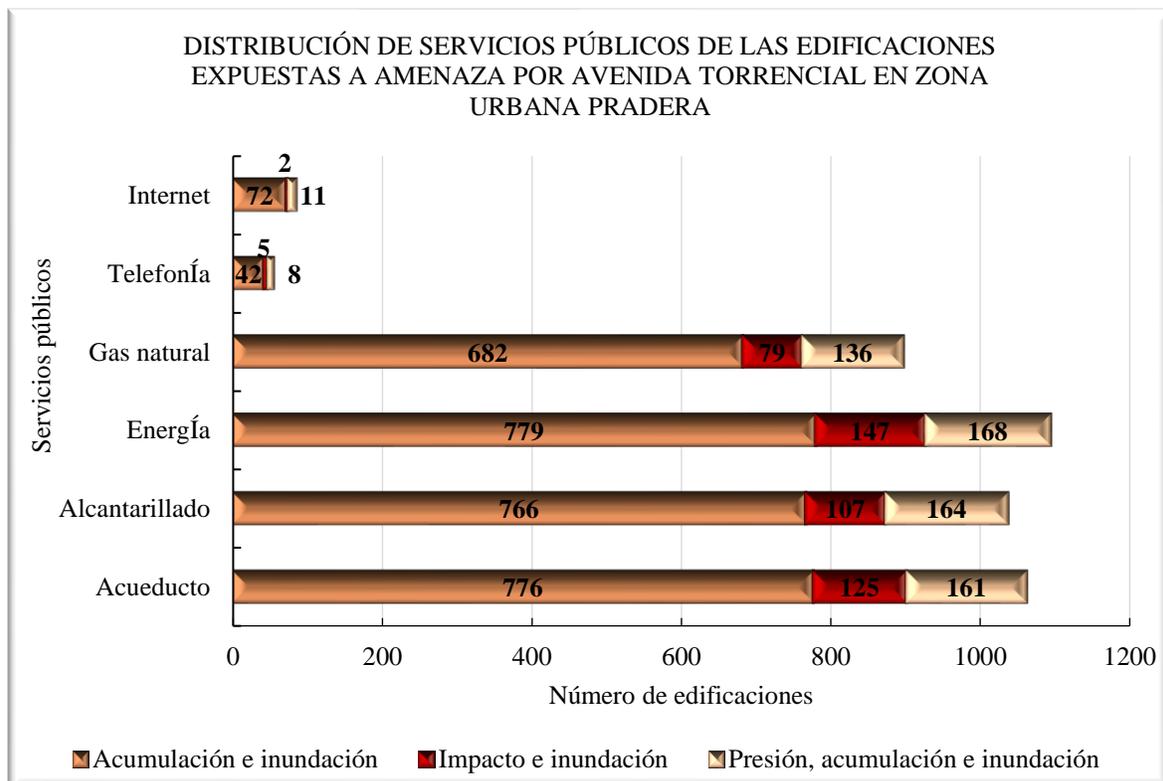


Figura 4.21. Distribución de servicios públicos de las edificaciones expuestas a amenaza por avenida torrencial en zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

4.4.2. Fragilidad de los elementos expuestos ante avenida torrencial

Como se ha mencionado en la metodología, la fragilidad está determinada por dos factores principales, uno es la intensidad del evento y el otro es la seguridad (factor de resistencia), el cual hace alusión a la fragilidad o debilidad ante el impacto de un elemento expuesto frente a la amenaza por avenida torrencial, siendo estos elementos corporales o estructurales.

4.4.2.1. Intensidad

La intensidad se obtiene con la información de presión de impacto y la presión límite de la estructura.

Es importante resaltar que, la intensidad de un fenómeno tiene gran importancia en los análisis de vulnerabilidad, puesto que radica en poder categorizar la interacción con los elementos expuestos y el comportamiento de estos frente a esas solicitaciones. La intensidad debe incluir información sobre el nivel de gravedad y las dimensiones espaciales del fenómeno (Du et al., 2013); por lo general, es expresada en términos de volumen, área, velocidad o energía (Li et al., 2010).

Sin embargo, al momento de revisar de manera detallada el estudio realizado por INGEOMINAS y la CVC (1998), se evidencia que a pesar de estar definidos unos criterios (presión, la energía cinética, el área de afectación y la altura de acumulación) para valorar la intensidad de cada una de las solicitaciones, el documento técnico suministrado no brinda ningún tipo de información o medida de estas variables que permita obtener un valor de intensidad determinado. Por lo tanto, para el presente estudio surge la necesidad de intentar expresar esas solicitaciones en valores que den cuenta de la magnitud del fenómeno y del nivel de daño que pueden llegar a presentar los elementos expuestos, para poder emplear la metodología tomada como base.

En la Figura 4.22 se presenta la zona de impacto e inundación (AI) esta se localiza en las zonas paralelas al río bolo en parte de los barrios Las Vegas y Marsella. La zona por presión, acumulación e inundación (AP) se localiza en los barrios Marsella y Las Vegas. Las zonas de acumulación e inundación (AA) se encuentra en los barrios Manuel José Ramírez y Berlín. Finalmente, se encuentra las zonas por socavación lateral (AS) esta se encuentra en la margen izquierda del río Bolo en el barrio Primero de Mayo.

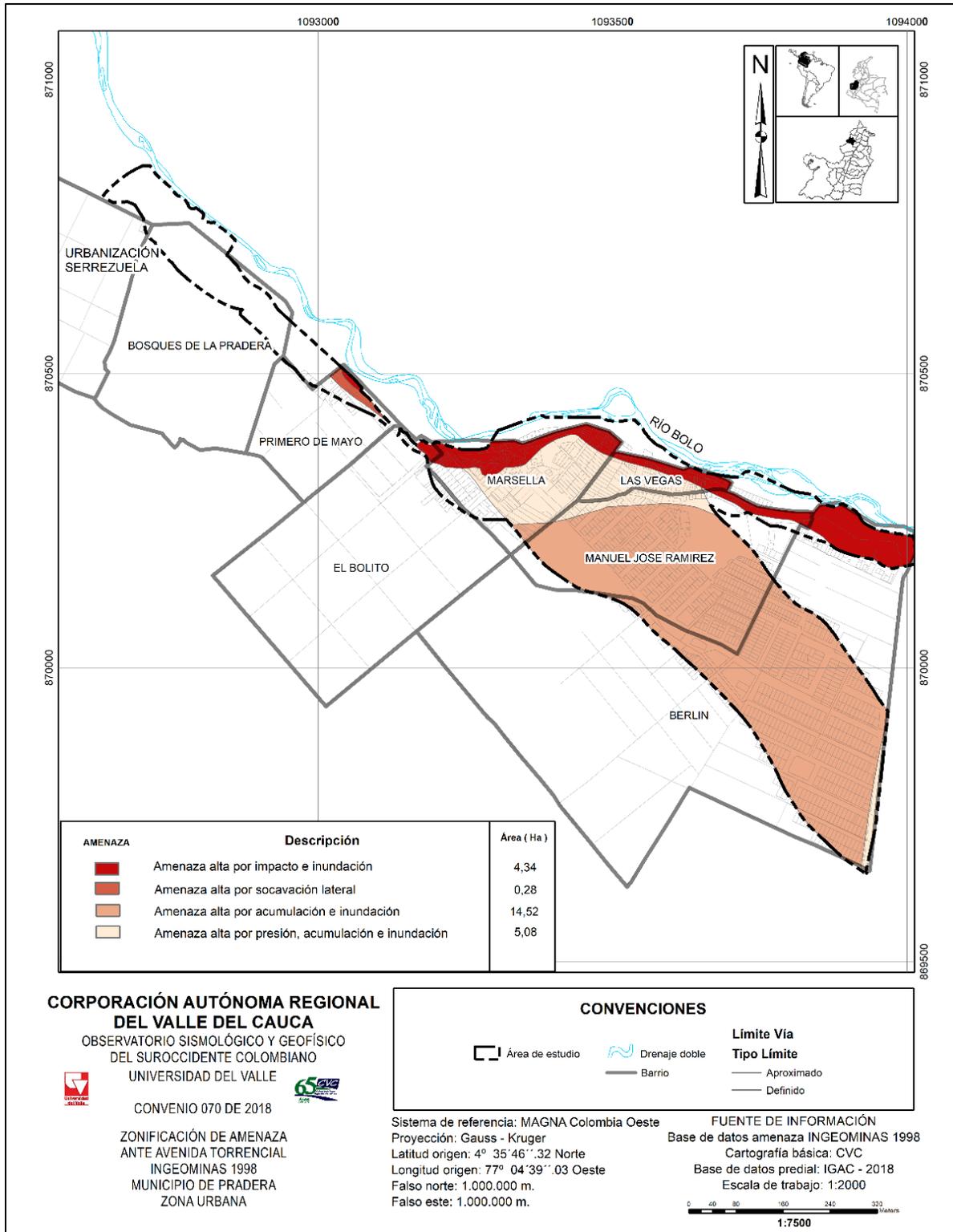


Figura 4.22. Mapa de amenaza ante avenidas torrenciales en la zona urbana Pradera

4.4.2.2. Factor de resistencia corporal

Este cálculo se realiza con base en el trabajo de Ragozin y Tikhvinsky (2000) y Uzielli (2006) plantea que la resistencia de las personas ubicadas dentro de una edificación es proporcional a la resistencia de la estructura. Adopta un modelo donde considera que las lesiones, fatalidad y capacidad de evacuación de las personas están condicionada a la estabilidad de las estructuras.

Por consiguiente, en este análisis se utilizó la información recolectada bajo el tipo de inspección interior, que se realizó en el área de estudio del municipio de Pradera, teniendo en cuenta las variables, número total de habitantes que permanecen en el día y personas que permanecen en la noche.

Variable 1: Población

El análisis debe concentrarse en los resultados de resistencia media y baja, pues al presentar una baja resistencia se está señalando que son altamente frágiles o débil ante el impacto de la amenaza.

En la Tabla 4.35 se identifica el factor de resistencia corporal en el área de estudio, donde la mayor parte de los habitantes 77,9% es decir 2743 se encuentra en el factor de resistencia baja, el 20,9% en el factor de resistencia media para un total de 738, y el 1,2% en el factor de resistencia alta equivalente a 42 personas. Se identifica además que la mayoría de los habitantes 3423 permanecen durante la noche convirtiéndose en el escenario más susceptible a verse afectado ante la ocurrencia de una avenida torrencial, debido a que 2706 personas con un factor de resistencia baja se encuentran durante la noche y 1580 durante el día.

En fragilidad baja se identificó que 403 familias se localizan en el barrio Berlín, 280 en Manuel José Ramírez, 173 en Marsella, 105 en Las Vegas, 14 en el Bolito y 6 en el barrio Primero de Mayo; en fragilidad media se tienen 86 familias en El Berlín, 135 en Manuel José Ramírez, 10 en Marsella, 2 en Las Vegas y una familia en el Bolito; en fragilidad alta o poca debilidad se encontró localizadas en El Berlín (Figura 4.23).

Tabla 4.35. Factor de resistencia según el número total de habitantes, día y noche frente a la exposición ante Avenida Torrencial de la zona urbana del municipio de Pradera.

HABITANTES	FACTOR RESISTENCIA			TOTAL
	ALTA	MEDIA	BAJA	
Total	42	738	2743	3523
Día	23	453	1580	2056
Noche	32	685	2706	3423

Fuente: elaboración propia

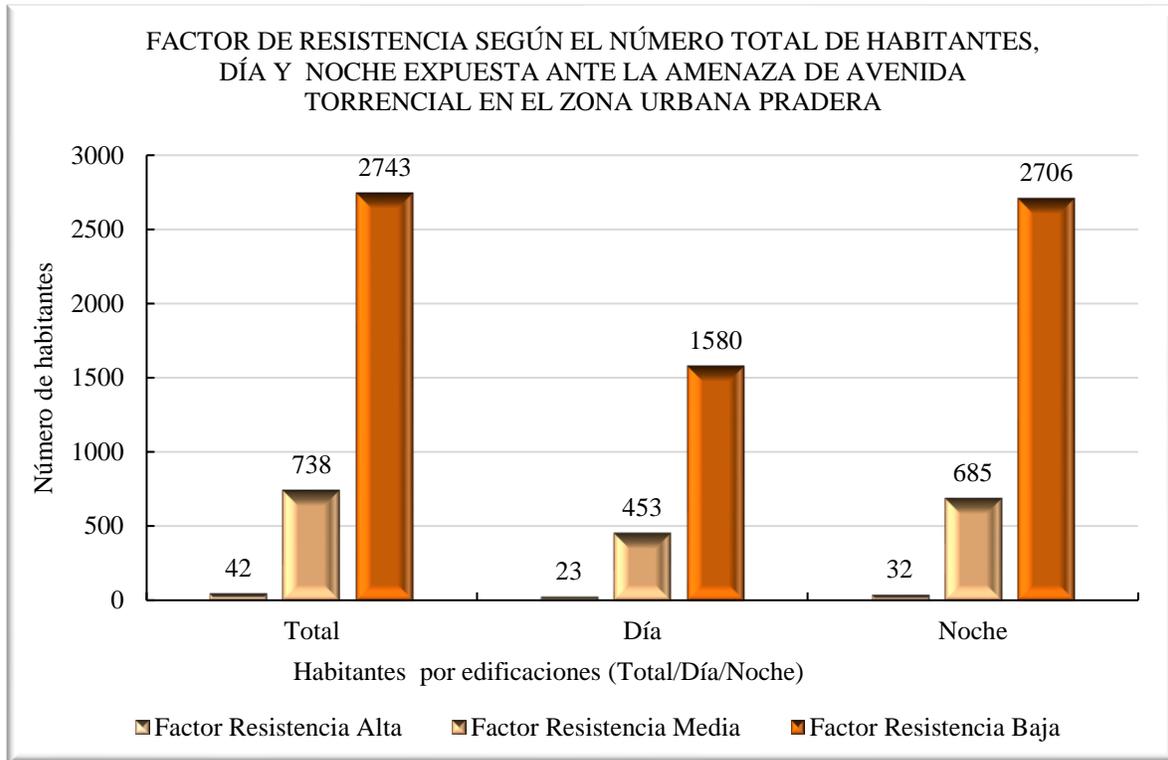


Figura 4.23. Factor de resistencia según el número total de habitantes, día y noche expuesta ante la amenaza de avenida torrencial en zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

En la Figura 4.24 se muestra espacialmente el factor de resistencia de la población ante una avenida torrencial en el área de estudio del municipio de Pradera. Como resultado la mayoría de la población tiene una baja resistencia especialmente en los barrios Marsella y Las Vegas donde la exposición resulto ser alta ante las sollicitaciones de impacto y presión.

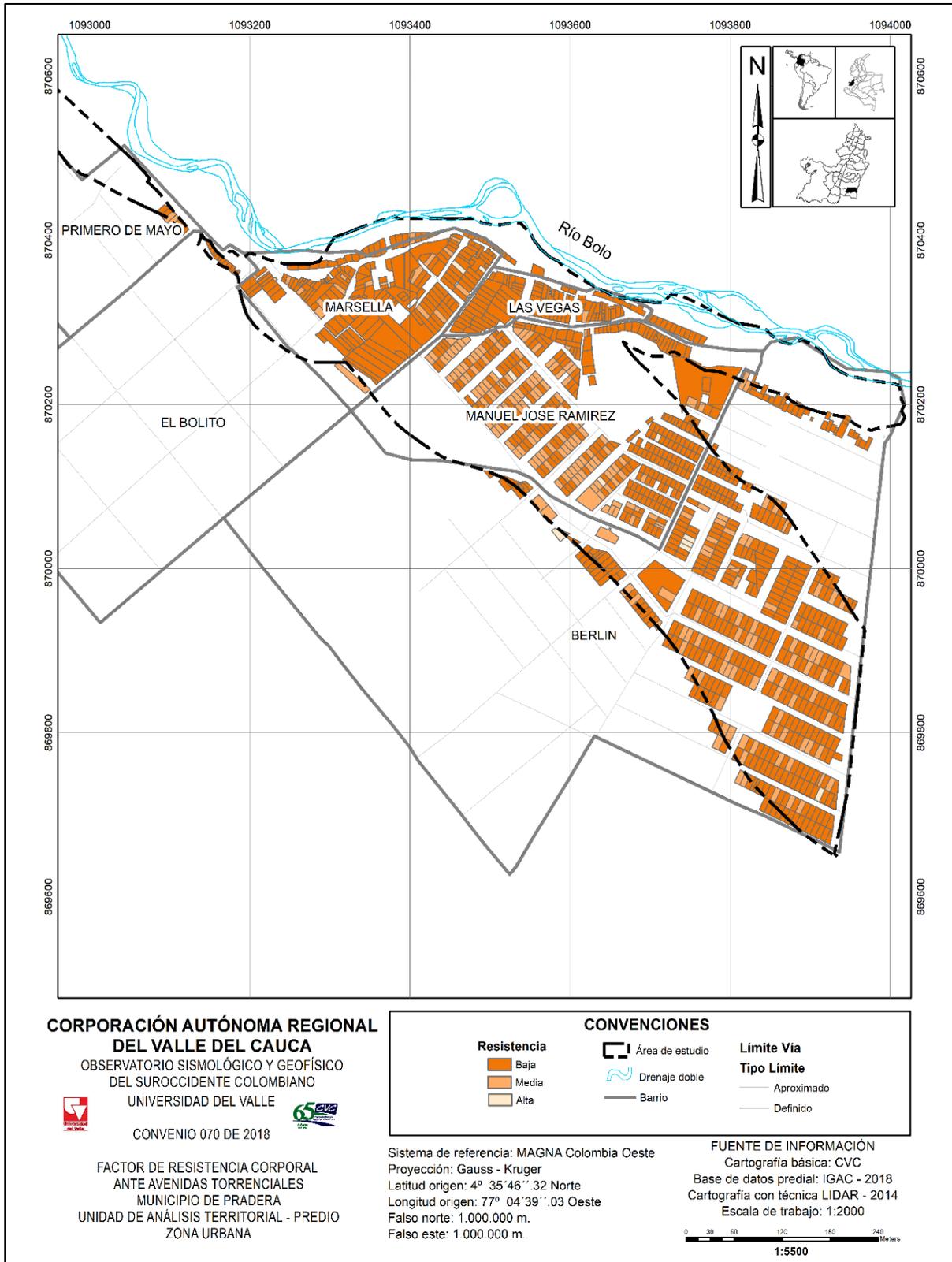


Figura 4.24. Mapa de factor de resistencia corporal ante avenidas torrenciales en la zona urbana del municipio Pradera
Fuente: elaboración propia

4.4.2.3. Factor de resistencia estructurales

El factor de resistencia de los elementos estructurales se analiza como la capacidad que tienen los elementos estructurales de soportar los esfuerzos a los que están sometidos en una avenida torrencial, para la estimación del factor de resistencia estructural, se tomaron como base las variables planteadas en los trabajos de Uzielli (2008) y Du et al. (2013, 2014): 1) tipología de la construcción, 2) edad de la construcción, 3) número de pisos (altura) y 4) estado de conservación.

Variable 1: Tipología de la edificación

En el factor de resistencia por el tipo de construcción se encontró que todas las edificaciones corresponden a resistencia baja, esto indica que 1232 edificaciones del área de estudio en la zona urbana del municipio de Pradera tienden a ser altamente vulnerables ante la ocurrencia de una avenida torrencial. La Tabla 4.36 y Figura 4.25, discrimina que la tipología con mayor número de edificaciones en resistencia baja fue mampostería no reforzada con 787 (63,9%) edificaciones, seguido del tipo de construcción mampostería confinada con 288 (23,41%) edificaciones, el 9,1% con otros tipos de construcción y finalmente 45 (4,7%) edificaciones en madera, tapia y bahareque.

Tabla 4.36. Factor de resistencia según el tipo de construcción de las edificaciones frente a la exposición de avenida torrencial zona urbana del municipio de Pradera.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	FACTOR RESISTENCIA			TOTAL
	BAJA	MEDIA	ALTA	
Madera, Tapia, Bahareque	45	0	0	45
Mampostería no Reforzada	787	0	0	787
Mampostería Confinada	288	0	0	288
Otro (Material de reciclaje)	112	0	0	112
TOTAL GENERAL	1232	0	0	1232

Fuente: elaboración propia

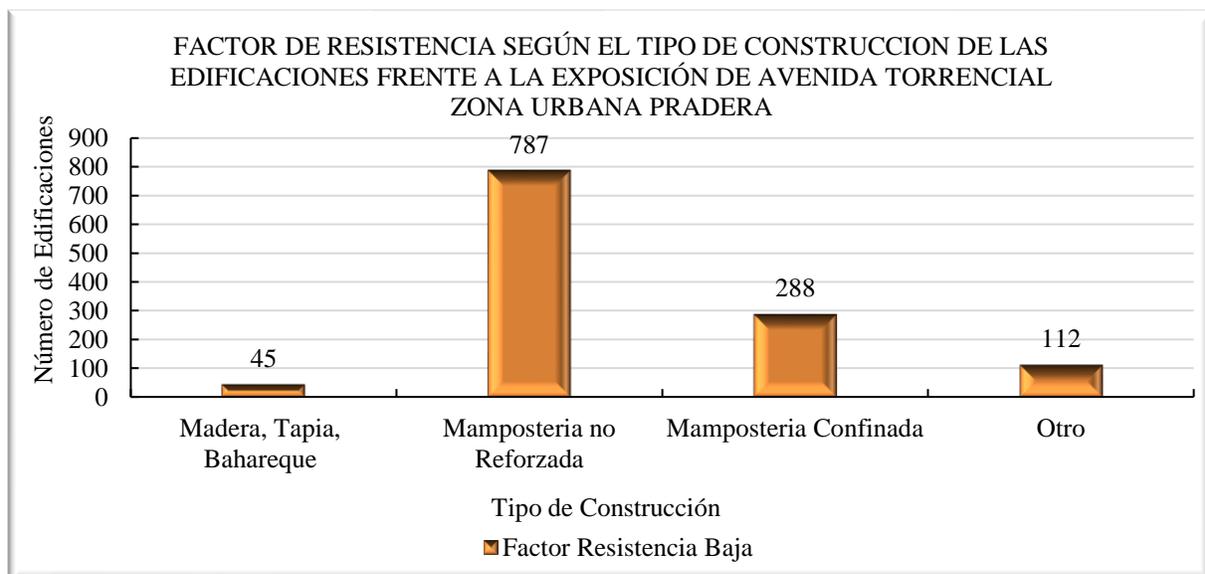


Figura 4.25. Factor de resistencia según el tipo de construcción de las edificaciones frente a la exposición de avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

Variable 2: Estado de conservación de la edificación

El análisis del factor de resistencia según el estado de conservación se definió con las categorías: bueno, daños moderados, daños graves. En la Tabla 4.37 y Figura 4.26 se identifica que todas las edificaciones se encuentran en resistencia baja y 574 (46,6%) presentan Daños Moderados, 423 (34,3%) edificaciones presentan un estado Bueno y el 235 (19,1%) de las edificaciones se clasificaron con Daños Graves.

Tabla 4.37. Factor de resistencia según el estado de conservación de las edificaciones frente a la exposición de avenida torrencial en zona urbana de Pradera.

ESTADO DE CONSERVACIÓN	FACTOR DE RESISTENCIA BAJO
Bueno	423
Daños Moderados	574
Daños Graves	235
TOTAL GENERAL	1232

Fuente: elaboración propia

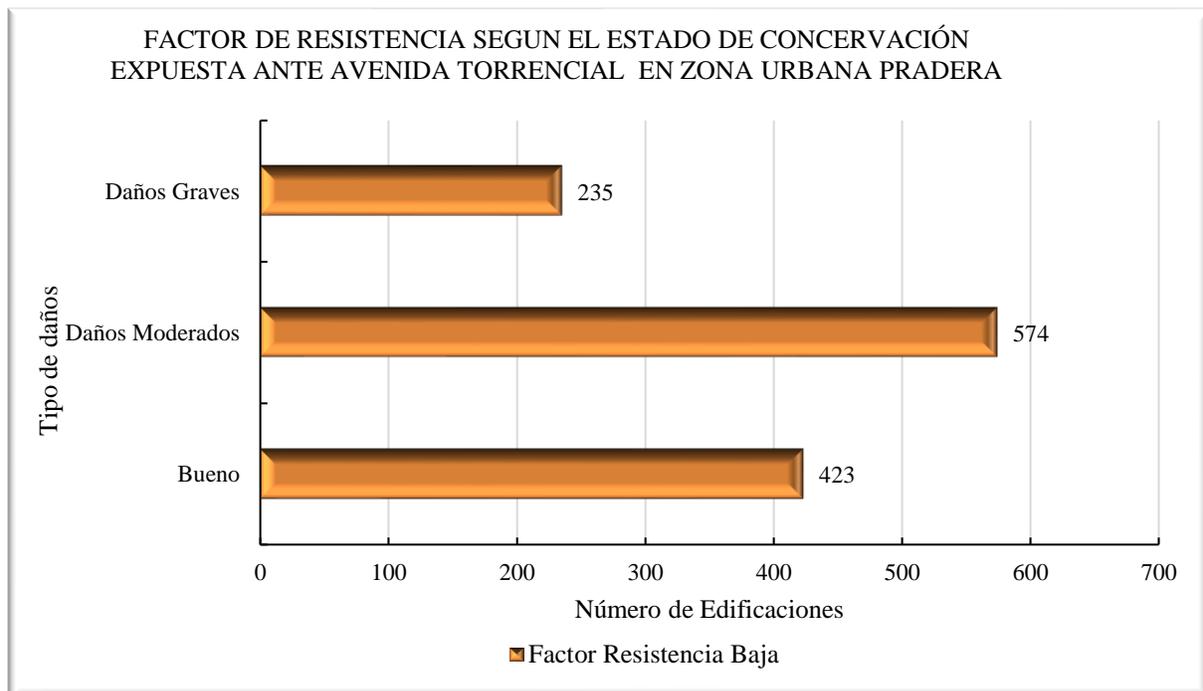


Figura 4.26. Factor de resistencia según el estado de conservación expuesta ante avenidas torrenciales en zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

- **Variable 3: Edad o tiempo de servicio de la edificación**

El factor de resistencia según la edad o el tiempo de servicio de la edificación se muestra en la Tabla 4.38, en la cual se identificó que las 1232 edificaciones presentan un factor de resistencia bajo, donde 503 (40,8%) edificaciones presentan un rango de edad o tiempo de servicio entre 30-49, seguidamente de las edificaciones con un tiempo o edad de servicio entre 20;29 que representan

el (37,8%), 245 edificaciones (19,9%) con tiempo o edad de servicio inferior a 20 años (<20), y 18 edificaciones (1,5%) con tiempo de servicio o edad mayor de 50 años (Figura 4.27).

Tabla 4.38. Factor de resistencia según la edad de las edificaciones frente a la exposición de avenida torrencial de la zona urbana Pradera.

EDAD O TIEMPO DE SERVICIO DE LA EDIFICACIÓN	FACTOR DE RESISTENCIA BAJO
<20	245
[20 ; 29]	466
[30 ; 49]	503
[50 ; 79]	14
>=80	4
TOTAL GENERAL	1232

Fuente: elaboración propia

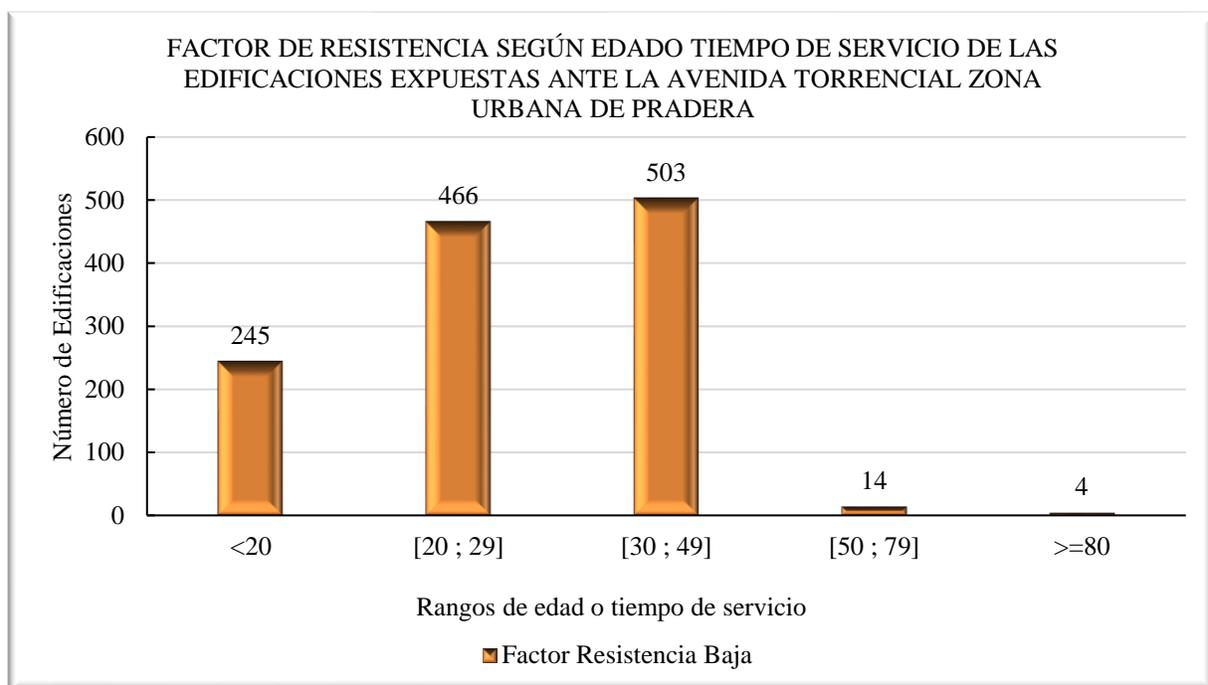


Figura 4.27. Factor de resistencia según la edad de las edificaciones expuestas ante la avenida torrencial zona urbana de Pradera

Fuente: elaboración propia

Variable 4: Altura de la edificación

Con relación a la altura de las edificaciones expuestas ante la avenida torrencial resulto que 996 es decir el (80,8%) de las construcciones en el área de estudio de la zona urbana de Pradera son de un piso, seguido de 206 representadas en un (16,7%) edificaciones con dos pisos, 29 es decir (2,4%) edificaciones con 3 pisos y solo una edificación de 4 pisos (Tabla 4.39 y Figura 4.28).

Tabla 4.39. Factor de resistencia según el número pisos de las edificaciones expuestas a avenida torrencial de la zona urbana del municipio de Pradera.

NÚMERO DE PISOS	FACTOR DE RESISTENCIA BAJO
1	996
2	206
3	29
4	1
TOTAL GENERAL	1232

Fuente: elaboración propia

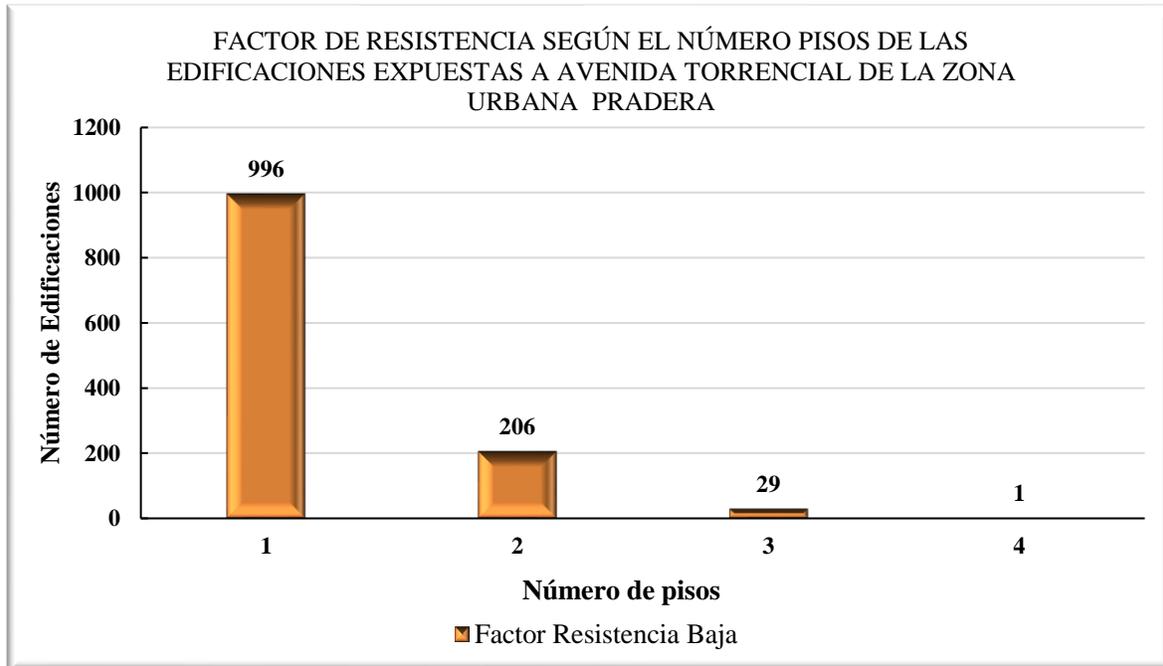


Figura 4.28. Distribución del Factor de resistencia según el número pisos de las edificaciones expuestas a avenida torrencial de la zona urbana del municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia

En general se logra determinar que el factor de resistencia de las edificaciones en el área de estudio de la zona urbana del municipio de Pradera expuesta ante una avenida torrencial es baja, altamente frágil, la espacialización de esta información se evidencia en la Figura 4.29

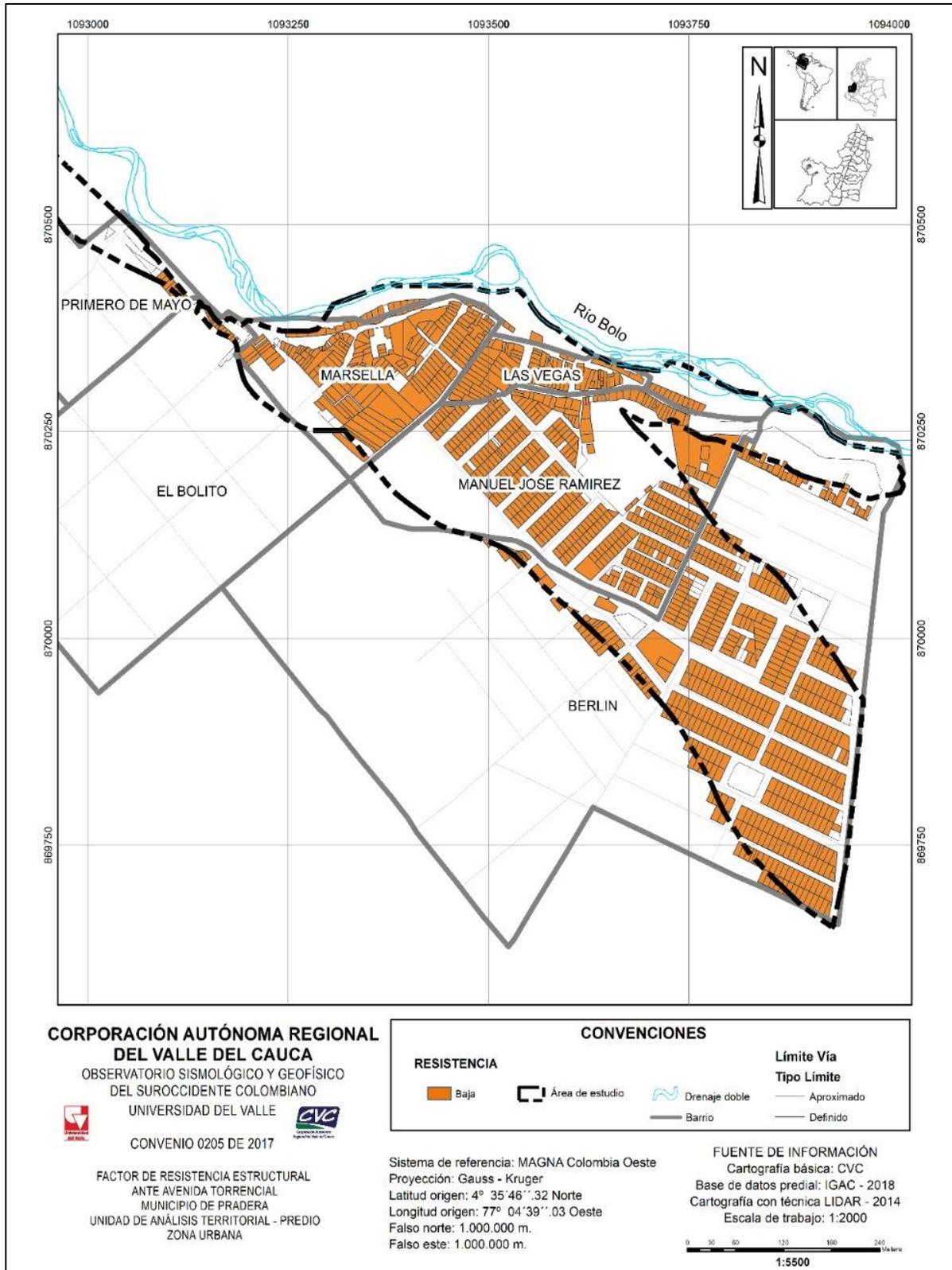


Figura 4.29. Mapa de factor de resistencia estructural ante avenidas torrenciales en en la zona urbana del municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia

4.4.2.4. Factor de resistencia líneas vitales

Se realiza el análisis para las redes viales y eléctricas. Cabe mencionar, que no fue posible realizar el análisis para las redes de acueducto y alcantarillado, tal como se mencionó en la metodología, por falta de información y su abordaje se debe considerar a mayor detalle de las redes primarias y domiciliarias.

- **Red vial**

De acuerdo con lo planteado en la metodología, el análisis de la red vial está en función de su ancho y del tipo de material. En la Tabla 4.40 y Figura 4.30, se identifica que de los 5676.57 m de red vial, 369,37 m de longitud están destapada, es decir sin recubrimiento tiene una resistencia alta 1.62 m se encuentra expuesta a presión- acumulación e inundación y el resto ante acumulación e inundación, en factor de resistencia media se tiene un total de 3104,83 m donde 706,88 se encuentran en asfalto, 1556,45 en concreto y 841,50 destapada o sin recubrimiento expuesta a los múltiples niveles de amenaza y en factor de resistencia baja se tienen 2202,36 m distribuidos en asfalto 426 m, 451 en concreto y sin pavimentar 1324,62 metros expuestos principalmente a presión – acumulación e inundación y acumulación e inundación, esto indica que en la manifestación de un evento de avenida torrencial puede que el paso se vea impedido por el tipo de materiales depositados (gravas, arenas y limos). La resistencia baja o alta fragilidad predomina en los barrios Manuel José Ramírez y Berlín.

Tabla 4.40. Factor de resistencia red vial ante avenida torrencial zona urbana Pradera

MATERIAL DE LA RED VIAL	LONGITUD (M)			TOTAL
	FACTOR RESISTENCIA ALTA	FACTOR RESISTENCIA MEDIA	FACTOR RESISTENCIA BAJA	
Asfalto	0	706,88	426	1133,29
Destapada	369,37	841,50	1324,62	2535,49
Concreto	0	1556,45	451	2007,79
TOTAL	369,37	3104,83	2202,36	5676,57

Fuente: elaboración propia

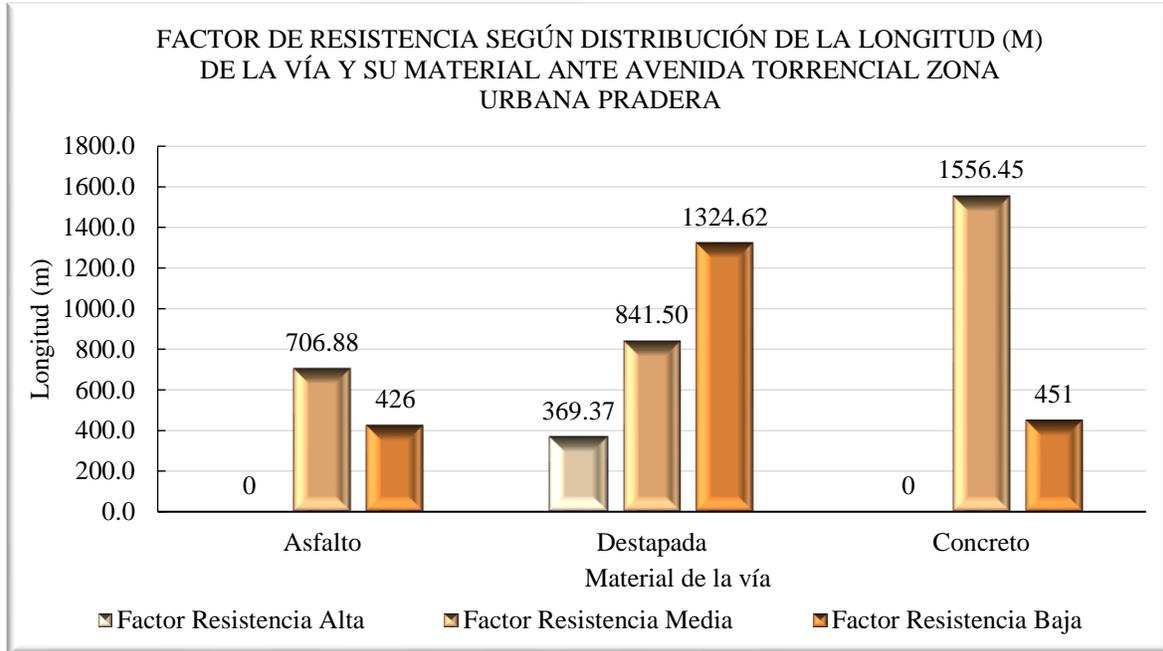


Figura 4.30. Factor de resistencia según distribución de la longitud (m) de la vía y su material ante avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

Con relación al ancho de las vías y la longitud de las mismas (Tabla 4.41 y Figura 4.31) en factor de resistencia alto se tiene una longitud de 369,4 m con un ancho de [15 – 16] metros, esta vía se caracteriza por encontrarse en material virgen o destapada; por otra parte, en factor de resistencia media hay 3104,8 metros en total distribuidos así, 1833,0 m con un ancho de [5 – 6], 1002,6 m dentro de [6 – 7] de ancho y 269,2 entre [7 – 8] metros. Finalmente, en factor de resistencia baja se encontraron 2202,4 metros de longitud vial con un ancho que oscila entre 2 y 5 metros, puntualmente, 1227,6 m con un ancho de [4 – 5], 821,3 m entre [3 – 4] y en un ancho de [2 – 3] se tiene una longitud vial de 153 m. La espacialización de esta información se evidencia en la Figura 4.32.

Tabla 4.41. Factor de resistencia según distribución de la longitud (m) de la vía y ancho ante avenida torrencial en el área urbana del municipio de Pradera

ANCHO DE LA RED VIAL	LONGITUD (M)			TOTAL
	FACTOR RESISTENCIA ALTA	FACTOR RESISTENCIA MEDIA	FACTOR RESISTENCIA BAJA	
[2 – 3]	0	0	153	153,4
[3 – 4]	0	0	821,3	821,3
[4 – 5]	0	0	1227,6	1227,6
[5 – 6]	0	1833,0	0	1833,0
[6 – 7]	0	1002,6	0	1002,6
[7 – 8]	0	269,2	0	269,2
[15 – 16]	369,4	0	0	369,4
TOTAL	369,4	3104,8	2202,4	5676,6

Fuente: elaboración propia

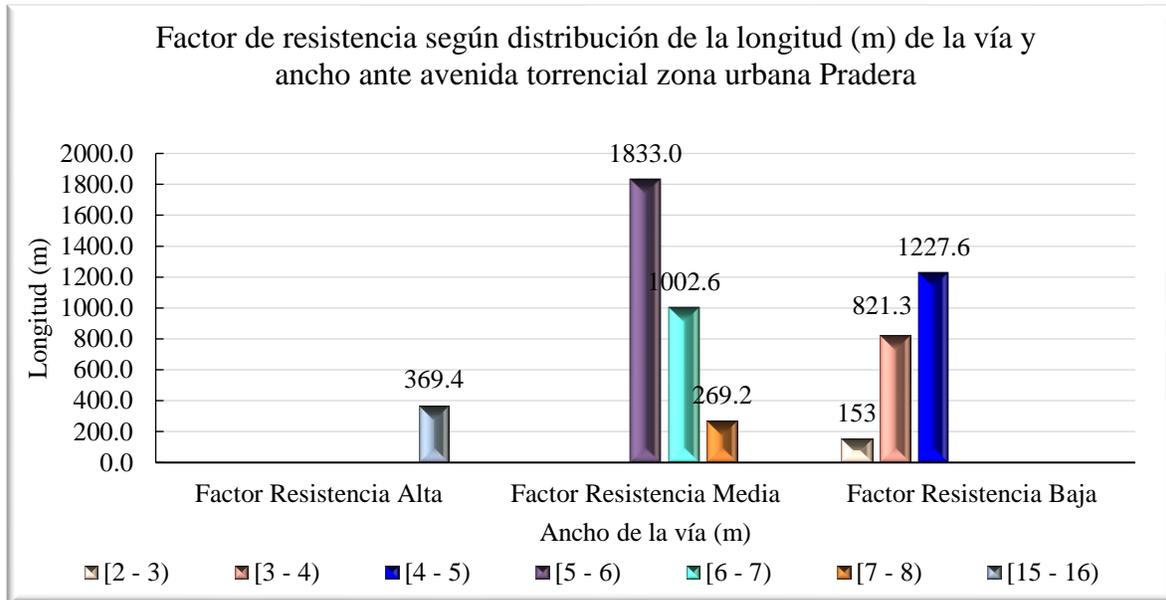


Figura 4.31. Factor de resistencia según distribución de la longitud (m) de la vía y ancho ante avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

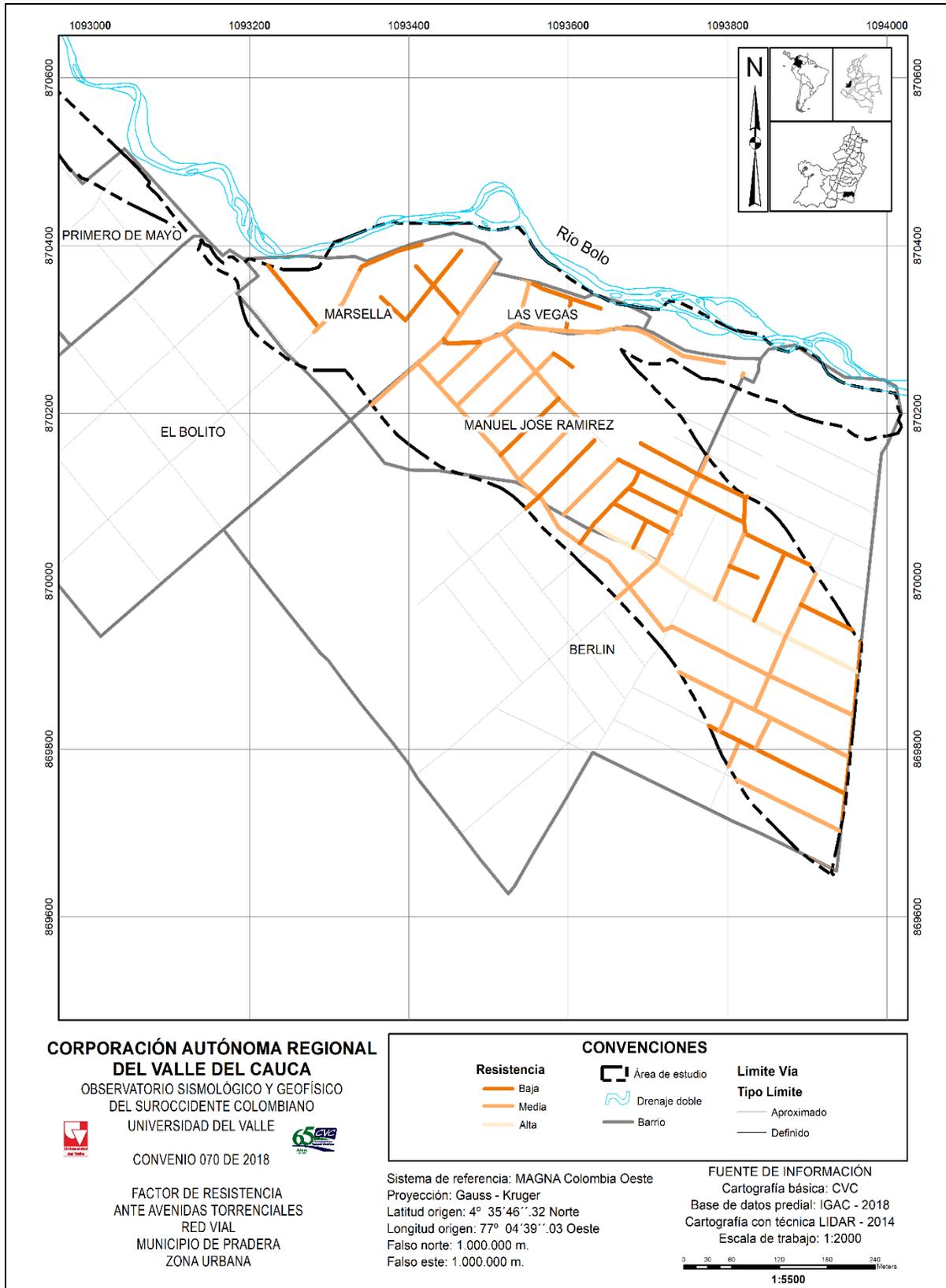


Figura 4.32. Mapa de factor de resistencia red vial zona urbana municipio Pradera
Fuente: elaboración propia

- **Red eléctrica (postes)**

Con relación a la red eléctrica los 218 postes presentan una baja resistencia ante el impacto de una avenida torrencial. Según la metodología la resistencia se define a partir de la carga nominal de rotura de los postes, es decir, el esfuerzo que puede soportar un material cuando está sometido a tracción o compresión en este caso por las solicitaciones a las que se encuentra expuesta el área de estudio. Como en el municipio no se logró identificar en todos los postes el valor de la carga nominal se utiliza el valor mínimo según el tipo de material. Por lo tanto, de los postes identificados en campo 214 son de concreto con una carga nominal de 5001N, en material de madera se tiene 1 poste y su carga nominal se asocia a (uno) debido a que en los de este material la carga es directa, por otra parte, en la zona de estudio se identificaron 3 postes metálicos con una carga nominal de 3432N. Esta información se refleja desde la Figura 4.33 hasta la Figura 4.35.

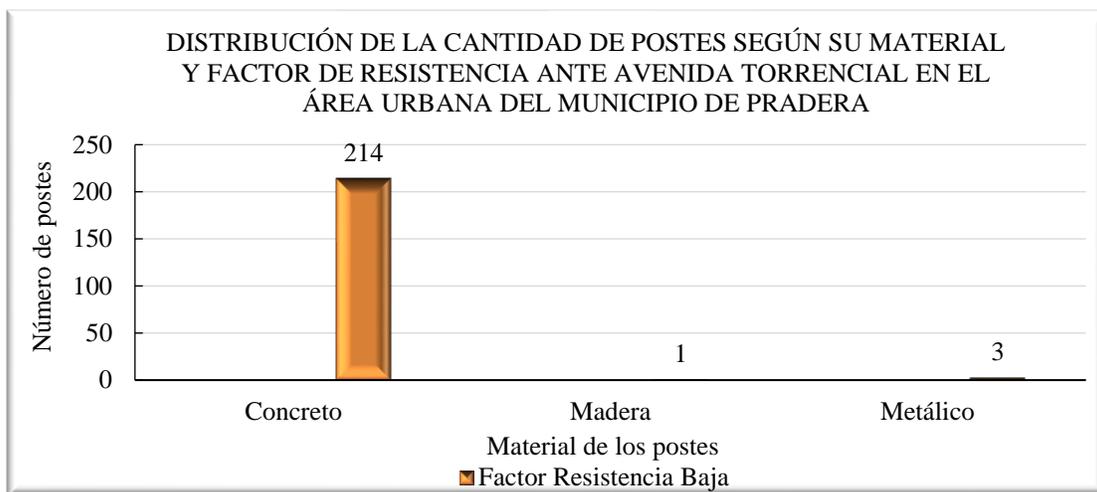


Figura 4.33. Distribución de la cantidad de postes según su material y factor de resistencia ante avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

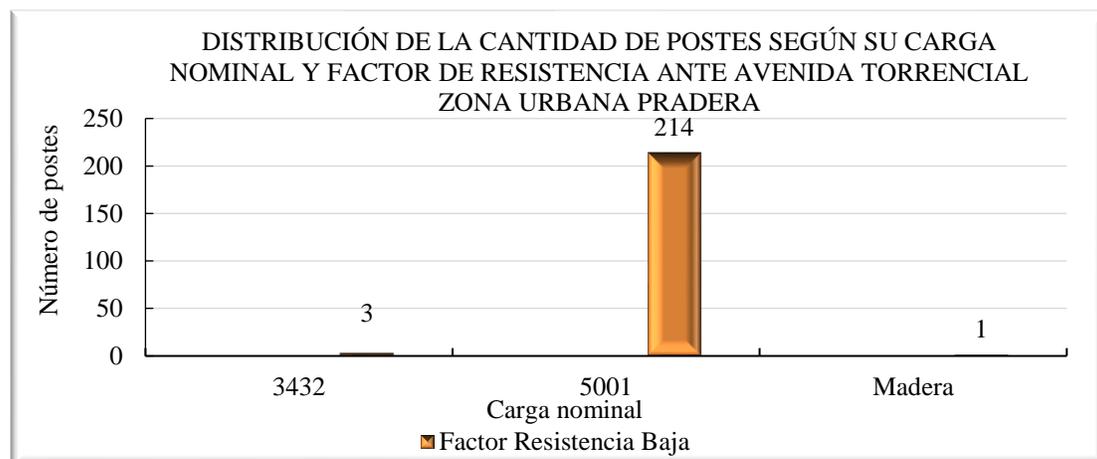


Figura 4.34. Distribución de la cantidad de postes según su carga nominal y factor de resistencia ante avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

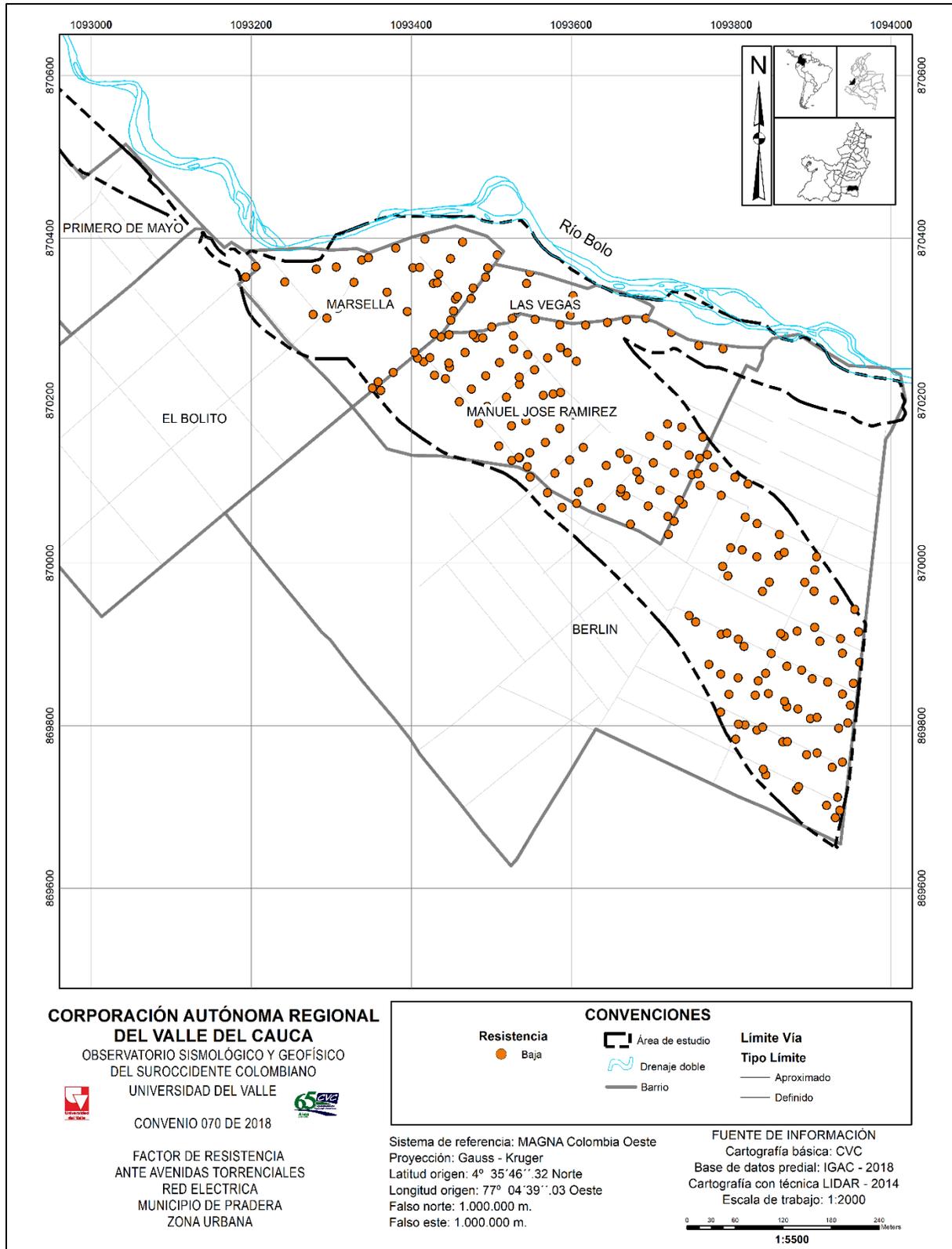


Figura 4.35. Mapa factor de resistencia red eléctrica postes ante avenidas torrenciales en la zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

4.4.3. Cálculo y Zonificación de Vulnerabilidad

Para el cálculo de la vulnerabilidad se adapta la propuesta de Li (2010), la cual analiza la vulnerabilidad como una función de la intensidad y la capacidad de resistencia de los elementos expuestos. Sin embargo, partiendo de la concepción que la vulnerabilidad es el producto de la relación entre la exposición y la fragilidad, se modifica dicho planteamiento, incluyendo la evaluación de la exposición corporal y estructural ante avenidas torrenciales en el municipio de Pradera.

En adelante se presentan los resultados de la vulnerabilidad corporal, estructural y de líneas vitales ante el fenómeno de avenida torrencial.

4.4.3.1. Vulnerabilidad corporal (población)

Al procesar las variables tenidas en cuenta para el cálculo de la vulnerabilidad, en la Tabla 4.42 y Figura 4.36 se especifica que toda la población registrada a través del censo realizado en el área de estudio presenta una vulnerabilidad Alta. Puntualmente un total de 3523 habitantes considerando la información brindada en la inspección interior, localizados en un área de 124305,35 m² en 1232 edificaciones.

Tabla 4.42. Vulnerabilidad corporal por el número total de habitantes, por área (m²) en zona urbana de Pradera

VULNERABILIDAD CORPORAL	HABITANTES	ÁREA M ²	PORCENTAJE ÁREA	EDIFICACIONES
Alta	3523	124305,35	100%	1232
Media	-	-	-	-
Baja	-	-	-	-
TOTAL	3523	124305,35	100%	1232

Fuente: elaboración propia

4.4.3.2. Vulnerabilidad estructural (edificaciones)

En el análisis de vulnerabilidad estructural se clasifico alta, media y baja por el área m² y las edificaciones, sin embargo, se resalta que todas las 1232 edificaciones se encuentran en vulnerabilidad Alta, con un área total de 124305,3 m² distribuidas en los diferentes subniveles de amenaza alta (Tabla 4.43, Figura 4.36 y 4.37).

Tabla 4.43. Vulnerabilidad estructural por área (m²) y número de edificaciones ante una avenida torrencial en zona urbana de Pradera

VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL	EDIFICACIONES	ÁREA (M ²)	% DE ÁREA
Alta	1232	124305,35	100,00%
Media	-	-	0,00%
Baja	-	-	0,00%
TOTAL	1232	124305,35	100%

Fuente: elaboración propia

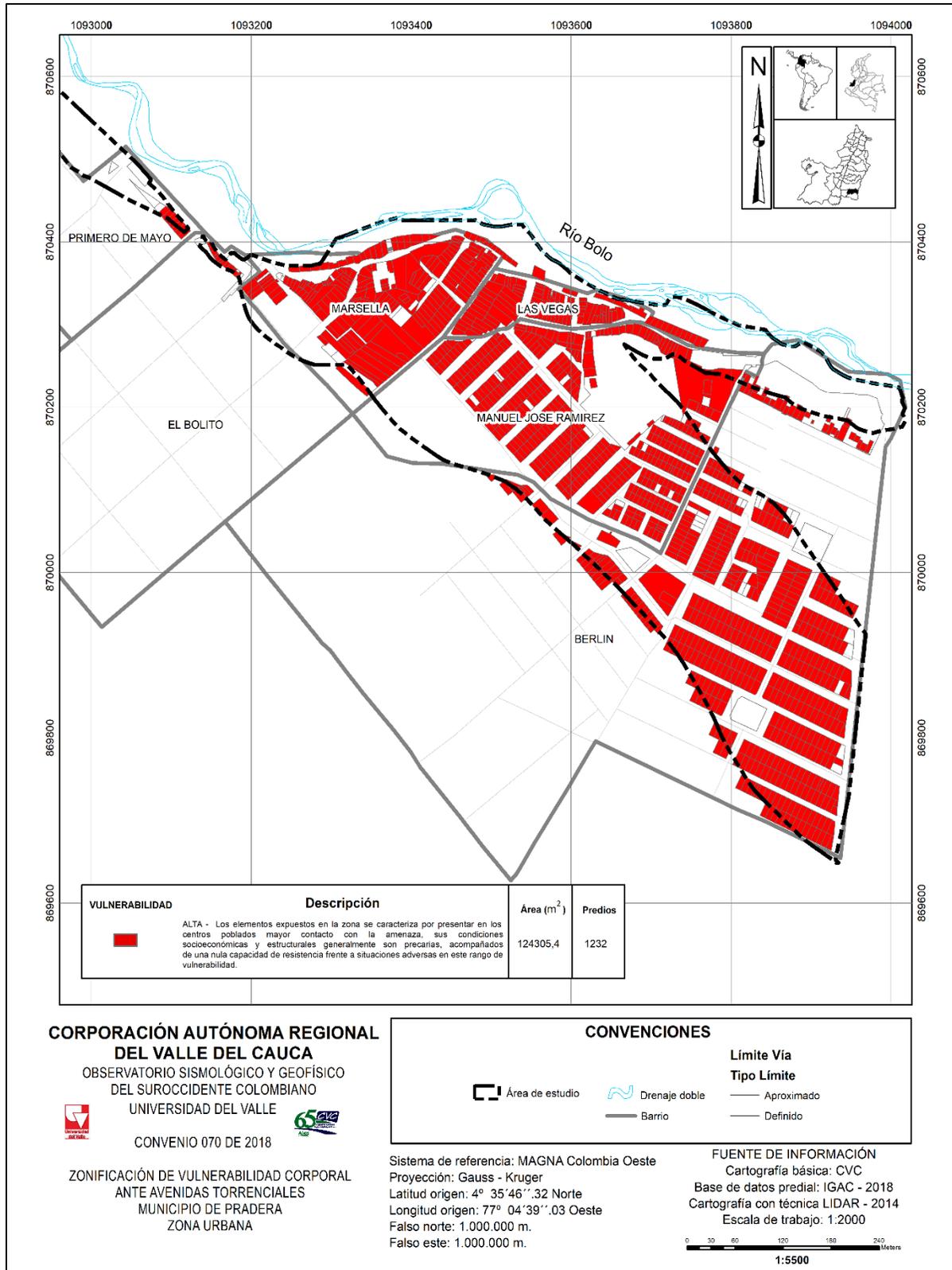


Figura 4.36. Mapa de vulnerabilidad corporal ante el fenómeno de avenidas torrenciales en la zona urbana del municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia

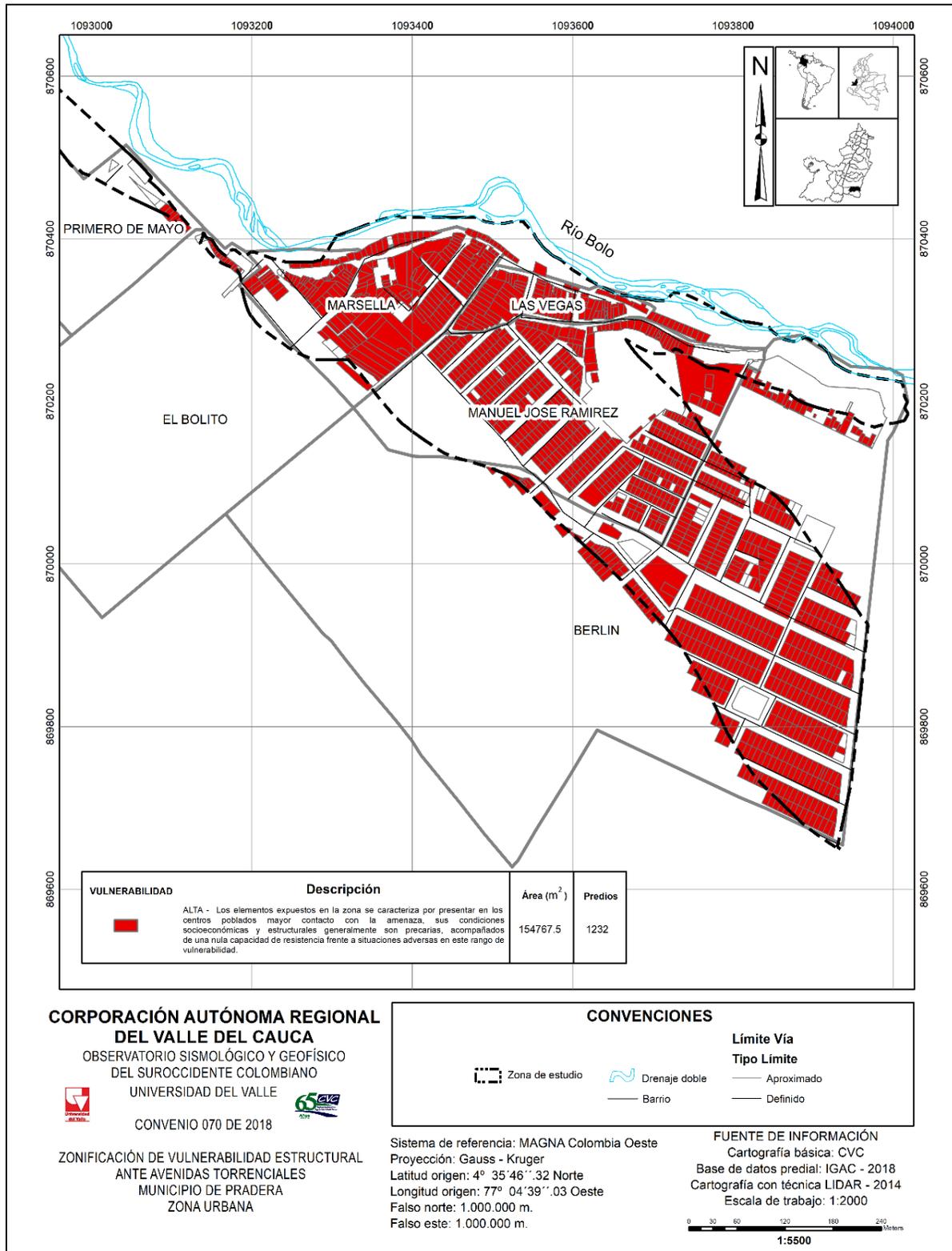


Figura 4.37. Mapa de vulnerabilidad estructural ante avenidas torrenciales en la zona urbana del municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia

4.4.3.3. Vulnerabilidad de líneas vitales

La vulnerabilidad de líneas vitales es analizada para la red vial y la red eléctrica específicamente postes de energía que se encuentran en el área de estudio de la zona urbana municipio Pradera.

- **Red vial**

La vulnerabilidad en la red vial en la zona de estudio es el resultado de la exposición de esta, junto con el factor de resistencia. En la Tabla 4.44 y Figura 4.38 la vulnerabilidad alta en metros es de 5308,82 y en media 367,75 para un total de 5676,57 m.

Tabla 4.44. Vulnerabilidad de línea vital red vial ante avenida torrencial en la zona urbana del municipio Pradera

TIPO DE LÍNEA VITAL	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL LONGITUD (M)			
	ALTA	MEDIA	BAJA	TOTAL
Red vial	5308,82	367,75	0	5676,57

Fuente: elaboración propia

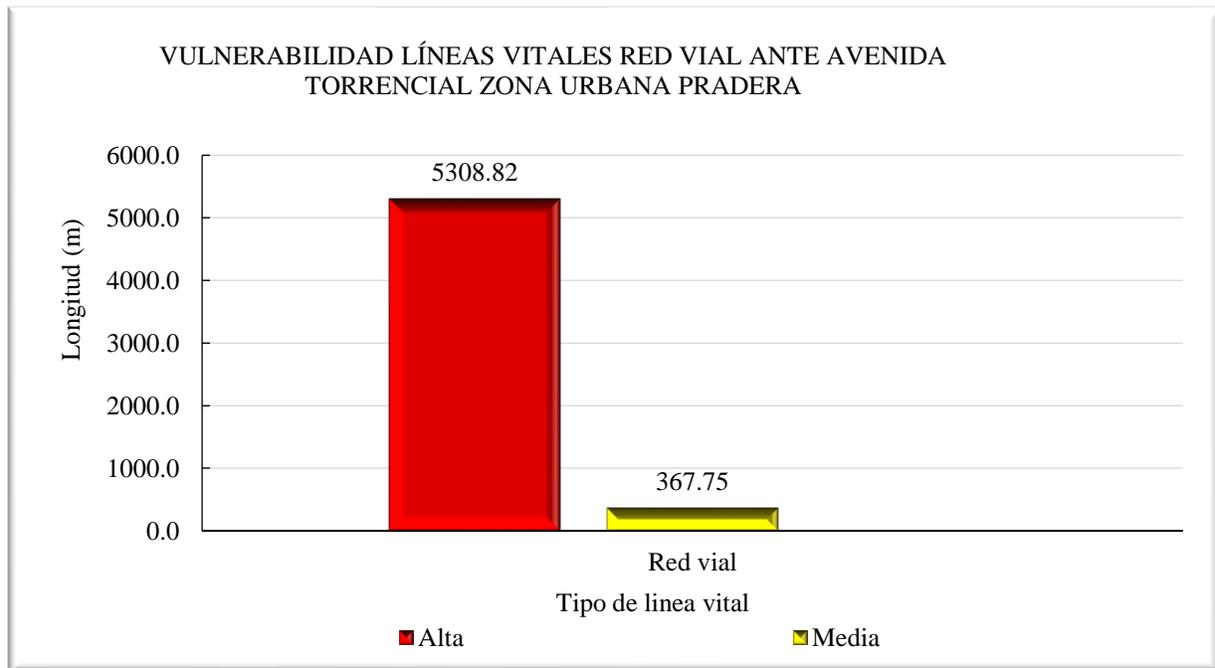


Figura 4.38. Vulnerabilidad líneas vitales red vial ante avenida torrencial zona urbana del municipio Pradera

Fuente: elaboración propia

De la longitud vial en condición de vulnerabilidad en la Tabla 4.45 y Figura 4.39 se describe el tipo de material de las mismas, donde, de los 5308,82m en vulnerabilidad alta 1133,29m se encuentran asfaltados, 2007,79m en concreto y 2167,74m en destapada, bajo este mismo material se cuenta con 367,75m en vulnerabilidad media ante el fenómeno de avenidas torrenciales.

Tabla 4.45. Longitud (m) de red vial según el material con vulnerabilidad alta ante avenida torrencial zona urbana de Pradera.

MATERIAL DE LA RED VIAL	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL LONGITUD (M)			TOTAL
	ALTA	MEDIA	BAJA	
Asfalto	1133,29	0	0	1133,29
Destapada	2167,74	368	0	2535,49
Concreto	2007,79	0	0	2007,79
TOTAL	5308,82	367,75	0,00	5676,57

Fuente: elaboración propia

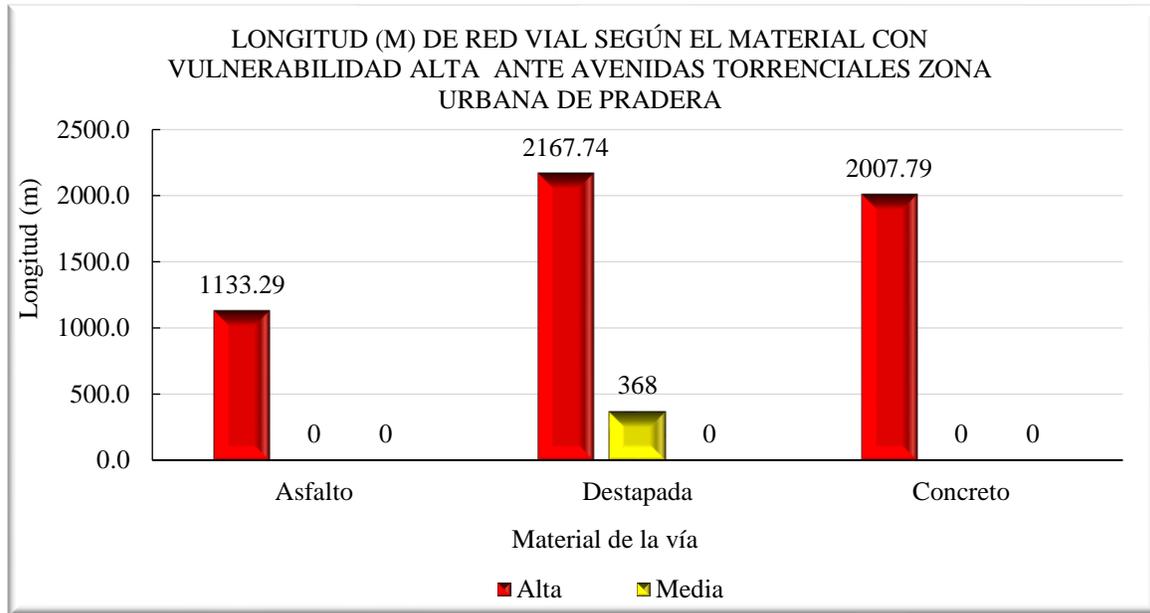


Figura 4.39. Longitud (m) de red vial según el material con vulnerabilidad alta ante avenida torrencial zona urbana de Pradera

Fuente: elaboración propia

Con relación al ancho de las vías, los 368m de longitud vial que se encuentran en destapada y presentan vulnerabilidad media, tiene un ancho de 15 a 16 metros. Por otra parte, los 5308,8 m de longitud vial en condición de vulnerabilidad alta tienen diferente ancho de vías distribuidos según la Tabla 4.46 y Figura 4.40 que oscila entre [2 – 3] y [15 – 16]. La espacialización gráfica de esta información se identifica en la Figura 4.41.

Tabla 4.46. Longitud (m) de la red vial según ancho de la vía con vulnerabilidad alta y media ante avenidas torrenciales zona urbana Pradera.

ANCHO DE LA RED VIAL	VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL LONGITUD (M)			TOTAL
	ALTA	MEDIA	BAJA	
[2 – 3]	153,44	0	0	153,44
[3 – 4]	821,33	0	0	821,33
[4 – 5]	1227,60	0	0	1227,60
[5 – 6]	1833,05	0	0	1833,05
[6 – 7]	1002,60	0	0	1002,60
[7 – 8]	269,18	0	0	269,18
[15 – 16]	1,62	367,75	0	369,37
TOTAL	5308,8	367,7	0,0	5676,6

Fuente: elaboración propia

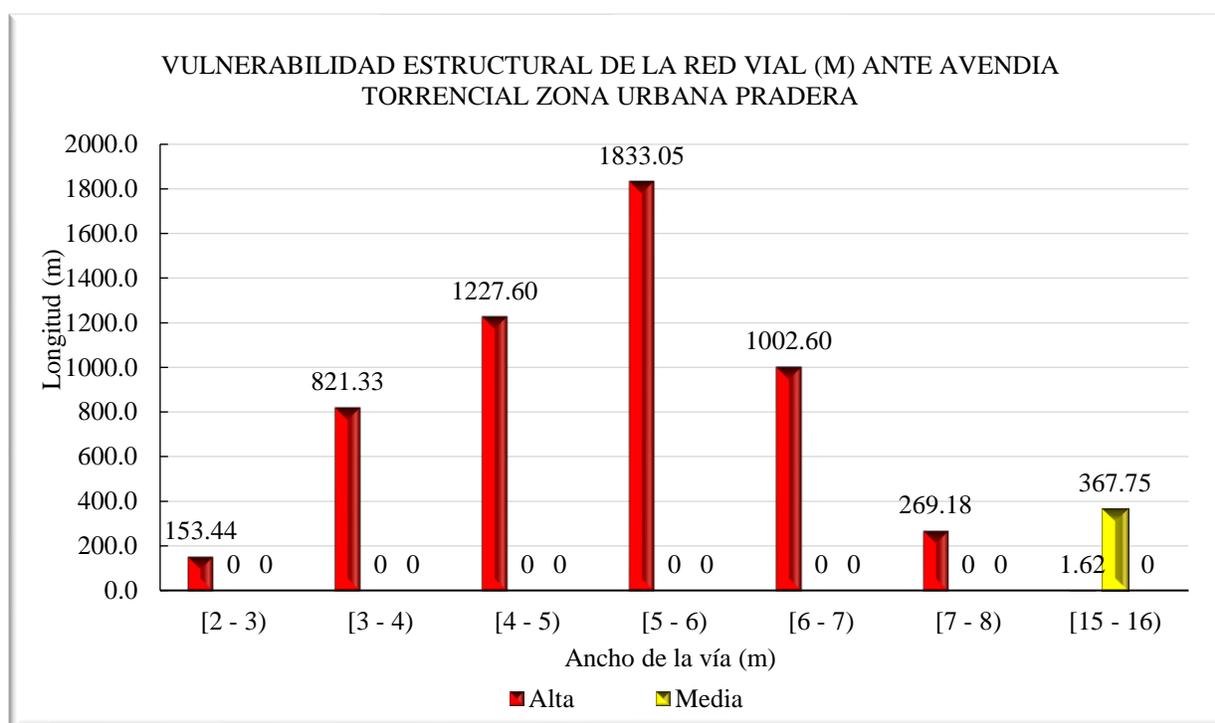


Figura 4.40. Vulnerabilidad estructural de la red vial (m) ante avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

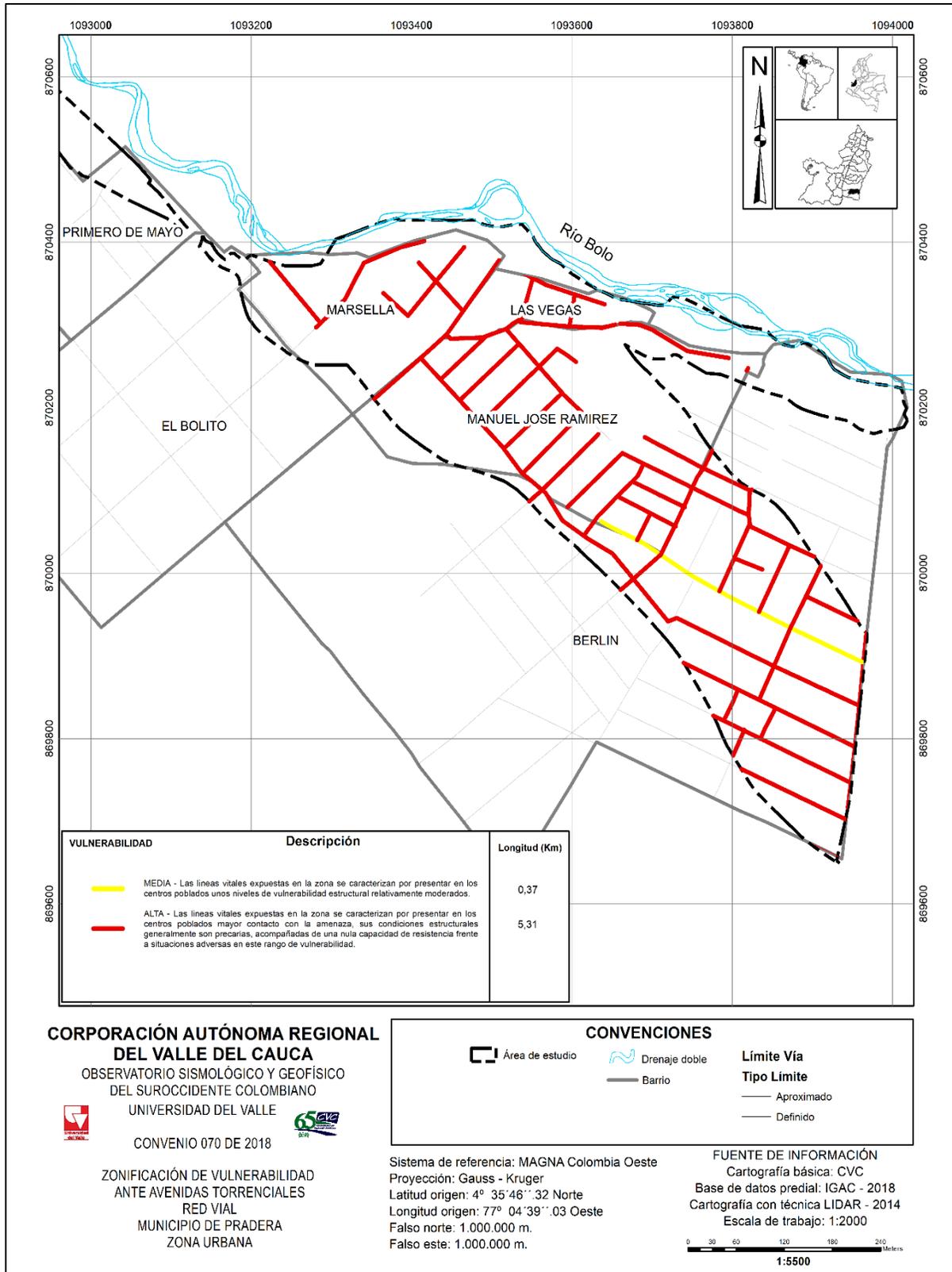


Figura 4.41. Mapa zonificación de la vulnerabilidad ante avenidas torrenciales RED VIAL zona urbana municipio Pradera

Fuente: elaboración propia

- **Red eléctrica**

Dentro de los 5676,57 m de longitud vial en vulnerabilidad alta se encuentran 218 postes de la red eléctrica en la misma condición, de estos 214 son de concreto con una carga nominal de 5001N, (Tabla 4.47) en material de madera se tiene 1 poste y su carga nominal se asocia a (uno) debido a que en los de este material la carga es directa, por otra parte en la zona de estudio se identificaron 3 postes metálicos con una carga nominal de 3432N (Figura 4.42 y Figura 4.43).

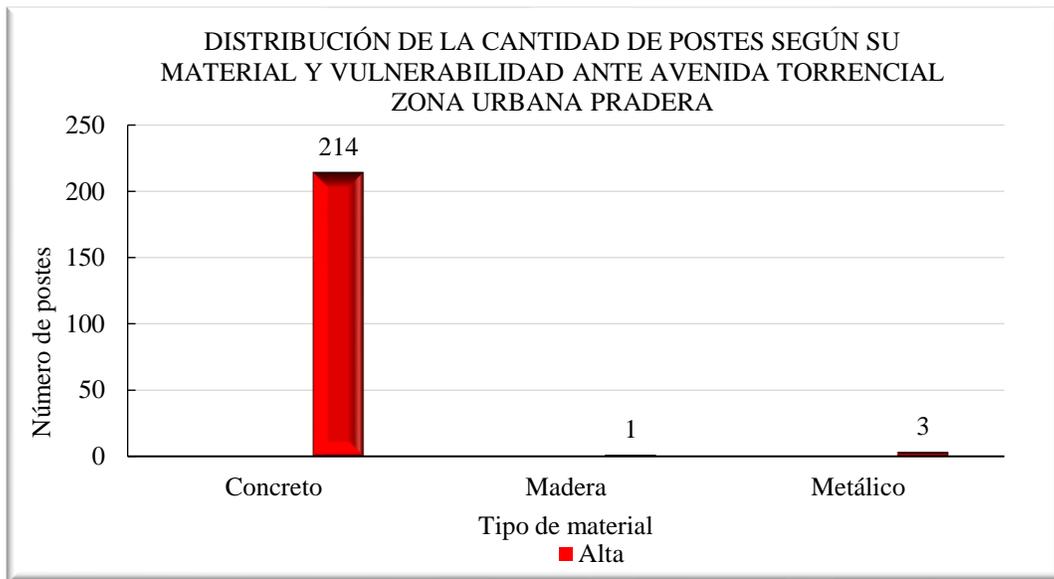


Figura 4.42. Distribución de la cantidad de postes según su material y vulnerabilidad ante avenida torrencial zona urbana Pradera

Tabla 4.47. Distribución de la cantidad de postes según carga nominal y vulnerabilidad alta ante avenida torrencial zona urbana Pradera

CARGA DEL POSTE	CANTIDAD ALTA
3432	3
5001	214
Madera	1
TOTAL	218

Fuente: elaboración propia

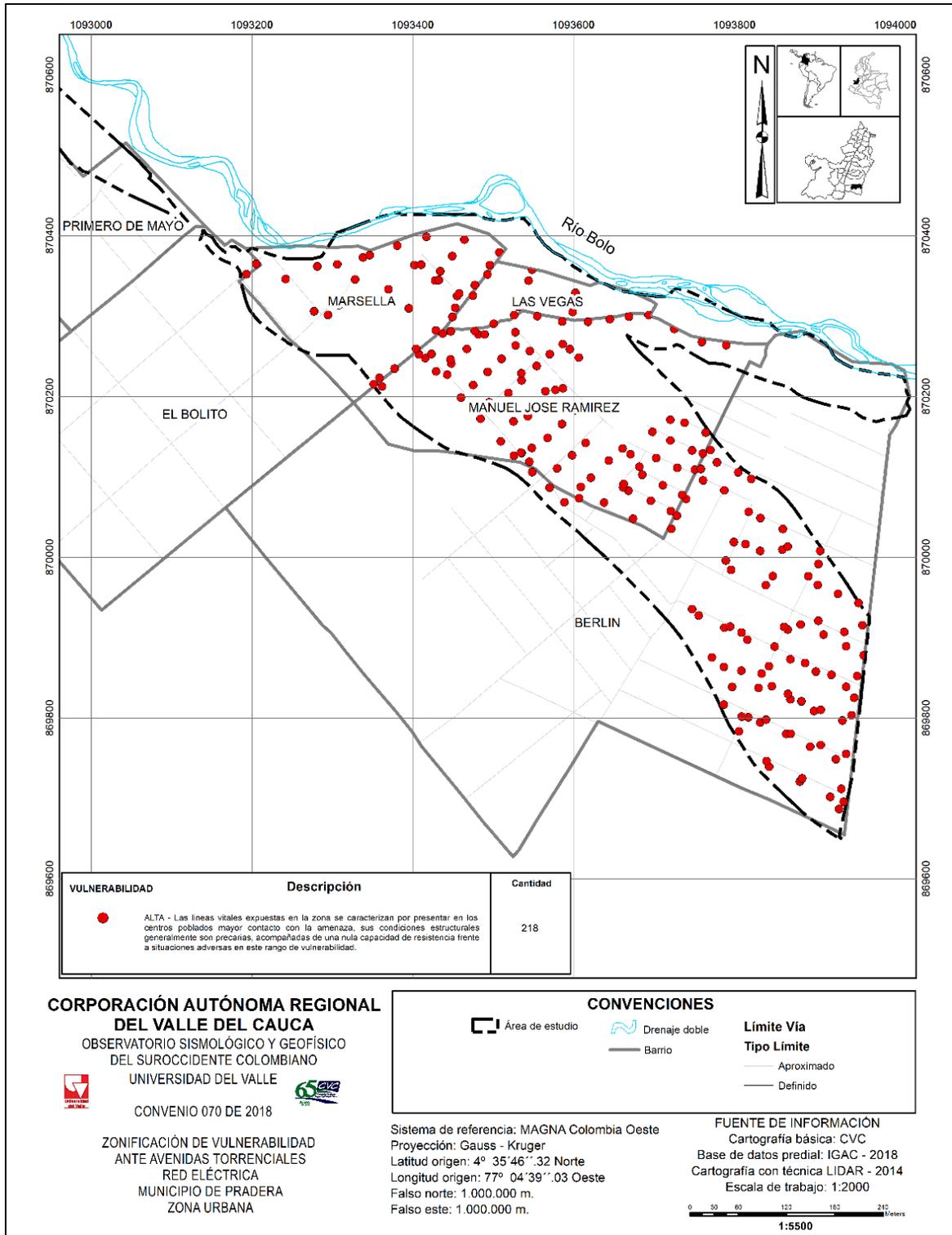


Figura 4.43. Mapa zonificación de la vulnerabilidad red eléctrica ante avenidas torrenciales zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

4.4.4. Curva de fragilidad de daños

Las curvas de fragilidad de daño, representan la probabilidad de excedencia de daño como una función de un parámetro representativo de la intensidad del evento con la respuesta de los elementos expuestos. En este documento se propuso metodológicamente para el cálculo de la vulnerabilidad adapta la propuesta de Li (2010) la cual analiza la vulnerabilidad como una función de la intensidad y la capacidad de resistencia, junto con la exposición de los elementos.

En la Figura 4.44 se presenta el análisis de la intensidad con relación a la vulnerabilidad de las edificaciones, personas y líneas vitales en el municipio de Pradera. Donde la intensidad maneja valores de 0,7 a 1,0 y la vulnerabilidad de 0,9 a 1. Es importante mencionar que en vulnerabilidad con un valor de 1 significa la destrucción completa de la estructura o la pérdida de la vida en las personas.

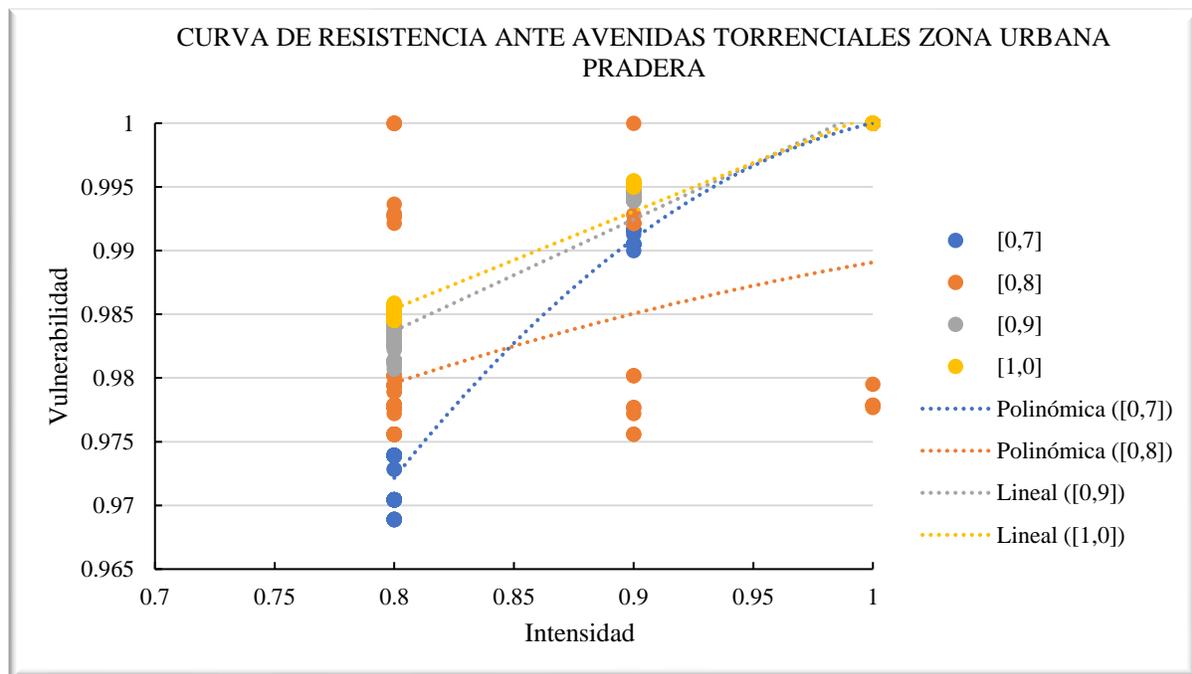


Figura 4.44. Curva Fragilidad de daños ante avenidas torrenciales zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

Con el objetivo de identificar el comportamiento de la vulnerabilidad con relación a cada nivel de intensidad y factor de resistencia con respecto a los posibles daños que se pueden presentar, se desglosa el gráfico anterior en cada nivel respectivamente (Figura 4.45 a 4.48).

La Figura 4.45 representa la curva de resistencia ante el fenómeno de avenidas torrenciales en el área de estudio, bajo un parámetro de intensidad de 0,7 y asciende hasta 1, y de vulnerabilidad de 0,95 a 1.

Los datos inicialmente se establecen en un rango de intensidad de 0,7-0,8 y de vulnerabilidad de 0,95 a 0,975 esto indica que la sollicitación aquí puede ser acumulación (transporte de arenas y limos), puede generar importantes daños como fisuración de elementos, obstrucción de gran

volumen de las líneas vitales, interrupción prolongada de actividades y taponamientos e incluso heridas significativas en las personas. Seguidamente se concentran los puntos donde la intensidad es superior a 0,9 y la vulnerabilidad a 0,99 esto indica que es una intensidad nivel III puede ser una sollicitación por presión, aquí la energía cinética del agua con sedimentos (tamaño limo, arena y grava) es tal, que causa esfuerzos comprensivos sobre estructuras y ocasiona destrucción de paredes y obras transversales al flujo. Relacionando estos niveles de vulnerabilidad e intensidad los daños esperados pueden ser pérdidas de vida o graves heridas en las personas, daños muy graves en las estructuras, ruptura y colmatación de canales o vías, caída de postes, interrupción definitiva de actividades y difícil accesibilidad. Finalmente se presenta otro punto con intensidad de 1 y vulnerabilidad de 1 el cual se convierte el escenario más crítico, aquí se puede presentar una sollicitación por impacto, la cual transporta sedimentos gruesos (desde 10 cm hasta bloques de 1,5 cm, se puede prever pérdida de vidas y destrucción total o parcial de las estructuras.

La Figura representa una curva de intensidad de 0,8 y una vulnerabilidad de 0,8, cabe resaltar que la misma dinámica de trabajar con datos reales y no contar con las variables de amenaza pertinentes impide que gráficamente se de una curva y que resulte una polinómica. En este grafica los datos son dispersos y solo se interceptan con una intensidad de 0,8 y un grado de vulnerabilidad de 0,98. La intensidad es de nivel II puede ser por sollicitación de acumulación, los daños esperados según la vulnerabilidad y la intensidad, pueden ser graves fisuras, humedad y rupturas de las estructuras y graves heridas en la población, suspensión temporal de la movilidad, difícil accesibilidad, detenimiento de actividades sociales, económicas y agrícolas en estas áreas, además importantes daños en las líneas vitales como vías, red eléctrica, puentes, entre otros.

En las Figura 4.47 y 4.47, la relación es lineal. En la curva de fragilidad de daños 0,9 la relación inicia con una intensidad de 0,8 y una vulnerabilidad de 0,985 en esta sección se puede establecer que es una sollicitación por acumulación con una intensidad de nivel II y con un grado de vulnerabilidad donde los daños esperados son graves lecciones físicas en las personas, encharcamiento, humedad, fisuras y rupturas en las estructuras, taponamiento de vías y destrucción parcial de líneas vitales. Sin embargo, más adelante se evidencia una intensidad de 0,99 y una vulnerabilidad de 0,995 donde los daños esperados son mucho más graves, puede asociarse con pérdidas de vidas, daños psicológicos en la población, obstrucción y colmatación de cauces y destrucción total o parcial de las estructuras.

La curva de fragilidad de daños S-1,0 inicia con una intensidad de 0,8 con una sollicitación por acumulación y una vulnerabilidad alta ante el fenómeno de avenida torrencial de 0,984 los daños esperados son evidentes pues el nivel de intensidad es II y en la vulnerabilidad ya se relaciona con graves daños en las estructuras y fuertes heridas físicas en las personas. La vulnerabilidad asciende a 0,996 y se configura el escenario crítico donde la relación de la vulnerabilidad y la intensidad es 1; aquí la sollicitación puede ser por impacto de la avenida torrencial sumada con la presión y la acumulación de sedimentos, el nivel de intensidad es III y se prevé perdidas de vida, graves afectaciones psicológicas a la población, destrucción total o parcial de las estructuras, colapso de las líneas vitales, obstrucción de canales, se pueden afectar de manera significativa actividades agrícolas, suspensión total de actividades. La deposición de bloques en estas zonas restringe considerablemente el uso futuro del suelo y afecta significativamente las secciones de las acequias. Estos resultados dan una idea de los posibles escenarios de afectación, donde, para el municipio de Pradera puede resultar alta, comprometiendo grandes sectores del área urbana donde las practicas constructivas implementadas son insuficientes y socialmente la población es altamente vulnerable.

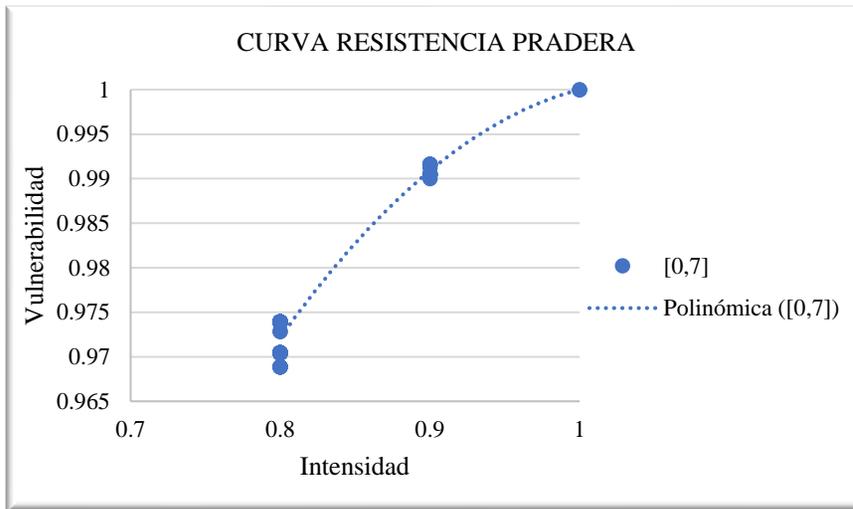


Figura 4.45. Curva fragilidad de daños S-0,7

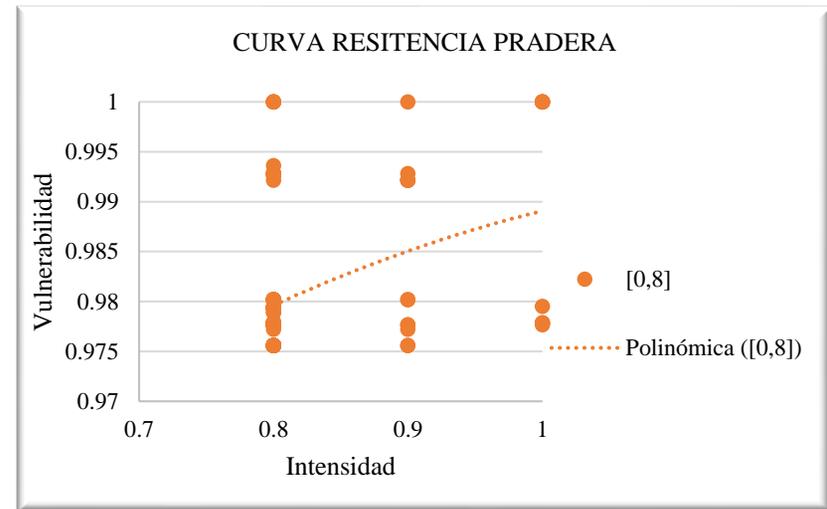


Figura 4.46. Curva fragilidad de daños S-0,8

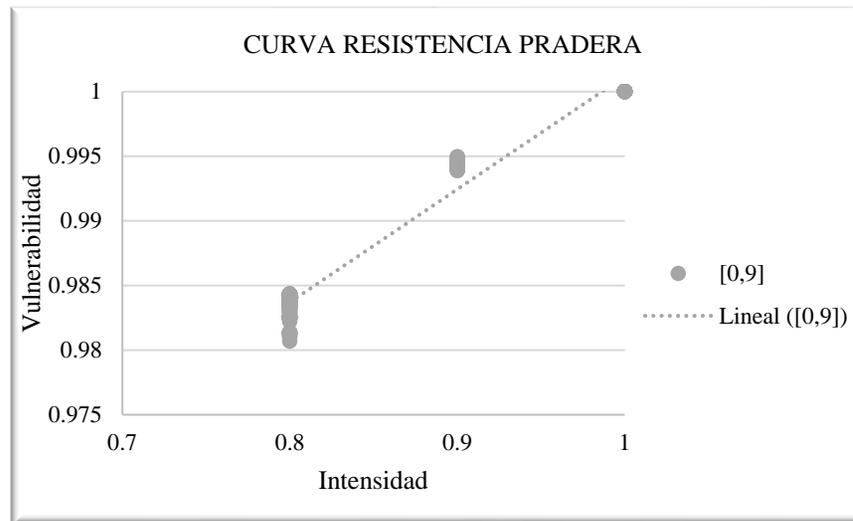


Figura 4.47. Curva fragilidad de daños S-0,9

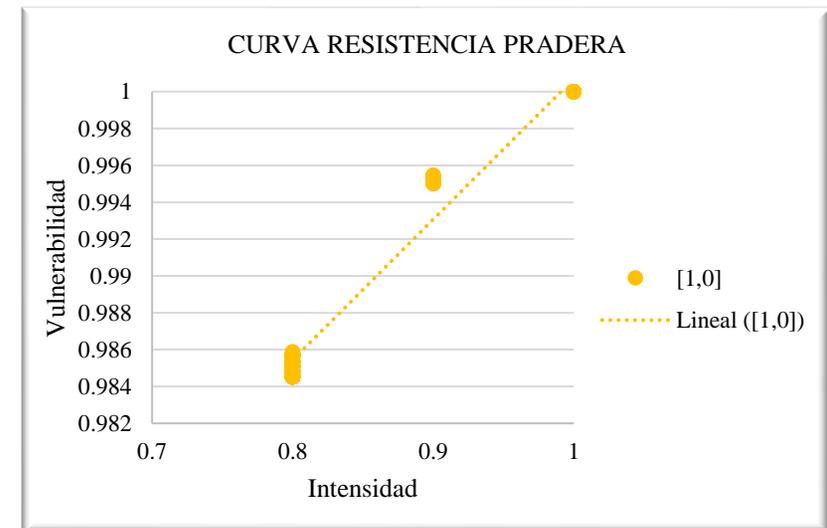


Figura 4.48. Curva fragilidad de daños S-1,0

Fuente: elaboración propia

5. ESCENARIO DE AFECTACIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL

Las condiciones de amenaza y vulnerabilidad que enmarcan los contextos territoriales de los municipios de Colombia se expresan en complejos escenarios de afectación o riesgo cuya concreción es el resultado de la articulación de peligros de diversa índole con las condiciones de fragilidad multidimensional que subyacen a los sistemas sociales, económicos, culturales, políticos y ambientales.

Por lo tanto, 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.

5.1. CONCEPTUALIZACIÓN DE AFECTACIÓN O RIESGO

Los conceptos tenidos en cuenta para el escenario de afectación ante inundación en el área de estudio del municipio de Pradera son: riesgo, evaluación del riesgo y escenario de afectación. Estos conceptos se tratan a continuación.

5.1.1. Riesgo

El PNUD (2010) define riesgo como la probabilidad de que ocurran consecuencias perjudiciales (víctimas, daños a la propiedad, pérdida de medios de subsistencia, interrupción de actividad económica o deterioro ambiental) como resultado de la interacción entre amenazas naturales o antropogénicas y condiciones de vulnerabilidad.

Según la actual normativa colombiana Ley 1523 del 2012, el riesgo de desastres “Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad”.

5.1.2. Evaluación del riesgo

La evaluación de riesgos es un proceso que ayuda a determinar la naturaleza y el alcance de ese riesgo, mediante el análisis de amenazas y la evaluación de las condiciones de vulnerabilidad existentes que podrían causar daños a las personas expuestas, a los bienes, y servicios, medios de subsistencia y medio ambiente de los que dependen. Una evaluación completa de los riesgos no sólo evalúa la magnitud y la probabilidad de pérdidas potenciales, sino que también explica las causas y el impacto de esas pérdidas. La evaluación de riesgos es, por lo tanto, parte integral de los procesos de toma de decisiones y adopción de políticas, y requiere de una estrecha colaboración entre las distintas partes de la sociedad (PNUD, 2010).

5.1.3. Escenarios de riesgo

Los escenarios de afectación o riesgo por movimientos en masa se consideran como el producto de la interacción entre la amenaza y la vulnerabilidad; estos escenarios son la representación de las

condiciones de riesgo que puede enfrentar la población, los tomadores de decisiones y la administración pública, por tanto, dan pistas valiosas para la priorización de proyectos y acciones que el municipio debe realizar en concordancia con los procesos de gestión del riesgo (UNGRD, 2013).

5.1.4. Áreas con condición de riesgo

Áreas clasificadas como de amenaza alta urbanizadas, ocupadas o edificadas y/o con elementos expuestos (Viviendas, vías, equipamientos e infraestructura de servicios públicos); o de amenaza media en donde en la revisión o expedición del POT se proponga cambio de densidad o cambio en usos del suelo que puedan generar o incrementar el riesgo en la zona (UNGRD, 2013).

5.1.5. Riesgo Alto No Mitigable

La Resolución 5794 de 2011, por medio de la cual se establece el procedimiento para recibir, manejar y custodiar los inmuebles ubicados en zonas catalogadas de alto riesgo no mitigable.

El Art. 3, literal e), establece que 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.

El riesgo es no mitigable, cuando las medidas de reducción y mitigación tienen un costo muy superior, al costo de un proceso de Reasentamiento de familias habitantes del territorio con esta condición de riesgo.

5.1.6. Riesgo Mitigable.

Corresponde a áreas delimitadas en zonas de riesgo alto que por sus características de amenaza y vulnerabilidad puedan ser susceptibles a una intervención mediante la implementación de obras de mitigación estructural y no estructurales que conduzcan a la reducción del riesgo.

5.2. METODOLOGÍA PARA EVALUACIÓN DE LOS ESCENARIOS DE AFECTACIÓN (RIESGO) POR AVENIDA TORRENCIAL

La reciprocidad entre el peligro de un fenómeno natural (amenaza) y las condiciones vulnerables creadas por una comunidad en su entorno físico y social es lo que determina cómo el riesgo o grado de afectación que pueda sufrir la misma. Así, el riesgo puede categorizarse como riesgo específico, que describe los posibles daños o afectaciones que sufrirían los elementos expuestos al presentarse la amenaza; y, el riesgo total, que se relaciona con el cálculo de los costos económicos que representarían los posibles daños.

5.2.1. Riesgo específico

De esta forma, el nivel de afectación o riesgo específico se evalúa a partir de la interrelación de estos dos elementos, como lo describe la siguiente ecuación:

$$R = A * V \quad (10)$$

Donde R es el riesgo (afectación), A es la amenaza y V la vulnerabilidad.

5.2.2. Riesgo total

El riesgo total se entiende como la probabilidad de tener un valor específico de pérdidas económicas, daños o consecuencias sociales en un sitio donde se puede presentar un fenómeno amenazante ante la presencia de elementos expuestos durante un tiempo determinado. Se obtiene al multiplicar riesgo específico (es decir, la amenaza o probabilidad de ocurrencia del fenómeno con la vulnerabilidad de los elementos expuestos) por el coste que representa la reparación o reposición de los elementos expuestos que resultarían afectados; expresado mediante la siguiente ecuación:

$$R = A * V * E_{(Coste)} \quad (11)$$

Donde:

R = corresponde al riesgo

V – Vulnerabilidad

$E_{(E)}$ – Costos o valor de las pérdidas de los elementos expuestos

A – Amenaza, representa la probabilidad de ocurrencia del evento (nivel de intensidad o magnitud), dentro de un periodo de tiempo determinado, evaluada de la siguiente manera:

$$P = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^t \quad (12)$$

Donde:

T = periodo de retorno (25 años)

t = vida útil de la estructura

De acuerdo a la fórmula planteada anteriormente, T hace referencia al periodo de retorno, en este caso, T tomara el valor de 25 años, tal como se registra en el estudio de amenaza por avenida torrencial del municipio de Pradera realizado por INGEOMINAS (1998), el cual indica que cada 25 años existe la probabilidad que ocurra el evento en estudio, es decir, una avenida torrencial que ocasione daños graves; Por otro lado, se encuentra el valor t el cual hace referencia al periodo de vida útil de los elementos (vías y postes de energía eléctrica) (Tabla 5.1), debido a que los materiales con los que están construidos los diferentes elementos establecidos en riesgo bajo, medio o alto son afectados en diferente proporción.

Tabla 5.1. Probabilidad por vida útil del material de construcción y nivel de vulnerabilidad estructural para la infraestructura social del municipio de Pradera.

CÁLCULO DE LAS POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS		
TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	VIDA UTIL	PROBABILIDAD POR VIDA UTIL DEL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN
Mampostería Confinada	70	0.51
Mampostería No Reforzada	50	0.39
Madera, Tapia y Bahareque	30	0.26
Otro (Material reciclado)	15	0.14
NIVEL DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL		RANGO DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL
Alta		0,60 – 1,00
Media		0,30 - 0,60
Baja		0,00 - 0,30

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con Montes (2012), la vida útil de una vía se estima en 20 años, transcurrido dicho tiempo sin mantenimiento será necesario reconstruirla, debido al deterioro producido. Por otro lado, con base a la Resolución N° 144 del 2001 (Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG, 2001) expedida por la comisión de regulación de energía y gas, la cual establece normas para regular el acceso de la infraestructura eléctrica, estipula una vida útil de los postes de energía eléctrica cercana a los 25 años (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Vida útil, probabilidad por vida de infraestructura línea vital y nivel de vulnerabilidad estructural para líneas vitales del municipio de Pradera

CÁLCULO DE LAS POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS		
INFRAESTRUCTURA LINEAS VITALES	VIDA UTIL	PROBABILIDAD POR VIDA UTIL DE INFRAESTRUCTURA LINEA VITAL
Red vial	20	0.18
Red eléctrica	25	0.22
NIVEL DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL		RANGO DE VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL
Alta		0,60 – 1,00
Media		0,30 - 0,60
Baja		0,00 - 0,30

Fuente: elaboración propia.

5.2.3. Riesgo específico por avenida torrencial

En la Tabla 5.3 respectivamente, presentan las condiciones del riesgo o nivel de afectación que pueden sufrir tanto los elementos estructurales como corporales ante avenida torrencial.

Tabla 5.3. Matriz de clasificación para calcular los niveles de escenario de afectación en estructuras y personas por el fenómeno de avenida torrencial

NIVEL	CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA ALTA	VALOR DE VULNERABILIDAD		DAÑOS Y EFECTOS (RIESGO)	
	SUBNIVEL	ESTRUCTURAS (EDIFICACIONES)	PERSONAS	ESTRUCTURAS (EDIFICACIONES)	PERSONAS
ALTA	Alta por impacto e inundación (AI) Alta por presión, acumulación e inundación (AP) Alta acumulación e inundación (AA) Alta por socavación lateral (AS)	0,50-1,00	0,50-1,00	ALTO Total- colapso	ALTO Alta posibilidad de muerte o lesiones serias.
MEDIA		0,10-0,50	0,20-0,50	MEDIO Grave	MEDIO Alta posibilidad de lesiones moderadas, pero baja probabilidad de muertes.
BAJA		0,00-0,1	0,00-0,2	BAJO Moderado	BAJO Probabilidad de muerte casi nula y lesiones muy leves o inexistentes.

Fuente: elaboración propia.

5.2.4. Escenario de afectación mitigable y no mitigable por avenida torrencial

Las zonas se definieron con base al estudio técnico de la amenaza realizado por INGEOMINAS y CVC, 1998, junto con el cálculo de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos, el cual dio como resultado afectación alta, por avenida torrencial. De acuerdo con el Decreto 1807 de 2014 en el artículo 24 numeral 4.1 se debe determinar de las zonas clasificadas en afectación alta (riesgo alto) que se consideren como mitigable y no mitigable. Por lo tanto, para determinar estas zonas se tuvieron en cuenta los siguientes criterios normativos, técnicos e históricos.

- Normativo: relacionado con los determinantes ambientales, específicamente en lo concerniente a las franjas forestales protectoras y rondas hídricas. Ley 1450 de 2011, artículo 206, Decreto 2811 de 1974 art 83 literal d), Decreto 1076 de 2015 art 2.2.2.1.2 literal, Decreto 1449 de 1977 art 3, Decreto 2245 de 2017, Resolución 0957 del 31 de mayo de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Resolución 0100 No 0500 0574 del 22 de septiembre 2015 emitida por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC. En coherencia con las normas, para efectos de este proyecto se tendrá en cuenta una franja de protección no inferior a 30 metros de ancha, a partir de la orilla, paralela a los cauces de los ríos, quebradas y arroyos. Esta franja no aplicará para canales.
- Técnicos: relacionados con los resultados de los estudios de amenaza por inundación, en términos de identificación de áreas de inundación con profundidades y velocidades de las que se derivan las zonas de amenaza alta, (Profundidades mayores 0.90 m, velocidades mayores o iguales a 0.80 m/s o el producto de la velocidad por la profundidad mayor o igual

a 0.45 (Tabla 5.4) con la identificación preliminar de posibles obras para las áreas de riesgo mitigable.

Tabla 5.4. Criterios de Intensidad obtenidos de los estudios de amenaza por Inundación

NIVEL	PROFUNDIDAD H(m)	VELOCIDAD V(m/s)	H*V
Alta	$H \geq 0,90$	$V \geq 0,80$	$H*V \geq 0,45$
Media	0,45 – 0,90	0,50 – 0,80	0,225 – 0,45
Baja	0,05 – 0,45	0,0 – 0,50	0,0 – 0,225

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta que los estudios de amenaza de Pradera fueron más indicativos o cualitativos los criterios para la evaluación del riesgo mitigable y no mitigables propuestos en esta etapa no puede ejecutarse a plenitud debido a que el estudio tiene más de 20 años y los insumos técnicos no son suficientes.

- **Históricos:** los estudios de historicidad son un parámetro de calibración importante para los estudios de amenaza por avenida torrencial por ello resulta necesario comparar los resultados de los modelos con los eventos ocurridos en el pasado, en este caso en una ventana de tiempo de 30 años, sin embargo, el que no se encuentren registros históricos de ocurrencia de inundación en las zonas de influencia de los ríos, no significan que no puedan ocurrir.

5.2.4.1. Zonas de afectación alta mitigable por avenida torrencial

Para la determinación de las zonas de riesgo alto mitigable, se consideraron los criterios normativos, históricos y técnicos, las áreas que se definieron en riesgo alto y que, por sus condiciones específicas, y estén por fuera de la franja de protección (30 metros desde la orilla a lado y lado del cauce).

Se puedan definir aplicar medidas de intervención estructural y no estructural de tal manera que con ello se puedan reducir sus condiciones de amenaza y vulnerabilidad teniendo en cuenta su viabilidad técnica, económica y ambiental.

El municipio debe considerar el análisis de costo/beneficio de las medidas de intervención, es decir, si la obra de mitigación genera costos superiores a la reubicación o en caso de que las obras sean de gran envergadura y con su construcción se beneficiarían pocas familias. Lo anterior conduciría a declarar estas zonas como de riesgo no mitigable.

5.2.4.2. Zonas de afectación alta no mitigable por avenida torrencial

Los criterios planteados para delimitar las zonas de riesgo alto no mitigable (zonas que se encuentran dentro de la franja de protección del río a los 30 metros desde la orilla del cauce) en las que se incluirá información de la cantidad de población y de edificaciones dentro del área demarcada, lo cual le permitirán a los municipios considerarlas dentro de los programas de reasentamiento, como se menciona en el Decreto 1807 de 2014 en el artículo 24 numeral 4.3 en el

que se plantea que se deben establecer las medidas para su manejo, estrategias de conservación y evitar la ocupación de estas áreas, de acuerdo con el régimen aplicable al suelo de protección.

Finalmente, se considera lo establecido en la Resolución 5794 de 2011, donde se presenta el procedimiento de recibir, manejar y custodiar los inmuebles ubicados en zonas catalogadas de alto riesgo no mitigable en el Art. 3, literal e), donde expresa que 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. Por lo tanto, la mitigación no es viable por condiciones técnico-económicas.

5.3. ESCENARIO DE AFECTACIÓN O RIESGO ANTE AVENIDA TORRENCIAL

El escenario de afectación ante el fenómeno de avenidas torrenciales en la zona urbana del municipio de Pradera se considera como el resultado final del análisis de la amenaza y la vulnerabilidad.

5.3.1. Escenario de afectación corporal

La afectación de las personas ante una avenida torrencial en el área de estudio dio como resultado de la interacción entre la amenaza y la vulnerabilidad alta. En un área de 124305,35 m² se verían afectadas o en condición de riesgo más de 3500 personas (Tabla 5.5) teniendo en cuenta que los datos corporales representados en este estudio son de las viviendas donde se permitió el acceso y entrega de información.

Es importante resaltar que, de acuerdo con la metodología planteada, la afectación corporal está ligada a la afectación de las estructuras.

Tabla 5.5. Afectación corporal por área en metros cuadrados ante el fenómeno de avenidas torrenciales

NIVEL DE AFECTACIÓN	HABITANTES	ÁREA M ²	PORCENTAJE ÁREA	EDIFICACIONES
Alta	3523	124305,35	100%	1232
TOTAL	3523	124305,35	100%	1232

Fuente: elaboración propia

5.3.2. Escenario de afectación estructural

El escenario de afectación ante el fenómeno de avenida torrencial en el área de estudio de la zona urbana del municipio Pradera se considera como el resultado final del análisis de la amenaza y la vulnerabilidad.

En los escenarios de afectación estructural se clasificó alta, media y baja; sin embargo, al igual que en el análisis de vulnerabilidad el área de estudio de Pradera solo presenta afectación estructural en Alta en todas las 1232 edificaciones y en los 124305,34 m² de áreas (Tabla 5.6). La expresión gráfica se evidencia en la Figura 5.1.

Tabla 5.6. Afectación estructural por área en metros cuadrados ante el fenómeno de avenidas torrenciales

NIVEL DE AFECTACIÓN	EDIFICACIONES	ÁREA M ²	% ÁREA
Alta	1232	124305,34	100,0%
Media	0	0	0,0%
Baja	0	0	0,0%
TOTAL	1232	124305,34	100%

Fuente: elaboración propia

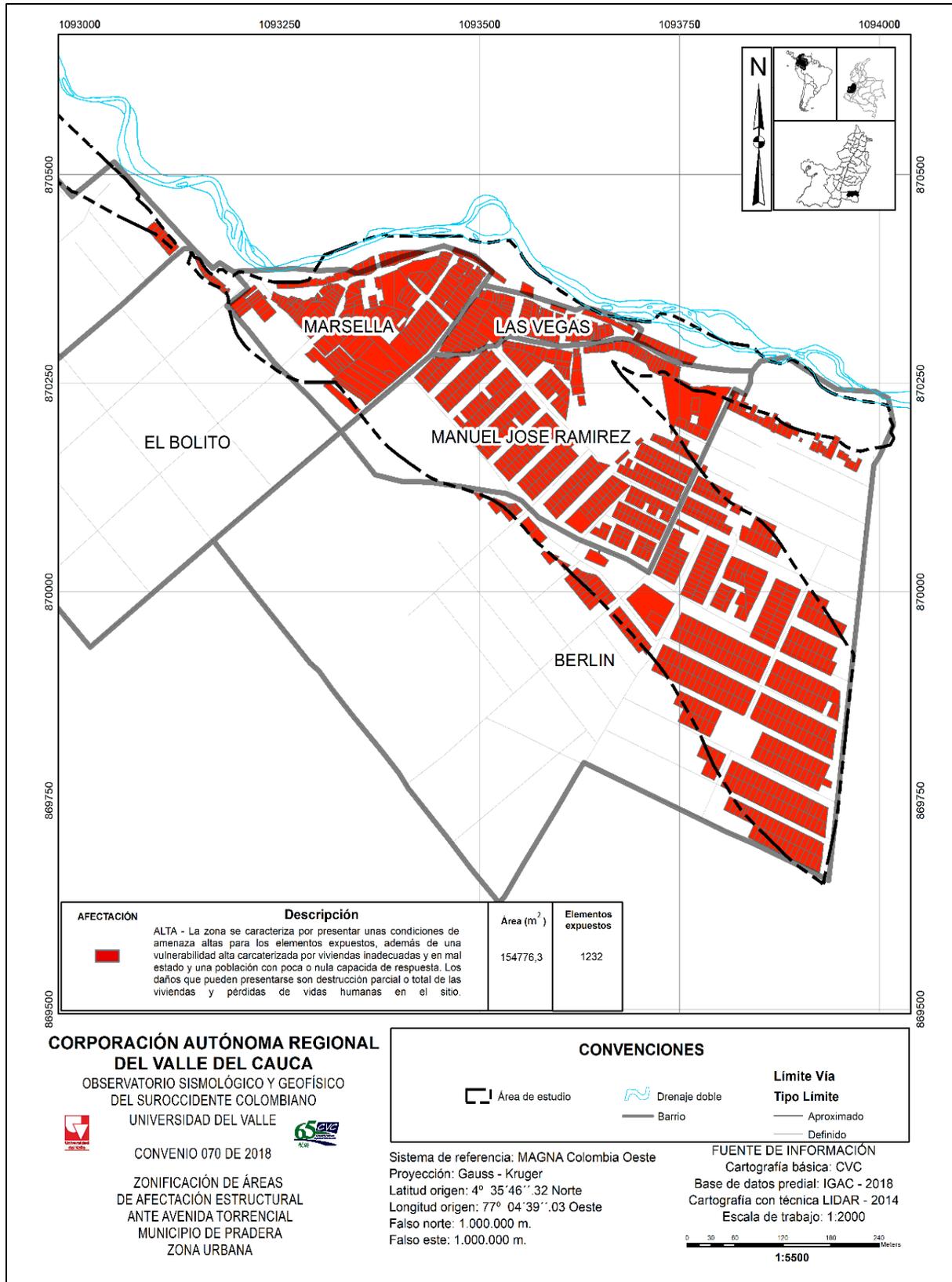


Figura 5.1. Mapa de afectación estructural ante avenidas torrenciales zona urbana de Pradera
Fuente: elaboración propia

5.3.3. Escenario de afectación líneas vitales

En el municipio de Pradera el análisis del escenario de afectación las líneas vitales se realizaron para las redes viales y eléctricas. No fue posible realizar el análisis para las redes de acueducto y alcantarillado, tal como se mencionó en la metodología, su abordaje es planteado para redes locales, conectadas directamente con la vivienda.

5.3.3.1. Red vial

El escenario de afectación para la red vial ante el fenómeno de avenida torrencial en la Tabla 5.7 se muestra la condición de afectación alta se tiene una longitud de 5676,57 (m) distribuidos de la siguiente manera: 2481.44 (m) en el barrio Berlín, 2005.72 (m) en Manuel José Ramírez, en Marsella 613.24 (m), en Las Vegas 328.90 (m) y 247.28 (m) cercano al barrio Las Vegas. En la Tabla 5.8 y Figura 5.2 se relaciona la longitud vial con el material de las vías. De los 5676,57m en afectación alta se evidencia que 1133,29m de vías se encuentran asfaltadas, 2535,49m destapadas y 2007,79 en concreto.

Tabla 5.7. Escenario de afectación de línea vital red vial ante el fenómeno de avenidas torrenciales

LÍNEA VITAL	AFECTACIÓN ESTRUCTURAL LONGITUD (M)			TOTAL
	ALTA	MEDIA	BAJA	
Red vial	5676,57	0	0	5676,57

Fuente: elaboración propia

Tabla 5.8. Nivel de afectación en la red vial según material ante avenida torrencial en el área urbana del municipio de pradera

MATERIAL DE LA RED VIAL	AFECTACIÓN ESTRUCTURAL LONGITUD (M)			TOTAL
	ALTA	MEDIA	BAJA	
Asfalto	1133,29	0	0	1133,29
Destapada	2535,49	0	0	2535,49
Concreto	2007,79	0	0	2007,79
TOTAL	5676,57	0,00	0,00	5676,57

Fuente: elaboración propia

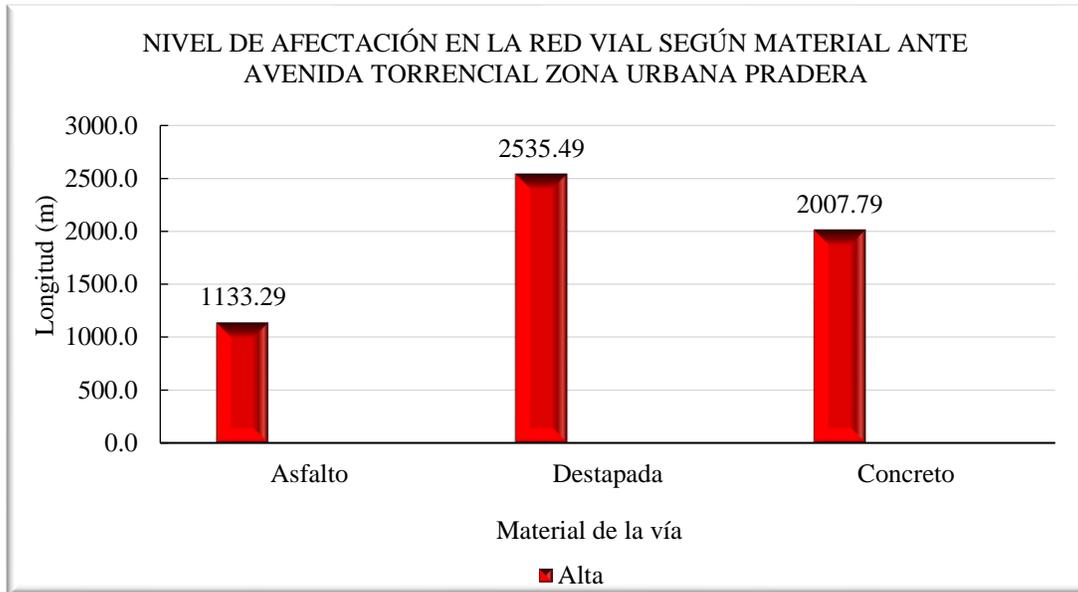


Figura 5.2. Nivel de afectación en la red vial según material ante avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

Con relación al ancho de las vías con afectación alta ante el fenómeno de avenidas torrenciales, las vías con un ancho de [15 - 16] tienen una longitud de 369,4 m, con una longitud de 269,2 se tienen vías con ancho de [7 - 8). Entre [6 - 7) metros de ancho la longitud es de 1002,6m, seguido de [5 - 6) m y longitud de 1833,0 m, continúan las vías de ancho entre [4 - 5) con un total de 1227,6; la que tienen un ancho de [3 - 4) están en una longitud de 821,3 y finalmente entre [2 - 3) m la longitud vial es de 153,4m (Tabla 5.9 y Figura 5.3). La espacialización de la afectación de la red vial se evidencia en la Figura 5.4.

Tabla 5.9. Nivel de afectación en la red vial según ancho ante avenida torrencial en la zona urbana de Pradera

ANCHO DE LA RED VIAL	AFECTACIÓN ESTRUCTURAL LONGITUD (M)			TOTAL
	ALTA	MEDIA	BAJA	
[2 - 3)	153,4	0	0	153,4
[3 - 4)	821,3	0	0	821,3
[4 - 5)	1227,6	0	0	1227,6
[5 - 6)	1833,0	0	0	1833,0
[6 - 7)	1002,6	0	0	1002,6
[7 - 8)	269,2	0	0	269,2
[15 - 16)	369,4	0	0	369,4
TOTAL	5676,6	0,0	0,0	5676,6

Fuente: elaboración propia

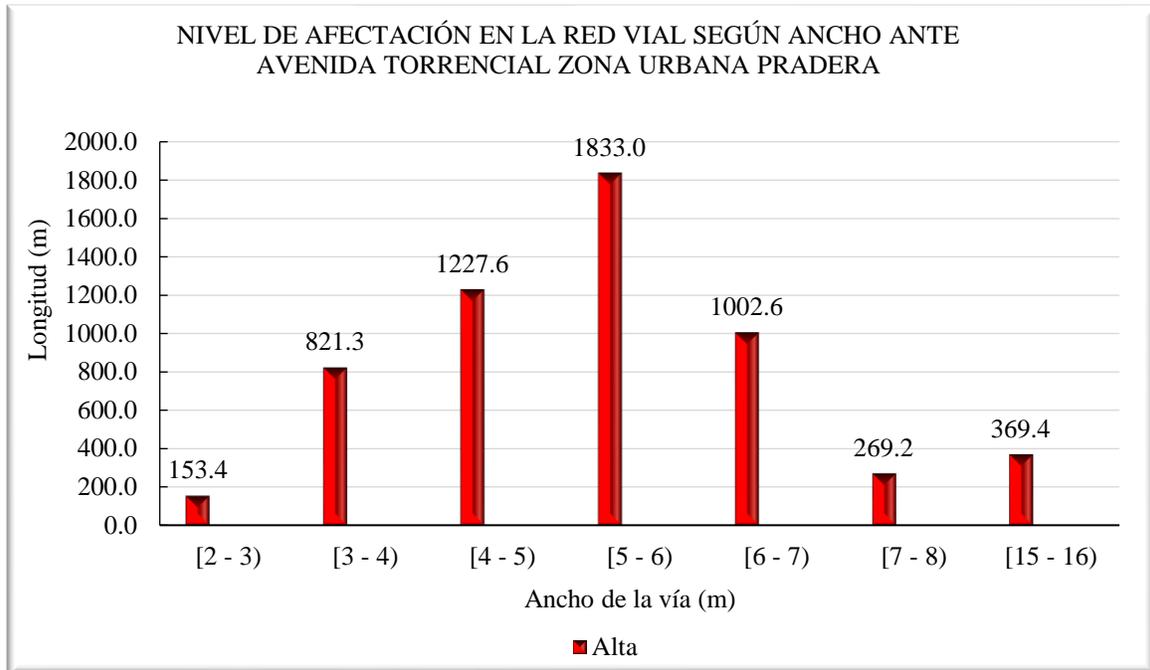


Figura 5.3. Nivel de afectación en la red vial según ancho ante avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

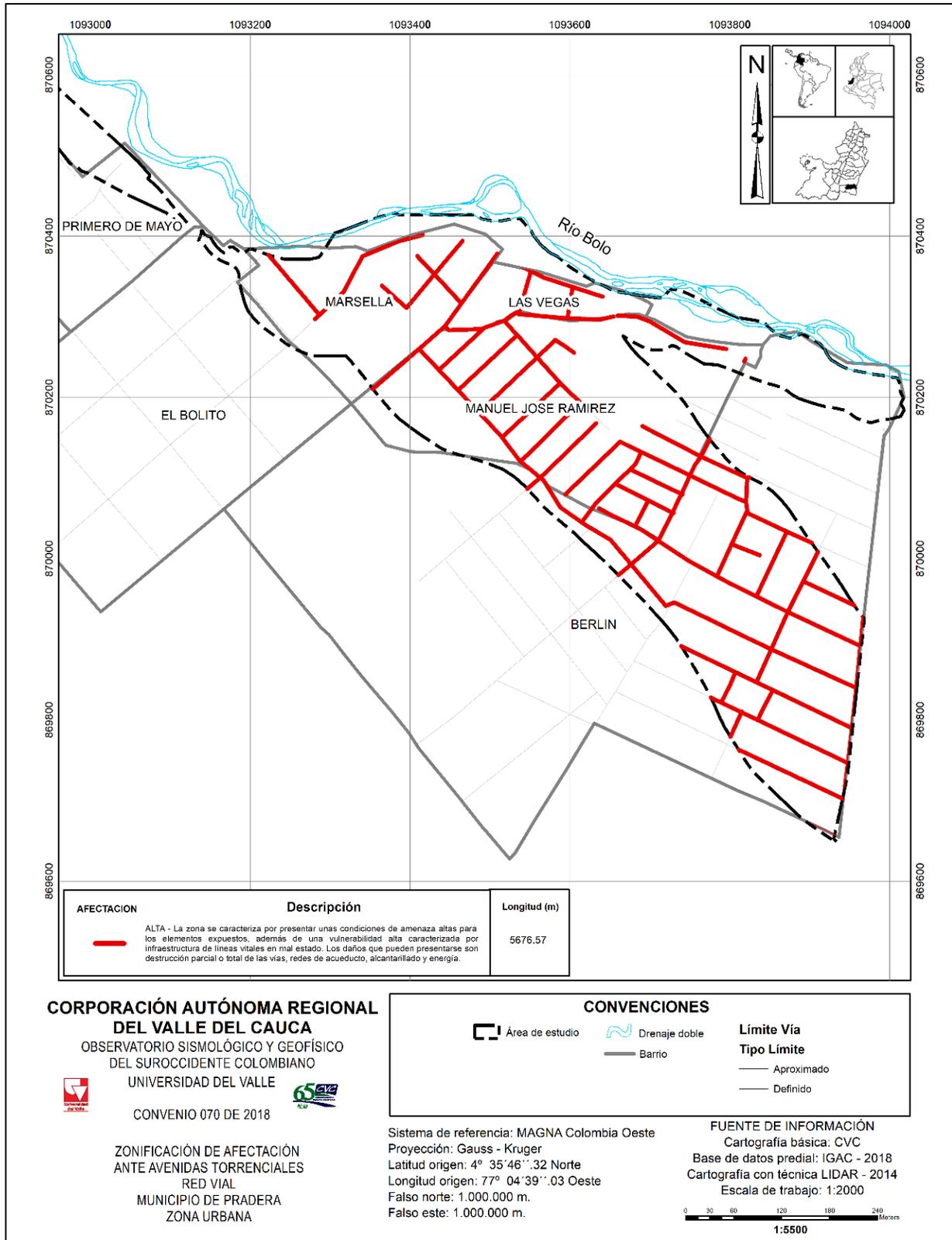


Figura 5.4. Mapa de zonificación de afectación de la red vial ante avenidas torrenciales zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia.

5.3.3.2. Red eléctrica

La afectación de red eléctrica resulto alta para el área urbana del municipio Pradera, los 218 postes eléctricos presentan este nivel de afectación. En la Figura 5.5 y Tabla 5.10 se relaciona el material de los postes en afectación alta con la carga nominal de los mismos, por tanto, 214 postes de concreto presentan una carga nominal de 5001N, metálicos son 3 con una carga nominal de 3432N y en madera se tiene un poste pero la carga nominal de este material es directa, por lo tanto su valor es de 1. En la Figura 5.6, se puede evidenciar que la red se concentra principalmente en el barrio Manuel José Ramírez y Marsella.

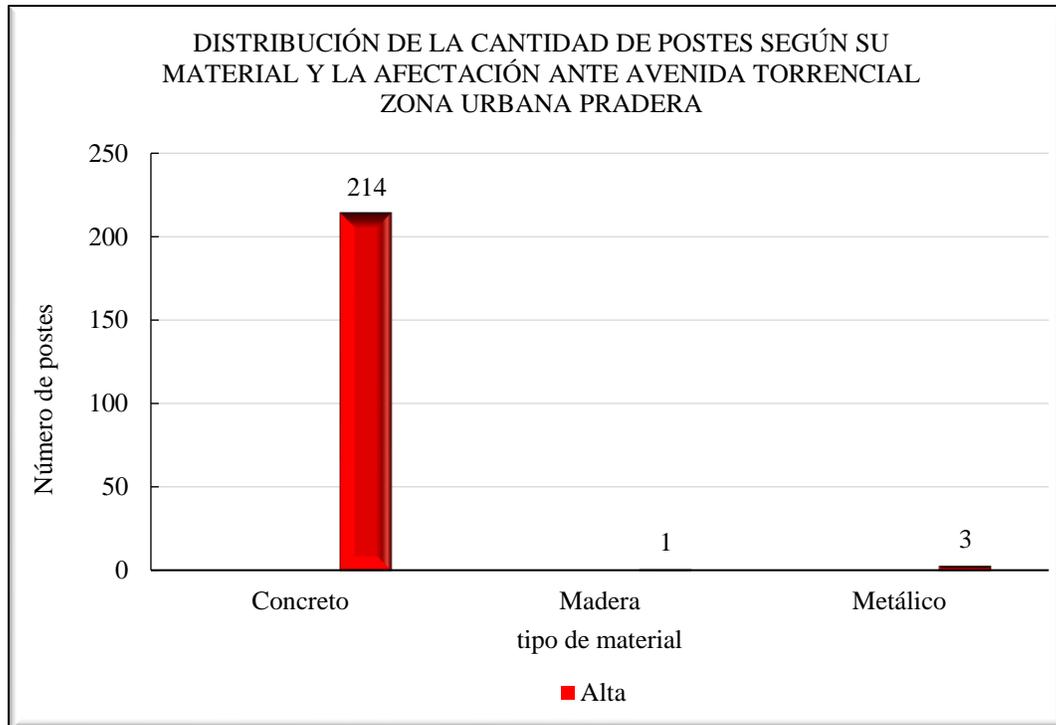


Figura 5.5. Distribución de la cantidad de postes según su material y la afectación ante avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.10. Nivel de afectación en la red postes según carga ante avenida torrencial en el área urbana del municipio de Pradera

CARGA DEL POSTE	CANTIDAD
	ALTA
3432	3
5001	214
Madera	1
TOTAL	218

Fuente: elaboración propia.

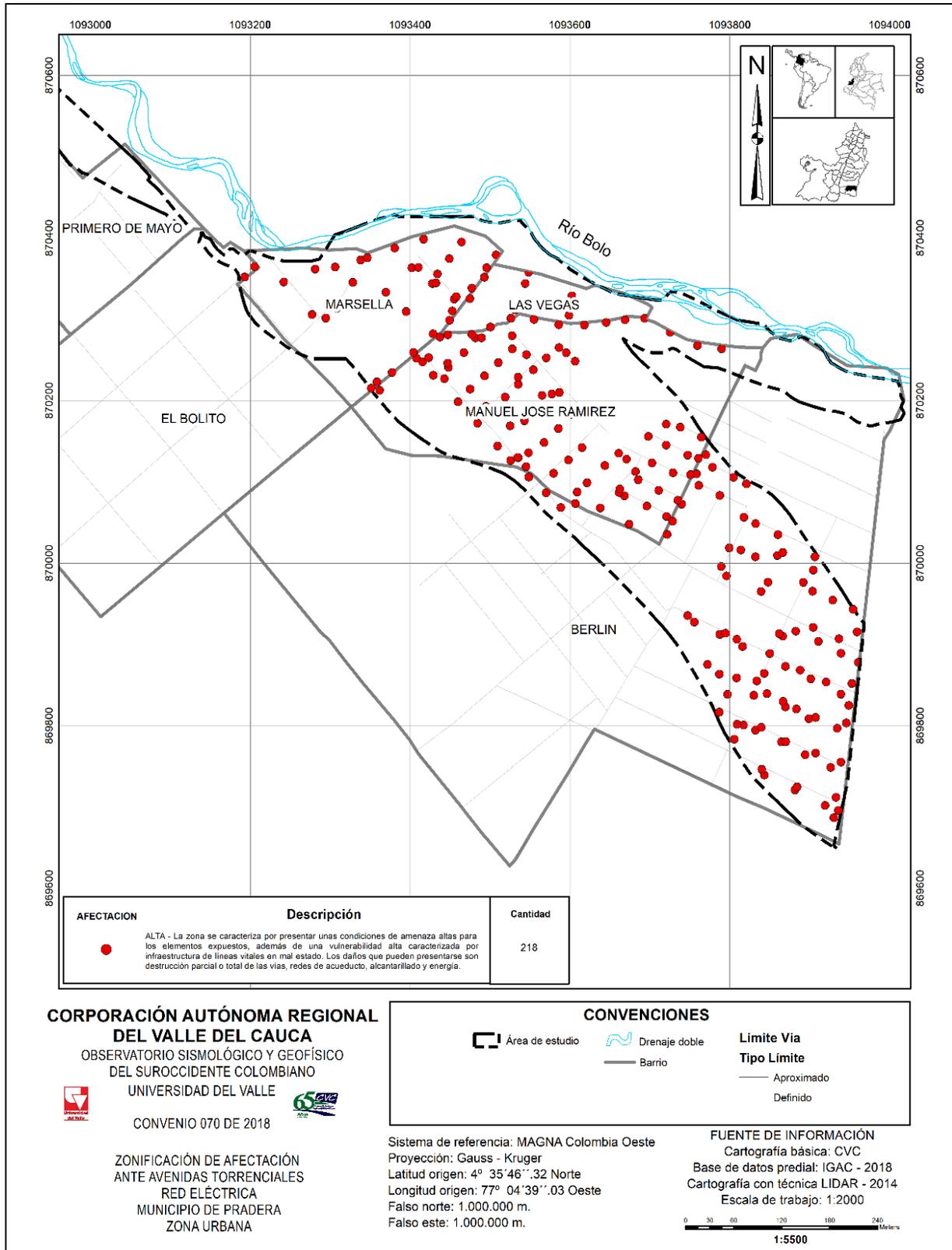


Figura 5.6. Mapa zonificación de afectación de la red eléctrica ante avenida torrencial zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia.

5.4. ESCENARIO DE AFECTACIÓN MITIGABLE Y NO MITIGABLE POR AVENIDAS TORRENCIALES MUNICIPIO DE PRADERA

5.4.1. Zonas de alto riesgo mitigable y no mitigable

Las zonas se definieron con base al estudio técnico de la amenaza realizado por INGEOMINAS y CVC, 1998, junto con el cálculo de la vulnerabilidad física de los elementos expuestos, el cual dio como resultado afectación alta, por avenida torrencial. De acuerdo con el Decreto 1807 de 2014 en el artículo 24 numeral 4.1 se debe determinar de las zonas clasificadas en afectación alta (riesgo alto) que se consideren como mitigable y no mitigable. Por lo tanto, para determinar estas zonas se tuvieron en cuenta los siguientes criterios normativos, técnicos e históricos.

Las áreas en metros cuadrados con relación a riesgo mitigable y no mitigables se identifica en la Tabla 5.11 y Figura 5.7, donde en afectación alta mitigable es de 117075,53 m² es decir el 94,18% del área y en afectación alta no mitigable 7229,81 m² es decir un 5,82% del área total.

Tabla 5.11. Área en metros cuadrados y porcentaje de área en afectación alta mitigable y no mitigable

NIVEL DE AFECTACIÓN	ÁREA (m ²)	PORCENTAJE ÁREA
Alto Mitigable	117075,53	94,18%
Alto No Mitigable	7229,81	5,82%
TOTAL GENERAL	124305,35	100,00%

Fuente: elaboración propia



Figura 5.7. Área m² de afectación alta mitigable y no mitigable ante avenidas torrenciales zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

5.4.1.1. Zonas de alto riesgo mitigable

En la zona de riesgo mitigable ante avenidas torrenciales en la zona urbana del municipio Pradera se tienen 1138 construcciones en un área de 117075,5 m², es decir un 94,18% del área total, principalmente en los barrios de Marsella, Manuel José Ramírez, Primero de Mayo, Berlín y Las Vegas (Figura 5.8)

Tabla 5.12. Numero de construcciones y área en m² en riesgo alto mitigable zona urbana Pradera

TIPO DE RIESGO	ÁREA M ²	CONSTRUCCIONES
Riesgo alto mitigable	117075,5	1138

Fuente: elaboración propia

5.4.1.2. Zonas de alto riesgo no mitigable

En riesgo alto no mitigable se tienen 94 edificaciones bajo esta condición distribuidas en un área de 7229,81 m², es decir el 5,82% del área total, de estas construcciones se encuentran 42 en el barrio Las Vegas con una población aproximada de 123 habitantes, en el barrio Marsella 48 edificaciones con 158 habitantes que se encuentran en condición de riesgo no mitigable y en el barrio Manuel José Ramírez 4 edificaciones con 11 personas respectivamente. Cabe resaltar que estos datos poblacionales hacen referencia a las encuestas donde se logró ingresar a las viviendas (Tabla 5.13).

Tabla 5.13. Numero de construcciones y área en m² en riesgo alto no mitigable zona urbana Pradera

RIESGO NO MITIGABLE			
BARRIO	ÁREA (m ²)	EDIFICACIONES	HABITANTES
Las Vegas	2975,26	42	123
Manuel José Ramírez	395,14	4	11
Marsella	3859,40	48	158
TOTAL	7229,81	94	292

Fuente: elaboración propia

La espacialización de esta información se evidencia en la Figura 5.8, sin embargo es pertinente anotar que dadas las condiciones de los estudios de amenaza (más indicativos o cualitativos y con más de 20 años de haberse realizado) el dinamismo torrencial del río Bolo, el crecimiento poblacional y la expansión urbana del municipio, estos resultados debe considerarse como preliminar debido a la incertidumbre formada en la definición de estas zonas con la información existente. Por tanto, es fundamental realizar la actualización del estudio de amenaza ante avenidas torrenciales en el municipio de Pradera y la actualización de estos resultados para la efectiva planificación y toma de decisiones en el municipio.

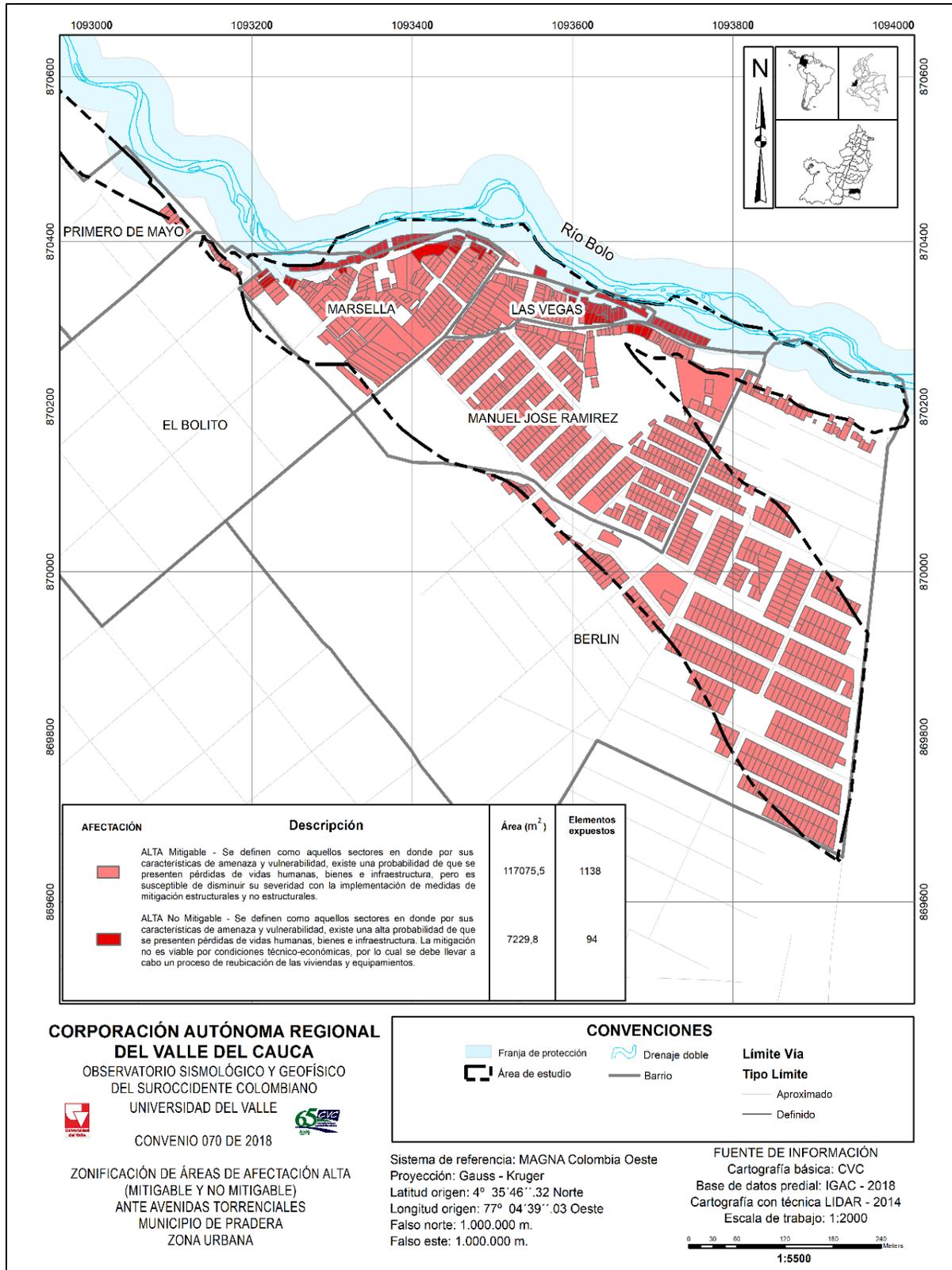


Figura 5.8. Mapa zonificación de área de afectación alta mitigable y no mitigable ante una avenida torrencial en la zona urbana del municipio de Pradera

Fuente: elaboración propia

5.4.1.3. Afectación mitigable y no mitigable líneas vitales

- **Red vial**

De la línea vital red vial con afectación alta mitigable se tiene una longitud de 5519,67 m, es decir el 97,24%, esto indica que con óptimas y oportunas medidas de intervención esta condición puede mejorar. Sin embargo en afectación alta no mitigable se tiene 156,90 m en los barrios de Marsella y Las Vegas (Tabla 5.14 y Figura 5.9). La espacialización grafica de esta información se evidencia en la Figura 5.10.

Tabla 5.14. Longitud de la red vial con afectación mitigable y no mitigable ante avenidas torrencales zona urbana Pradera

NIVEL DE AFECTACIÓN	LONGITUD (m)	PORCENTAJE%
Alta mitigable	5519,67	97,24
Alta no mitigable	156,9	2,76
TOTAL	5676,57	100

Fuente: elaboración propia

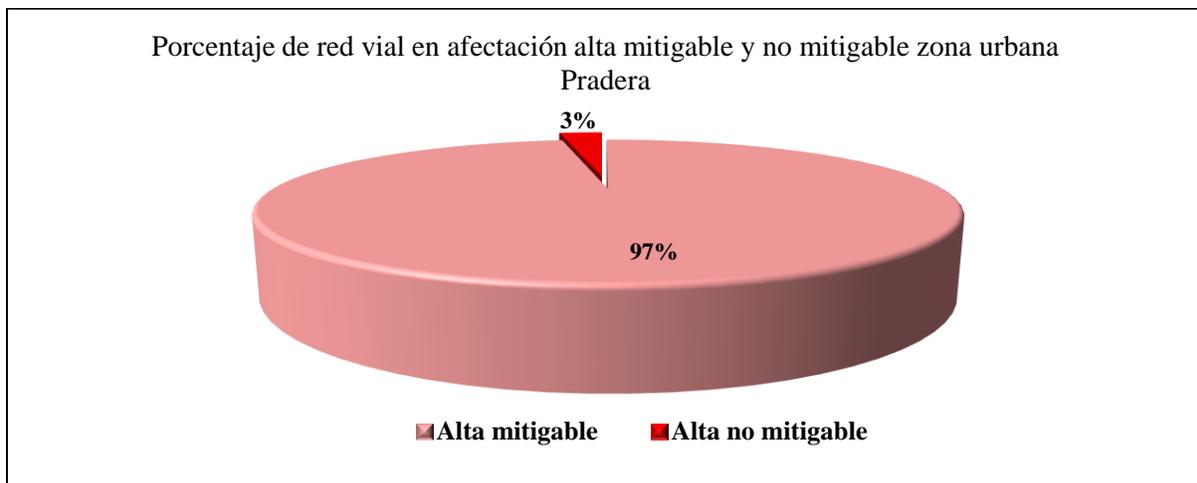


Figura 5.9. Porcentaje de red vial en afectación alta mitigable y no mitigable zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

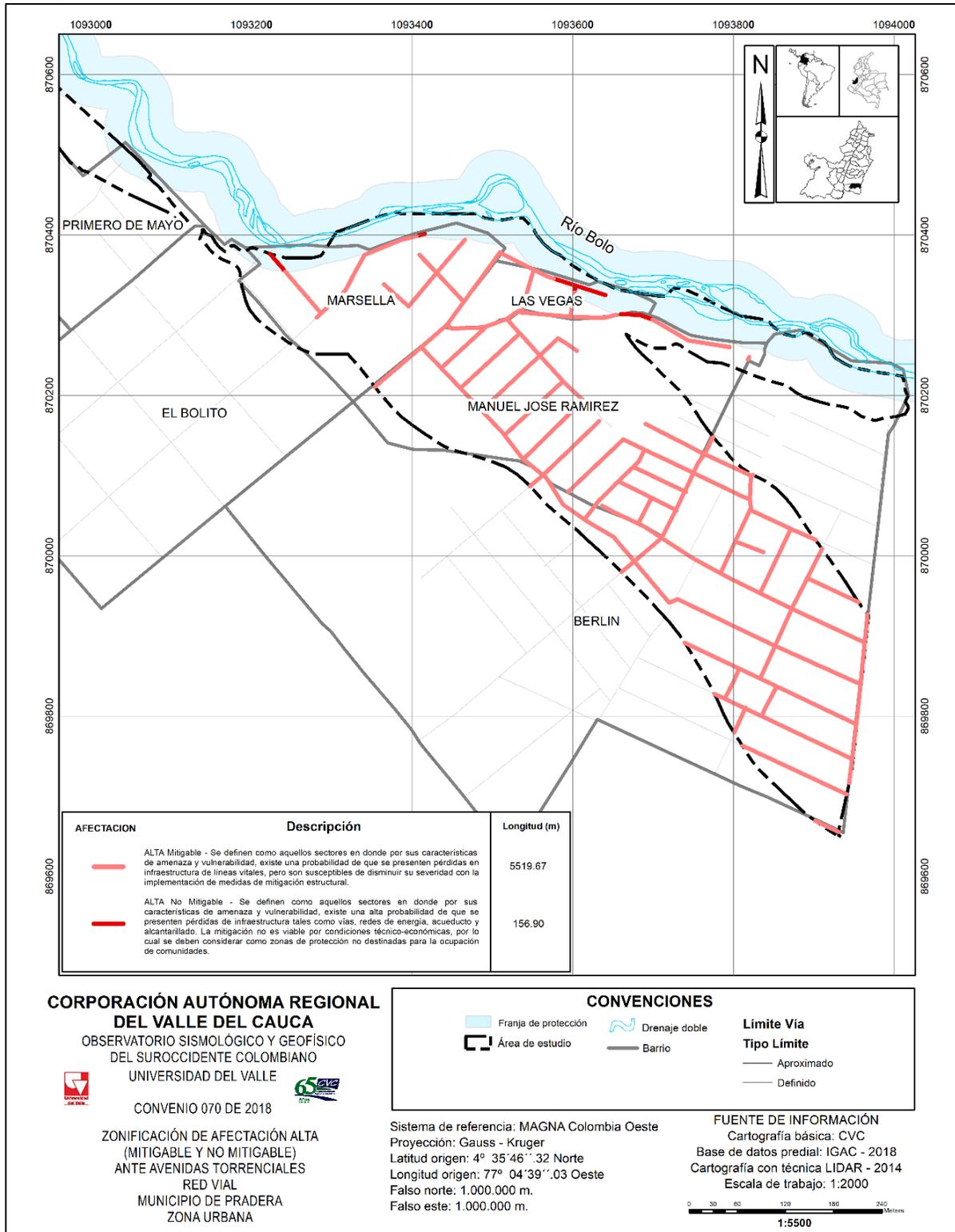


Figura 5.10. Mapa de escenario de riesgo mitigable y no mitigable red vial ante una avenida torrencial en la zona urbana del municipio Pradera

Fuente: elaboración propia

- **Red eléctrica (postes)**

La Tabla 5.15 menciona el número de postes eléctricos que presentan afectación alta en el área urbana de Pradera, son 218 de los cuales 212 (97%) se encuentran en afectación alta mitigable y 6 en afectación alta no mitigable ante avenidas torrenciales de estos 3 se localizan en Marsella, 2 en Manuel José Ramírez y 1 en Las Vegas. La representación y espacialización grafica de esta información se ven en las Figura 5.11 y 5.12.

Tabla 5.15. Numero de postes en afectación alta mitigable y no mitigable ante avenidas torrenciales zona urbana Pradera

NIVEL DE AFECTACIÓN	NÚMERO DE POSTES	PORCENTAJE%
Alta mitigable	212	97
Alta no mitigable	6	3
TOTAL	218	100



Figura 5.11. Número de postes en afectación alta mitigable y no mitigable zona urbana Pradera

Fuente: elaboración propia

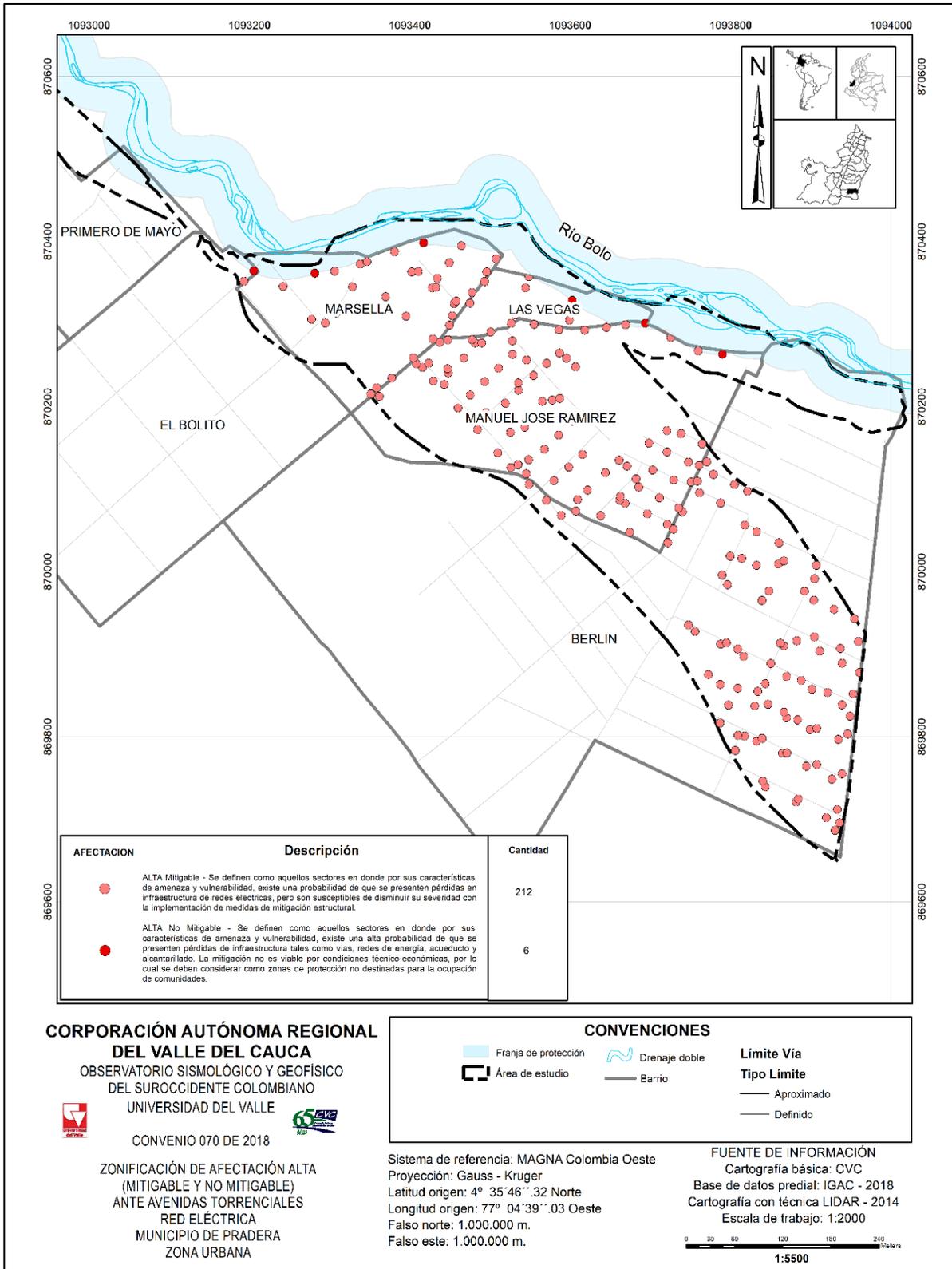


Figura 5.12. Mapa de zonificación de afectación alta mitigable y no mitigable de la red eléctrica ante avenidas torrenciales zona urbana pradera

Fuente: elaboración propia

5.5. CÁLCULO DE POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR AVENIDA TORRENCIAL EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE PRADERA

De acuerdo con Gavidia (1988) en los últimos años se ha observado como el crecimiento de los asentamientos urbanos en América Latina y El Caribe ha desbordado los mecanismos de planificación que han intentado aplicarse para guiar el desarrollo de los mismos, que hoy en día es observable con el crecimiento de la ocupación de áreas no aptas para ocuparse y que pueden presentar en un futuro un riesgo para la población que habite en ese lugar, este crecimiento puede deberse a muchas razones entre las cuales el autor destaca: i) estilos de desarrollo seguidos de la región, ii) condiciones sociales, iii) condiciones económicas, iv) condiciones políticas, siendo cada una de ellas hoy en día imperantes en el territorio colombiano.

Por estas razones, hay zonas más propensas a la ocurrencia de inundaciones, avenida torrencial y movimientos en masa teniendo consecuencias devastadoras en los ámbitos sociales, económicos y de infraestructura. El departamento del Valle del Cauca, es la región más propensa a este tipo de fenómenos a nivel nacional. De acuerdo con el análisis del municipio de Pradera realizado por la Oficina de Gestión de Riesgo, además del diagnóstico del Plan de Desarrollo Municipal 2016 – 2019, es posible afirmar que el municipio posee condiciones geológicas, topográficas, hidrográficas que propician la ocurrencia de fenómenos y eventos naturales de diferentes orígenes, entre los cuales se destaca el fenómeno de avenida torrencial. Se menciona los principales riesgos que ocurren en el municipio de Pradera que intensifican el impacto de los fenómenos naturales el cual están enmarcados por los procesos de tala de árboles cerca al Rio Bolo, el cual agudiza su caudal mediante los efectos de la ola invernal.

Los desastres naturales generan en la gran mayoría de los casos, pérdidas económicas y otros daños que son incuantificables. Teniendo como consecuencias afectaciones de las viviendas, red vial, red de gas, red de acueducto, red de alcantarillado, alumbrado público y otras infraestructuras en la zona urbana. Para la administración municipal las afectaciones parciales o completas en las edificaciones esenciales (educativas y hospitalarias) dejaría al municipio con un déficit fiscal. Así mismo, resultaría afectada las tierras agrícolas dejando pérdidas en los cultivos y de paso el suministro de alimentos a nivel local.

Considerando este contexto, se realiza una estimación de las posibles pérdidas económicas ante la ocurrencia de una avenida torrencial. En primer lugar, se identificaron los elementos expuestos en las zonas de riesgo alto medio y bajo, mediante los cálculos correspondientes mencionados previamente y teniendo en cuenta diferentes precios oficiales, se estima el valor de un grupo de variables compuestas por: i) el daño en la infraestructura social; ii) los gastos del gobierno para atender el evento de avenida torrencial; iii) afectaciones en las vías y iv) costo de reposición de líneas vitales.

En esta etapa se hace una estimación de las posibles pérdidas económicas ante la ocurrencia de una avenida torrencial en las áreas identificadas con riesgo en el municipio de Pradera teniendo en cuenta las variables de los capítulos anteriores.

Acorde a la cantidad de edificaciones en el área urbana del municipio de Pradera en riesgo (1.232), se realizan las estimaciones de las posibles pérdidas o costos asociados a una eventual avenida torrencial, las cuales estarán divididas en 4 partes: i) el daño de la infraestructura social; ii) el gasto

del gobierno en su esfuerzo por atender las necesidades de las zonas afectadas; iii) afectaciones sobre las vías; iv) afectaciones a líneas vitales.

5.5.1. Identificación de los elementos expuestos en escenario de afectación ante avenida torrencial

La identificación de los elementos expuestos se realizó considerando el escenario de riesgo por avenida torrencial. Se tiene en cuenta la clasificación de elementos estructurales y funcionales. Puntualmente, la valoración se realizó para edificaciones de uso residencial, no residencial (comercial, institucional, mixto y culto) y edificaciones esenciales (centros educativos). A continuación, se detallan los elementos localizados dentro del área de influencia las cuales poseen riesgo por avenida torrencial.

5.5.1.1. Edificaciones

De acuerdo con el censo que se realizó para la parte estructural y funcional del municipio y presentado en las Tabla 5.16 se encontró que las edificaciones expuestas están en su mayoría construidas en mampostería no reforzada, y en menor cantidad de madera, tapia y bahareque. Además, en su mayoría el uso de suelo en el municipio de Pradera ha sido destinado para la construcción de vivienda.

Tabla 5.16. Clasificación de elementos estructurales y funcionales en afectación alta ante avenida torrencial en el municipio de Pradera.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	TIPOS DE ESTRUCTURAS		FUNCIONALIDAD DE LOS ELEMENTOS	
	N° EDIFICACIONES EN AFECTACIÓN ALTA	USO DEL SUELO	N° EDIFICACIONES EN AFECTACIÓN ALTA	
Mampostería Confinada	288	Residencial	1.194	
Mampostería No Reforzada	787	Comercial	12	
Madera, Tapia y Bahareque	45	Educación	2	
Otro (Material Reciclado)	112	Institucional	1	
		Mixto	20	
		Culto	3	
TOTAL	1.232	TOTAL	1.232	

Fuente: elaboración propia.

5.5.1.2. Infraestructura social

Los desastres afectan negativamente las condiciones sociales y económicas de la población, los daños en la infraestructura, elementos internos y la prestación del servicio que brinde la instalación que sufra el daño pueden llegar a ser significativos. Las avenidas torrenciales afectan en igual medida a infraestructuras grandes o pequeñas, el daño que puede recibir las instalaciones está relacionado con las características de la construcción y su ubicación.

De acuerdo con la Organización Panamericana de Salud, (2013) y su estudio frente a desastres naturales que afectan directamente a infraestructuras, los daños a las estructuras se concentran en elementos estructurales y no estructurales. Para daños en elementos estructurales divido en la

subestructura (cimentación) y la superestructura (columnas, vigas, techos, muros, portante, escaleras) están directamente relacionados con:

- El tipo de evento.
- Ubicación del establecimiento o del inmueble.
- Capacidad portante del terreno.
- Resistencia y estabilidad de la infraestructura para soportar la presión del agua y materiales.
- Tecnología constructiva empleada en la edificación.

Entre los daños que se pueden presentar en elementos no estructurales se encuentran las principales afectaciones:

- Los servicios básicos indispensables internos (agua, alcantarillado, energía eléctrica).
- Elementos de decorativos.
- Divisiones y muebles.
- Todo tipo de equipos (electrodomésticos, tecnológicos).

Los daños que los desastres naturales generan en las edificaciones con base a lo planteado anteriormente pueden dividirse principalmente en dos:

1. Los daños en el contenido (electrodomésticos y mobiliarios) asociado a reposición de los bienes afectados.
2. El daño en la estructura asociado a costes de reparación de la misma.

A continuación, se menciona la metodología que se siguió para la valoración económica de los posibles daños en edificaciones residenciales, no residenciales y esenciales, para las edificaciones residenciales es necesario determinar cada uno de estos daños mediante la tipificación de una vivienda promedio y su contenido en el municipio de Pradera, para las edificaciones no residenciales se tendrá en cuenta solamente el avalúo comercial debido a falta de información propia de los establecimientos que no corresponden a uso residencial y para el caso de las edificaciones esenciales es necesario establecer posibles medidas para mitigar el impacto del fenómeno, adicionalmente, calcular el equipamiento que tenga la edificación esencial, en caso de no tener equipamiento se tendrá en cuenta solo el avalúo comercial con base al área el cual corresponda al predio destinado a ser una edificación esencial.

En primer lugar, se definieron los costos tanto en edificaciones no residenciales como en residenciales en riesgo por medio del avalúo comercial. En segundo lugar, para el caso de las edificaciones residenciales se encontró la relación de bienes que en promedio existen en esta clase de viviendas, entre los cuales se encuentran: televisión, nevera, estufa, muebles de sala, comedor, computador y camas. A cada uno de éstos se le asignó un precio unitario promedio teniendo en cuenta la lista de precios de varios almacenes de cadena principales del departamento. El siguiente paso fue calcular el valor del contenido y la estructura de las edificaciones residenciales y no residenciales teniendo en cuenta los precios establecidos anteriormente. Por último, se definieron las edificaciones esenciales en riesgo las cuales se establecieron las posibles medidas a tomar en caso de ocurrir el evento de avenida torrencial, además se calculó el equipamiento con base a

informaciones oficiales para aproximarse al costo total de pérdidas por cada edificación esencial. A continuación, se muestra lo anteriormente expuesto:

5.5.1.2.1. Estimación de los costos de la estructura de las edificaciones no residenciales.

Con el fin de determinar los costos de la estructura es necesario determinar el total de área construida con base en el censo realizado para la parte estructural del municipio y el precio de las edificaciones no residenciales, el precio de las edificaciones se estableció con base en el avalúo comercial del inmueble mediante el precio promedio en el mercado por cada m², en este caso se tuvo en cuenta 6 inmuebles básicos en venta para un valor de \$ 565.807 por m².

En el contexto del municipio de Pradera se encuentran ubicados 36 edificaciones con un área total construida de 3.568 m² con uso de suelo no residencial en afectación alta ante una avenida torrencial. Se estimó con un costo total aproximado de **dos mil dieciocho millones setecientos noventa y nueve mil trescientos setenta y seis pesos \$ 2.018.799.376** millones de pesos representado en la Tabla 5.17.

Tabla 5.17. Costo total aproximado de las edificaciones no residenciales en afectación ante avenida torrencial.

EDIFICACIONES NO RESIDENCIALES EN AFECTACIÓN ANTE AVENIDA TORRENCIAL			
NIVEL DE AFECTACIÓN	CANTIDAD DE EDIFICACIONES	ÁREA (M ²) TOTAL CONSTRUIDA	COSTO TOTAL (\$)
Alta	36	3.568 m ²	\$ 2.018.799.376
COSTO TOTAL (\$)			\$ 2.018.799.376

Fuente: elaboración propia a partir del censo estructural y avalúo comercial por m² del municipio de Pradera.

5.5.1.2.2. Estimación de los costos de la estructura de las edificaciones residenciales.

Con el fin de determinar los costos de la estructura es necesario determinar el total de área construida con base en el censo realizado para la parte estructural del municipio y el precio de las edificaciones residenciales. Por lo tanto, el precio de las edificaciones se estableció con base en el avalúo comercial del inmueble mediante el precio promedio en el mercado por m², en este caso se tuvo en cuenta 6 inmuebles básicos en venta para un valor de \$ 565.807 por m². En el contexto del municipio de Pradera se encuentran ubicados 1.194 edificaciones con uso de suelo residencial en riesgo alto ante un escenario de avenida torrencial. Se estimó un área total construida en un nivel de riesgo alto de 119.991 m² con un costo total aproximado de **sesenta y siete mil ochocientos noventa y un millones setecientos cuarenta y siete mil setecientos treinta y siete pesos (\$ 67.891.747.737)** representado en la Tabla 5.18.

Tabla 5.18. Costo total aproximado de las edificaciones residenciales en afectación ante avenida torrencial.

EDIFICACIONES RESIDENCIALES EN AFECTACIÓN			
NIVEL DE AFECTACIÓN	CANTIDAD DE EDIFICACIONES	ÁREA (M ²) TOTAL CONSTRUIDA	COSTO TOTAL (\$)
Alto	1.194	119.991 m ²	\$ 67.891.747.737
COSTO TOTAL (\$)			\$ 67.891.747.737

Fuente: elaboración propia a partir del censo estructural y avalúo comercial por m² del municipio de Pradera.

5.5.1.3. Contenido (electrodomésticos y mobiliario) promedio en hogares.

A partir de la información disponible en la encuesta de calidad de vida del DANE para el Valle del Cauca (2016), y de acuerdo a la muestra que se realizó en el área de influencia se determinó el listado promedio de mobiliario y electrodomésticos por hogar, el cual se resume en la Figura 5.13.

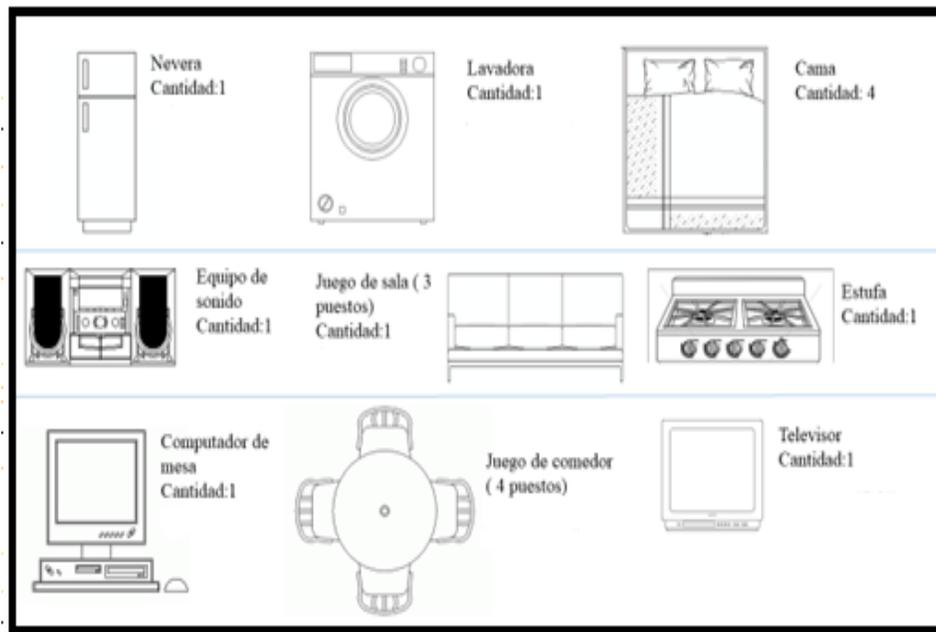


Figura 5.13. Tipificación del contenido de una vivienda en el área de estudio.

Fuente: elaboración propia con información DANE (2016).

A continuación, se procede a estimar el valor económico aproximado del contenido en las edificaciones residenciales.

5.5.1.3.1 Estimación de los costos del contenido de las edificaciones

En la Tabla 5.19 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 de acuerdo con la cantidad de los mismos en cada vivienda. Se considera que el contenido de las viviendas tiene un determinado tiempo de vida útil, para los electrodomésticos la vida útil será establecida por el promedio de vida proyectado desde la Organización de Consumidores y Usuarios y para los muebles de hogar 10

años con base a información suministrada por varios empresarios del sector de los muebles en Colombia. Se estipula la depreciación en línea recta que supone una depreciación constante, teniendo en cuenta el valor comercial promedio del artículo y su vida útil, dicha depreciación arroja el cambio de precio que sufre durante el transcurso de los años. Es importante establecer el tiempo promedio de tenencia como la vida útil media para cada artículo, ya que se tiene en cuenta los años de tenencia de artículos nuevos y antiguos en posesión de los habitantes del municipio. Así se obtiene al final un valor promedio teniendo en cuenta la depreciación de \$ 3.237.632 pesos por edificación residencial.

Tabla 5.19. Valor aproximado del contenido en las edificaciones residenciales.

CONTENIDOS POR VIVIENDA	CANT.	VALOR COMERCIAL PROMEDIO	VIDA UTIL (AÑOS)	DEPRECIACIÓN POR AÑO	TIEMPO PROMEDIO TENENCIA	VALOR APROXIMADO POR CONTENIDO CON DEPRECIACIÓN (\$)
Nevera	1	\$ 823.540	12	68628,33333	6	\$ 411.770
TV a color	1	\$ 553.280	12	46106,66667	6	\$ 276.640
Lavadora	1	\$ 925.430	10	92543	5	\$ 462.715
Computador	1	\$ 994.025	6	165670,83333	3	\$ 497.013
Equipo de sonido	1	\$ 389.421	8	48677,625	4	\$ 194.711
Comedor	1	\$ 647.200	10	64720	5	\$ 323.600
Sala	1	\$ 1.053.478	10	105347,8	5	\$ 526.739
Estufa	1	\$ 345.640	12	28803,33333	6	\$ 172.820
Cama	4	\$ 743.250	10	74325	5	\$ 371.625
VALOR TOTAL APROXIMADO DE CONTENIDO (\$)						\$ 6.475.264
VALOR TOTAL APROXIMADO CON DEPRECIACIÓN DE CONTENIDO (\$)						\$ 3.237.632

Fuente: elaboración propia con información del DANE (2016). Precios 2019: Alkosto, Almacenes la 14, Almacenes Éxito, Bodega del mueble, Only muebles.

5.5.1.3.2 Estimación del costo total aproximado por daños del contenido en edificaciones residenciales.

En la Tabla 5.20 se procedió a multiplicar el valor total aproximado con depreciación de cada artículo por el número de edificaciones residenciales en riesgo, el costo total aproximado asociado a la pérdida de contenido en edificaciones residenciales afectados por avenida torrencial corresponde a **tres mil ochocientos sesenta y cinco millones setecientos treinta y dos mil seiscientos ocho pesos (\$ 3.865.732.608)**.

Tabla 5.20. Costo total aproximado por daños del contenido en edificaciones residenciales en riesgo ante avenida torrencial.

NIVEL DE AFECTACIÓN	NÚMERO DE EDIFICACIONES	COSTO APROXIMADO POR DAÑOS DE CONTENIDO (\$)
Alto	1.194	\$ 3.865.732.608
TOTAL	1194	\$ 3.865.732.608

Fuente: elaboración propia.

5.5.1.4. Posibles pérdidas por daños en las instituciones educativas.

Realizando el mismo procedimiento del cálculo del costo total de la infraestructura social afectada por avenida torrencial, el cálculo de las posibles pérdidas por daño a las instituciones educativas se estima considerando, el daño de la estructura y el daño en el contenido, en el caso del municipio de Pradera se encuentran dos predios destinados al uso educativo, uno de ellos corresponde a un terreno en construcción el cual se usara para uso educativo, en este caso solo se hará una valoración con avalúo comercial teniendo en cuenta el área m² y el otro pertenece a una institución educativa en funcionamiento, por lo tanto, es posible una estimación del costo de daños más profunda mediante alternativas posibles para su reparación en caso de avenida torrencial y el cálculo del equipamiento (contenido) perteneciente a facilitar el desarrollo de las actividades de la institución educativa.

5.5.1.4.1. Estimación del costo de daños en la estructura de la institución educativa en construcción.

Para la estimación del costo de daños en la estructura de la institución educativa que se encuentra en construcción, se calculara el costo del área m² teniendo en cuenta que para el municipio de Pradera se utilizó el avalúo comercial del inmueble mediante el precio promedio en el mercado por cada m², en este caso se tuvo en cuenta 6 inmuebles básicos en venta para un valor de \$ 565.807 por cada m². Se encuentra que hay un total de 234 m² en el predio destinado para uso educativo que se encuentra en un nivel de riesgo alto, el costo total aproximado de la estructura presentado en la Tabla 5.21 es de **ciento treinta y dos millones trescientos noventa y ocho mil ochocientos treinta y ocho pesos (\$132.398.838)**.

Tabla 5.21. Costo total aproximado de la edificación destinada a uso educativo en afectación ante avenida torrencial.

EDIFICACIONES EDUCATIVAS EN RIESGO (EN CONSTRUCCIÓN)			
NIVEL DE AFECTACIÓN	CANTIDAD DE EDIFICACIONES EDUCATIVOS	ÁREA (M ²) TOTAL	COSTO TOTAL APROXIMADO (\$)
Alto	1	234 m ²	\$ 132.398.838
COSTO TOTAL APROXIMADO			\$ 132.398.838

Fuente: elaboración propia a partir del avalúo comercial por m² del municipio de Pradera.

5.5.1.4.2. Estimación del costo de daños en la estructura de la Institución Educativa en funcionamiento.

Para la estimación del costo de daños se toma como base la información suministrada en el informe de gestión anual de la Institución Educativa Ateneo (2018) y los resultados del presente estudio, se muestra en la Tabla 5.22 la existencia de una (1) sede de 1 institución educativa que está en riesgo alto por escenario de avenida torrencial en donde están matriculados 79 alumnos aproximadamente.

Tabla 5.22. Instituciones educativas que se encuentran en riesgo ante la ocurrencia de una avenida torrencial.

INSTITUCIÓN EDUCATIVA	SEDES	NÚMERO DE ESTUDIANTES	NIVEL EDUCATIVO
I.E Ateneo	(1) Nidia Navarrete	79	Primera infancia, preescolar, básica primaria.

Fuente: elaboración propia con datos del informe de gestión anual de la Institución Educativa Ateneo, (2018).

Utilizando como base los desastres naturales en el país en los años 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:

- Fase 1 – *Ayuda humanitaria*: se realizó la implementación de aulas temporales.
- Fase 2 – *Rehabilitación*: consistió en el mantenimiento correctivo, la reparación estructural y la realización de obras de mitigación de las sedes educativas afectadas.
- 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.

De esta manera, en la Tabla 5.23 se observa el valor de las posibles afectaciones (instituciones educativas) y el gasto en la fase 2 para Pradera teniendo en cuenta la conversión de precios pasados mediante el IPC a precios actuales.

Tabla 5.23. Costo total aproximado de la estructura de la institución educativa. Precios de 2019.

COSTOS ESTIMADOS POR SEDE EDUCATIVA EN FASE 2 A PRECIOS ACTUALES (IPC) (\$)	NÚMERO DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS	COSTO TOTAL APROXIMADO DE LA ESTRUCTURA EDUCATIVA (\$)
\$189.660.672	1	\$189.660.672

Fuente: elaboración propia con datos del Ministerio de Educación Nacional (2011).

A pesar de que no se cuenta con información detallada del contenido de la institución educativa en la zona de afectación, para el cálculo de las posibles pérdidas económicas se realiza por cada sede educativa los siguientes supuestos teniendo en cuenta los grados habilitados por la institución, el número de profesores, la composición de un colegio promedio y la contabilidad de equipos entregados en la institución por parte de la Gobernación del Valle del Cauca mediante la secretaria de educación en el año 2014.

- Cuenta con 7 aulas (6 aulas de estudio y 1 aula de sistemas), 7 escritorios y 7 sillas.
- Se cuenta con 10 computadores, 10 mesas de cómputo y 10 sillas.
- El número de pupitres es igual al número de estudiantes.

En la Tabla 5.24, se presenta un estimativo del costo de cada uno de los enseres y muebles de un aula educativa.

Tabla 5.24. Muestra de Precio de almacén para la determinación del costo del contenido.

CONTENIDO	PRECIO (\$) HOMECENTER
Pupitre	\$105.000
Escritorio	\$359.900
Mesa de computo	\$120.000
Computador	\$1.090.000
Silla	\$74.900

Fuente: elaboración propia con lista de precios de Homecenter (2019).

Los precios utilizados son del 2019 y se establecieron a partir de una cotización realizada en HOMECENTER de los artículos mencionados para el contenido de las instituciones educativas. 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 (\$105.000), se obtuvo el costo total por pupitres dañados. El costo total para los computadores, mesa de cómputo y silla se obtuvo a partir de la suma de los costos de las sillas, mesas y computadores. Cada uno de estos costos surge de la multiplicación entre la cantidad de sillas, mesas y computadores por sus respectivos precios (\$74.900 por silla, \$120.000 por mesa, \$1.090.000 por computador y \$359.900 por escritorio).

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 la sala de sistemas dañada de **veinticuatro millones ochocientos diecisiete mil seiscientos pesos (\$ 24.817.600)**. Lo anterior se encuentra en la Tabla 5.25.

Tabla 5.25. Costo total aproximado del contenido de la institución educativa.

SEDE	COSTO PUPITRES	COSTO ESCRITORIOS	COSTO SILLAS	COSTO MESA COMPUTO	COSTO COMPUTADOR	\$ / UNIDAD
1	\$ 8.295.000	\$ 2.519.300	\$ 1.273.300	\$ 1.200.000	\$ 10.900.000	\$ 24.817.600
COSTO TOTAL APROXIMADO DEL CONTENIDO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA (\$)						\$ 24.817.600
COSTO TOTAL APROXIMADO EN ESTRUCTURA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA (USD) (1 USD = 3.586 \$ COP)						6.921 US\$

Fuente: elaboración propia con base en la Lista de precios Homecenter (2019) y Ministerio de Educación Nacional (2019).

Finalmente, estos costos surgen de la suma del contenido de la escuela en riesgo con el posible costo de la reparación de las estructuras por escenario de avenida torrencial, alcanzando un total de **doscientos catorce millones cuatrocientos setenta y ocho mil doscientos setenta y dos pesos (\$ 214.478.272)** tal como se observa en la Tabla 5.26.

Tabla 5.26. Costo total aproximado por Institución Educativa en funcionamiento en afectación por avenida torrencial.

NIVEL DE AFECTACIÓN	SEDE EDUCATIVAS EN AFECTACIÓN	COSTO TOTAL APROXIMADO DE DAÑOS DE CONTENIDO	COSTO APROXIMADO DE REHABILITACIÓN	COSTO APROXIMADO (\$)
ALTO	1	\$ 24.817.600	\$ 189.660.672	\$ 214.478.272
COSTO TOTAL APROXIMADO DE DAÑO EN SEDE EDUCATIVA (\$)		\$ 24.817.600	\$ 189.660.672	\$ 214.478.272
COSTO TOTAL APROXIMADO DE DAÑO EN SEDE EDUCATIVA (USD) (1 USD = 3.586 \$ COP)		6.921 US\$	52.889 US\$	59.810 US\$

Fuente: elaboración propia con base en la Lista de precios de Homecenter (2019) y Ministerio de Educación Nacional (2011).

5.5.1.4.3. Resumen de costos aproximados de daño en la infraestructura social.

Finalmente, el resumen de costos aproximados de daño en la infraestructura social en riesgo ante escenario de avenida torrencial, tendrá en cuenta las edificaciones no residenciales (estructura), edificaciones residenciales (estructura y contenido) y predios-edificaciones esenciales (estructura, rehabilitación y contenido) por un total **setenta y cuatro mil ciento veintitrés millones ciento cincuenta y seis mil ochocientos treinta y uno pesos (\$74.123.156.831)** tal como se observa en la Tabla 5.27.

Tabla 5.27. Resumen de costos aproximados de daño en la infraestructura social afectada por avenida torrencial.

RESUMEN DE COSTOS APROXIMADOS DE DAÑO EN LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL	COSTO APROXIMADO DE DAÑO (\$)
Costo aproximado de daño en edificaciones no residenciales en afectación ante avenida torrencial.	\$ 2.018.799.376
Costo aproximado de daño en edificaciones residenciales en afectación ante avenida torrencial.	\$ 71.757.480.345
Costo aproximado de daño en predios-edificaciones esenciales en afectación ante avenida torrencial	\$ 346.877.110
COSTO TOTAL APROXIMADO DE DAÑO EN LA INFRAESTRUCTURA SOCIAL (\$)	\$ 74.123.156.831
COSTO TOTAL APROXIMADO (USD) (1 USD = \$ 3.586 COP)	20.670.150 US\$

Fuente: elaboración propia

5.5.1.5. Asistencia Gubernamental

El análisis de la asistencia gubernamental se estimó la ayuda del gobierno en alimentación y aseo y subsidios de arrendamiento a la población damnificada ante la ocurrencia de un desastre natural.

5.5.1.5.1. Posibles costos por asistencia del gobierno a damnificados.

Un componente importante de los costos asociados a los desastres naturales del área de estudio corresponde a las diferentes ayudas que brindan las instituciones estatales, privadas y sin ánimo de lucro ante las emergencias. Para realizar una aproximación a los gastos que estas 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 Secretaría de Infraestructura Departamental del Valle del Cauca destinaron para los diferentes municipios del Valle del Cauca afectados por la ola invernal de 2010 – 2011. Este monto se actualiza a través del IPC. De esta manera, la Tabla 5.28 muestra los diferentes tipos de inversiones que dichas instituciones ejecutarían para mitigar una emergencia en la zona de estudio, lo cual representa el gasto del gobierno para situaciones de este tipo teniendo en cuenta el contexto del municipio de Pradera el cual se resume en la Tabla 5.29.

Tabla 5.28. Montos designados por el Gobierno Nacional para asistencia alimentaria y aseo a damnificados durante situaciones de desastres (Precios 2019).

TOTAL FAMILIA	ALIMENTO/MES (\$)	ASEO/MES (\$)	TOTAL (\$)
De 1 a 3 personas	\$ 324.864	\$ 54.144	\$ 379.008
De 4 a 6 personas	\$ 406.080	\$ 67.680	\$ 473.760
Más de 6 personas	\$ 446.688	\$ 81.216	\$ 527.904

Fuente: elaboración propia con datos de Colombia Humanitaria (2011), sobre la base de la “Ola Invernal” de 2010-2011.

Tabla 5.29. Costos aproximados por asistencia a familias posiblemente afectadas ante una avenida torrencial. (Precios 2019).

NIVEL DE AFECTACIÓN	NÚMERO DE FAMILIAS	ASISTENCIA ALIMENTO Y ASEO POR FAMILIA (\$)	ASISTENCIA A VIVIENDAS POR FAMILIA (\$)	VALOR APROXIMADO DE ASISTENCIA ALIMENTO Y ASEO (\$)	VALOR APROXIMADO ASISTENCIA VIVIENDA (\$)
Alto	1.194	\$ 473.760	\$ 3.248.640	\$ 565.669.440	\$ 3.878.876.160
COSTO TOTAL APROXIMADO (\$)				\$ 565.669.440	\$ 3.878.876.160

Fuente: elaboración propia con datos de Colombia Humanitaria (2011), sobre la base de la “Ola Invernal” de 2010-2011.

5.5.1.5.2. Resumen de costos aproximados derivados de la asistencia gubernamental

Finalmente, en la Tabla 5.30 se encuentra el resumen del costo total aproximado derivado de la asistencia gubernamental, serán solamente los costos probables en asistencia de vivienda, alimento y aseo brindada por el Gobierno cuando se presentan este tipo de situaciones en el contexto del municipio de Pradera.

Tabla 5.30. Resumen de los costos aproximados derivados de la asistencia del gobierno para edificaciones residenciales afectadas por avenida torrencial.

RESUMEN DE COSTOS APROXIMADOS DERIVADOS DE LA ASISTENCIA DEL GOBIERNO	COSTO APROXIMADO DE ASISTENCIA DEL GOBIERNO (\$)
Costo aproximado en asistencia alimentaria y aseo.	\$ 565.669.440
Costo aproximado en asistencia a vivienda.	\$ 3.878.876.160
COSTO TOTAL APROXIMADO DE ASISTENCIA DEL GOBIERNO (\$)	\$ 4.444.545.600
COSTO TOTAL APROXIMADO (USD) (1 USD = \$ 3.586 COP)	1.239.416 US\$

Fuente: elaboración propia.

5.5.2. Líneas vitales.

Las líneas vitales son sistemas imprescindibles para la vida humana y el funcionamiento de las poblaciones, representan un conjunto de activos y recursos humanos fundamentales para la provisión de servicios esenciales para mantener estándares de calidad de vida, cuya interrupción generará pérdidas.

5.5.2.1. Red vial.

La infraestructura vial es un sistema esencial en cualquier sistema de transportes para la vida humana y el funcionamiento de las poblaciones es importante para generar crecimiento económico regional. La existencia de vías garantiza no sólo la comunicación entre poblaciones sino el intercambio comercial y aumento de la productividad a nivel local, regional y nacional ACP (2016). Por lo tanto, es esencial que la interrupción de la circulación sea el menor tiempo posible para prevenir grandes pérdidas económicas ante la ocurrencia de un evento por desastre natural.

5.5.2.1.1. Costos por posibles afectaciones en la red vial.

En caso del escenario de avenida torrencial, existe la probabilidad de afectaciones en las vías, siendo necesario encontrar un estimativo del costo a realizar actividades de rehabilitación y mantenimiento con el propósito de preservar en buen estado los elementos que la componen, controlar los daños y, en lo posible, conservar las condiciones iniciales.

De la información levantada para el presente estudio se determinó la infraestructura vial expuesta en el municipio de Pradera, siendo en total aproximado de 5.677 metros de vía en riesgo por el escenario de avenida torrencial, de las cuales 2.535 metros de vía corresponde a material destapado, 1.133 metros de vía corresponde a material de asfalto y 2.008 metros de vía corresponde a material de concreto, debido a la dificultad en el estudio para calcular pérdidas en vía con material destapado, solo se tendrán en cuenta materiales de asfalto y concreto. Los posibles daños que se ocasionaran por la avenida torrencial pueden ser totales o parciales a la infraestructura vial, dependiendo de la magnitud de la avenida torrencial, en consecuencia, las eventuales actividades post desastres en este rubro, estarían encaminadas a la reconstrucción y a la rehabilitación de las vías de manera que aseguren el funcionamiento normal de estas, devolviendo el bienestar a la comunidad.

Para hacer el cálculo del costo se basó en la lista de precios para mano de obra, maquinaria, transporte del 2019 del documento APUS Valle 2019-2 del Instituto Nacional de Vías, el cual se desarrolla en la Tabla 5.31.

Tabla 5.31. Costo promedio aproximado por construcción, rehabilitamiento y mantenimiento vial.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO/UNITARIO EN PESOS	OBSERVACIONES
Costo promedio mantenimiento, reparación, reconstrucción, mejoramiento y limpieza vial de m de vía posibles daños ante escenario de avenida torrencial.	M	\$ 1.268.683	Se calculó el costo promedio por construcción, rehabilitamiento y mantenimiento teniendo en cuenta la excavación, remoción de materiales, mano de obra y las etapas.

Fuente: elaboración propia a partir de información de APUS Valle 2019-2 del Instituto Nacional de Vías.

En la Tabla 5.32 se muestran los costos asociados al mejoramiento y rehabilitación de las vías respectivamente, teniendo en cuenta la longitud de los trayectos susceptibles a ser afectados y los valores unitarios por metro.

Tabla 5.32. Costo total aproximado de mejoramiento y rehabilitación de la red vial por posibles daños ante escenario de avenida torrencial.

NIVEL DE RIESGO	LONGITUD/METRO	COSTO/METRO	COSTO POR NIVEL DE RIESGO (\$)
Alto	3.141 M	\$ 1.268.683	\$ 3.984.933.303
COSTO TOTAL APROXIMADO (\$)			\$ 3.984.933.303
COSTO TOTAL APROXIMADO (USD) (1USD = 3.586COP)			1.111.247 US\$

Fuente: elaboración propia a partir de información de APUS Valle 2019-2 del Instituto Nacional de Vías (2019).

5.5.2.2. Red eléctrica (postes).

La red de energía se define como línea vital puesto que es fundamental para el funcionamiento de la sociedad, debido a que es visto en la actualidad como una de las principales y más relevantes fuentes utilizadas tanto para uso doméstico como para uso industrial o comercial. Por tal razón, se consideró en la valoración económica de las posibles pérdidas.

En total, hay 218 postes de energía expuestos en riesgo ante la ocurrencia de una avenida torrencial. A partir de la lista de precios unitarios de la Gobernación del Valle del Cauca (2019), se estableció en la Tabla 5.33 el costo promedio aproximado de reposición de postes de energía, teniendo en cuenta el material, la resistencia y la altura. Por otro lado, en la Tabla 5.34 se estimó el costo total aproximado por afectaciones en postes de energía eléctrica teniendo en cuenta la cantidad de postes en riesgo ante avenida torrencial y el costo promedio aproximado de reposición.

Tabla 5.33. Costos promedio aproximados de reposición de postes de energía por posibles daños ante escenario de afectación por avenida torrencial.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO/UNITARIO EN PESOS	OBSERVACIONES
Reposición de postes de energía por posibles daños ante escenario de avenida torrencial.	1	\$ 893.933	Se calculó el costo promedio aproximado por reposición de postes de energía teniendo en cuenta el material, la resistencia y la altura. (El costo incluye el poste, la mezcla de concreto, mano de obra y grua-montacarga)

Fuente: elaboración propia, a partir de la lista de precios unitarios de la Gobernación del Valle (2019).

Tabla 5.34. Costos totales aproximado de reposición de postes de energía por posibles daños ante escenarios de afectación por avenida torrencial.

NIVEL DE AFECTACIÓN	CANTIDAD	COSTO/UNIDAD	COSTO (\$)
Alto	218	\$ 893.933	\$ 194.877.394
COSTO TOTAL APROXIMADO (\$)			\$ 194.877.394
COSTO TOTAL APROXIMADO (\$USD) (1USD = 3.586 COP)			54.344 US\$

Fuente: elaboración propia, a partir de la lista de precios unitarios de la Gobernación del Valle (2019).

5.5.2.3. Resumen de costos aproximados de afectación en las líneas vitales (red vial y postes de energía eléctrica).

Finalmente, en la Tabla 5.35 se encuentra el resumen de los costos aproximados derivados de la afectación en la infraestructura vial y líneas vitales en riesgo ante el escenario de avenida torrencial por un valor de **cuatro mil ciento setenta y nueve millones ochocientos diez mil seiscientos noventa y siete pesos (\$ 4.179.810.697)**.

Tabla 5.35. Resumen de los costos aproximados derivados de afectación de las líneas vitales por avenida torrencial.

RESUMEN DE COSTOS APROXIMADOS DERIVADOS DE LA AFECTACIÓN EN LAS LÍNEAS VITALES (red vial y postes de energía eléctrica).	COSTO APROXIMADO DE AFECTACIÓN (\$)
Costo aproximado de afectación en red vial.	\$ 3.984.933.303
Costo aproximado de afectación en postes de energía eléctrica.	\$ 194.877.394
COSTO TOTAL APROXIMADO DE AFECTACIÓN (\$)	\$ 4.179.810.697
COSTO TOTAL APROXIMADO (USD) (1 USD = \$ 3.586 COP)	1.165.591 US\$

Fuente: elaboración propia.

5.5.3. ESTIMACIÓN DEL RIESGO TOTAL (PÉRDIDAS ECONÓMICAS) ANTE AVENIDA TORRENCIAL

El producto de la probabilidad de ocurrencia, de la vulnerabilidad y el costo de los elementos y asistencia establecidos anteriormente por cada edificación (contenido, estructura no residenciales, residenciales e instituciones educativas y ayudas gubernamentales) indican el riesgo de posibles pérdidas económicas en edificaciones residenciales, no residenciales e instituciones educativas

correspondiente a a la clasificación alto, medio y bajo. En el municipio de Pradera de acuerdo con el análisis las edificaciones y las líneas vitales se encuentran en un nivel de afectación alta. Considerando que la probabilidad de que se incurra en estos costos depende de la vida útil del tipo y material de construcción de cada edificación y las líneas vitales (red vial y postes de las redes de energía eléctrica), la cual se resumen en las Tabla 5.36 a 5.39.

Es de aclarar que en la edificación no residenciales solo se tiene en cuenta la estructura no el contenido de estas edificaciones.

Tabla 5.36. Aproximación de posibles pérdidas económicas en edificaciones residenciales y no residenciales afectadas por avenida torrencial.

EDIFICACIONES RESIDENCIALES Y NO RESIDENCIALES CON AFECTACIÓN		
NIVEL DE AFECTACIÓN	CANTIDAD DE EDIFICACIONES	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES Y NO RESIDENCIALES (\$)
Alto	1.230	\$ 62.766.944.708
POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS TOTALES (\$)		\$ 62.766.944.708

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.37. Aproximación de posibles pérdidas económicas en instituciones educativas afectadas por avenida torrencial.

INSTITUCIONES EDUCATIVAS CON AFECTACIÓN		
NIVEL DE AFECTACIÓN	CANTIDAD DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS (\$)
Alto	2	\$ 311.542.461
POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS TOTALES (\$)		\$ 311.542.461

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.38. Aproximación de posibles pérdidas económicas en red vial afectada por avenida torrencial.

RED VIAL CON AFECTACIÓN		
NIVEL DE AFECTACIÓN	LONGITUD/METRO	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN INFRAESTRUCTURA VIAL (\$)
Alto	3.141 M	\$ 2.145.233.400
POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS TOTALES (\$)		\$ 2.145.233.400

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5.39. Aproximación de posibles pérdidas económicas en la red de energía eléctrica (postes) afectadas por avenida torrencial.

RED DE ENERGÍA ELÉCTRICA (POSTES) CON AFECTACIÓN		
NIVEL DE AFECTACIÓN	CANTIDAD DE POSTES	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN RED DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$)
Alto	218	\$ 122.303.035
POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS TOTALES (\$)		\$ 122.303.035

Fuente: elaboración propia.

5.5.3.1. Resumen de costos aproximados totales en edificaciones y asistencia del gobierno

Los costos totales asociados a posibles pérdidas económicas por avenida torrencial en infraestructura social se obtuvieron de la suma entre la aproximación de posibles pérdidas económicas en edificaciones residenciales, no residenciales y en las instituciones educativas en afectación alta ante avenida torrencial, se estimó en **sesenta y tres mil setenta y ocho millones cuatrocientos ochenta y siete mil ciento sesenta y nueve pesos (63.078.487.169)**, tal como se observa en la Tabla 5.40.

Tabla 5.40. Aproximación de posibles pérdidas económicas en infraestructura social afectada por avenida torrencial.

POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN EDIFICACIONES RESIDENCIALES Y NO RESIDENCIALES (\$)	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS (\$)	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN INFRAESTRUCTURA SOCIAL (\$)
\$ 62.766.944.708	\$ 311.542.461	\$ 63.078.487.169

Fuente: elaboración propia.

5.5.3.2. Resumen de costos aproximados de afectación líneas vitales (red vial y postes red eléctrica)

Con base a la metodología para el cálculo del riesgo realizada por González et. al (2002), el producto de la Probabilidad de ocurrencia de la vulnerabilidad y el costo de los elementos expuestos aproximan a las posibles pérdidas económicas en líneas vitales (red vial y red de energía eléctrica)

Los costos totales asociados a posibles pérdidas económicas por avenida torrencial en las líneas vitales (red vial y postes de la red de energía eléctrica) se obtuvieron de la suma entre la aproximación de posibles pérdidas económicas se estimó en **dos mil doscientos sesenta y siete millones quinientos treinta y seis mil cuatrocientos treinta cinco pesos (\$2.267.536.435)**, tal como se observa en la Tabla 5.41.

Tabla 5.41. Aproximación de posibles pérdidas económicas en líneas vitales (red vial y postes de la red de energía eléctrica) afectada por avenida torrencial.

POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN RED VIAL (\$)	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN POSTES DE LA RED DE ENERGÍA ELÉCTRICA (\$)	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN LÍNEAS VITALES (\$)
\$ 2.145.233.400	\$ 122.303.035	\$ 2.267.536.435

Fuente: elaboración propia.

5.5.3.3. Posibles pérdidas económicas totales en infraestructuras en zonas de Afectación

En la Tabla 5.42 se encuentra el resumen de las posibles pérdidas económicas en infraestructura derivados de los costos en daño de la infraestructura social e infraestructura de redes vitales que se encuentran en afectación ante la ocurrencia de una avenida torrencial. Se estimó un costo aproximado de **sesenta y cinco mil trescientos cuarenta y seis millones veintitrés mil seiscientos cuatro pesos (\$65.346.023.604)**.

Tabla 5.42. Resumen de las posibles pérdidas económicas en infraestructuras en afectación ante una avenida torrencial.

RESUMEN LAS POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN INFRAESTRUCTURAS	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN INFRAESTRUCTURA (\$)
Posibles pérdidas económicas en infraestructura social.	\$ 63.078.487.169
Posibles pérdidas económicas en infraestructura de redes vitales.	\$ 2.267.536.435
POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS TOTALES EN INFRAESTRUCTURA (\$)	\$ 65.346.023.604
POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS (USD) (1 USD = \$ 3.586 COP)	18.222.539 US\$

Fuente: elaboración propia.

5.5.4. POSIBLES PÉRDIDAS EN EDIFICACIONES LOCALIZADAS EN ZONAS DE AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE ANTE VENEIDA TORRENCIAL

En este apartado se presenta la clasificación de los elementos estructurales y funcionales en las zonas de afectación alta mitigable y no mitigable por avenida torrencial.

5.5.4.1. Clasificación de elementos estructurales y funcionales expuestos en edificaciones con afectación alta mitigable y no mitigable.

De acuerdo al censo que se realizó para la parte estructural y funcional del municipio y presentado en las Tabla 5.43, se realiza la clasificación de elementos estructurales y funcionales expuestos en riesgo alto mitigable y no mitigable ante avenida torrencial en el municipio de Pradera, se encontró que las edificaciones expuestas en afectación alta mitigable y no mitigable están en su mayoría construidas en mampostería no reforzada. Además, en su mayoría el uso de suelo en edificación con afectación alta mitigable y no mitigable en el municipio de Pradera ha sido destinado para la construcción de vivienda de las cuales en afectación alta mitigable se encuentran 1.138 edificaciones y en afectación alta no mitigable 94 edificaciones.

Tabla 5.43 Clasificación de elementos estructurales expuestos en nivel de afectación alta mitigable y no mitigable ante avenida torrencial en el municipio de Pradera.

TIPO DE MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	TIPOS DE ESTRUCTURAS		USO DEL SUELO	FUNCIONALIDAD DE LOS ELEMENTOS	
	NÚMERO DE EDIFICACIONES EN AFECTACIÓN			NÚMERO DE EDIFICACIONES EN AFECTACIÓN	
	ALTA MITIGABLE	ALTA NO MITIGABLE		ALTA MITIGABLE	ALTA NO MITIGABLE
Mampostería confinada	284	4	Residencial Comercial	1.103 11	91 1
Mampostería no reforzada	721	66	Culto	3	0
Madera, tapia y bahareque	29	16	Educación Institucional	2 1	0 0
Otro	104	8	Mixto	18	2
TOTAL	1.138	94	TOTAL	1.138	94

Fuente: elaboración propia.

5.5.4.2. Estimación del costo de las estructuras de las edificaciones en afectación alto mitigable y no mitigable

Con el fin de determinar los costos de la estructura es necesario determinar el total de área construida con base en el censo realizado para la parte estructural del municipio y el precio de las edificaciones, el precio de las edificaciones se estableció con base en el avalúo comercial del inmueble mediante el precio promedio en el mercado por cada m², en este caso se tuvo en cuenta 6 inmuebles básicos en venta para un valor de \$ 565.807 por m². En el contexto del municipio de Pradera se encuentran ubicados 1.138 edificaciones en afectación alta mitigable y 94 edificaciones en riesgo alto no mitigable ante un escenario de avenida torrencial. Se estimó un área total construida en nivel de afectación alta mitigable de 117.076 m² y afectación alta no mitigable de 7.230 m². El costo total aproximado es de **setenta mil trescientos treinta y dos millones ochocientos treinta y siete mil quinientos sesenta y seis pesos (\$ 70.332.837.566)** representado en la Tabla 5.44.

Tabla 5.44 Área (m²) Total Construida y Costo Total de las edificaciones en riesgo alto mitigable y no mitigable ante avenida torrencial.

EDIFICACIONES EN AFECTACIÓN ALTO MITIGABLE Y NO MITIGABLE ANTE AVENIDA TORRENCIAL			
AFECTACIÓN ALTO	CANTIDAD DE EDIFICACIONES	ÁREA (m ²) TOTAL CONSTRUIDA	COSTO TOTAL POR NIVEL DE AFECTACIÓN (\$)
Mitigable	1.138	117.076 m ²	\$ 66.242.158.417
No Mitigable	94	7.230 m ²	\$ 4.090.679.149
COSTO TOTAL (\$)			\$ 70.332.837.566

Fuente: elaboración propia a partir del censo estructural y avalúo comercial por m² del municipio de Pradera.

5.5.5. Posibles pérdidas económicas en edificaciones localizadas en zona de afectación alta mitigable y no mitigable.

El producto de la probabilidad de ocurrencia, de la vulnerabilidad y el costo de los elementos expuestos por cada edificación (estructura), con base en la teoría establecida anteriormente por Gonzalez, et al (2002), aproximan a las posibles pérdidas económicas en edificaciones con afectación alto mitigable y no mitigable, las cuales se estimó en un valor aproximado de **cincuenta y nueve mil cuatrocientos cuarenta y ocho millones setecientos setenta y nueve mil seiscientos ochenta y un pesos (\$ 59.448.779.681)** y se resumen en la Tabla 5.45.

Tabla 5.45 Aproximación de posibles pérdidas económicas en edificaciones con riesgo alto mitigable y no mitigable por avenida torrencial.

EDIFICACIONES EN RIESGO ALTO MITIGABLE Y NO MITIGABLE		
AFECTACIÓN ALTA	CANTIDAD DE EDIFICACIONES	POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS EN EDIFICACIONES EN AFECTACIÓN ALTA MITIGABLE Y NO MITIGABLE (\$)
MITIGABLE	1.138	\$ 56.173.870.057
NO MITIGABLE	94	\$ 3.274.909.624
POSIBLES PÉRDIDAS ECONÓMICAS TOTALES (\$)		\$ 59.448.779.681

Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

El estudio de historicidad realizado para el municipio de Pradera desde el periodo de 1980 a julio de 2019, en relación con el fenómeno de avenida torrencial, permitió construir el catálogo y la cartografía correspondientes, donde se registraron los eventos históricos que han tenido algún tipo de afectación en la zona urbana del municipio.

Los eventos que mayoritariamente afectan el casco urbano del municipio son las inundaciones a causa de problemas o deficiencias en la infraestructura de alcantarillado, debido a que esta no tiene la capacidad suficiente para recibir el caudal de las aguas lluvias. Estos eventos tienen mayor ocurrencia en barrios como Berlín, El Jardín y Jorge Eliecer Gaitán. De igual forma, inundaciones en Barrios como San Roque, San José (ambos muy afectados en la ola invernal 2010-2011) Centro, Antonio Ricaurte y las Margaritas, pueden tener origen pluvial debido a que no se observa un afluente cerca a estos que pueda determinar lo contrario.

El barrio Berlín, además de presentar inundaciones por problemas de alcantarillado, es susceptible a avenidas torrenciales por su ubicación en las riberas del río Bolo al igual que los barrios Marsella y La Vega, que están considerados a reubicarse por el PBOT municipal.

Es necesario el desarrollo de un taller con la población del municipio que permita constatar las causas de inundación en barrios como Urbanización Portal de Castilla, El Cairo, La Colina y dar cuenta de la historicidad en barrios como Las Palmas y Praderas del Río, que a pesar de ser los más cercanos al afluente principal, no se encontró información al respecto.

La revisión bibliográfica permitió identificar que el área rural es susceptible a deslizamientos de tierra, ocasionando represamiento en los afluentes, que posteriormente generan crecientes, afectando cultivos, viviendas e infraestructura vial; además, se evidencian eventos de socavamiento lateral en las orillas del río Bolo. Los corregimientos más afectados son La Feria, Bolo Blanco, Bolo Azul, El Líbano, El Nogal y Bolo Hartonal.

En cuanto al trabajo de fotointerpretación y las observaciones de campo se evidenció que el área urbana se encuentra construida sobre secuencias de depósitos de abanicos aluviales y material aluvial provenientes de los diferentes drenajes y que estos depósitos se sobreponen e interceptan lateralmente.

El cauce del río Bolo presenta un patrón del tipo trenzado o entrelazado; es un cauce de carga mixta (carga suspendida y carga de fondo), adicionalmente el río Bolo presenta sinuosidad y su rivera tiene forma irregular, se caracteriza por tener una relación ancho profundidad alta y pendiente alta, además de una capacidad de migración lateral alta; su carga de sedimentos es grande, transportando sedimentos de gran tamaño, la velocidad de flujo también es alta al igual que la potencia de la corriente y pueden presentar deriva de cauce (avulsión); también se caracteriza por presentar varios canales separados por barras y pequeñas islas.

En cuanto al área urbana está construida principalmente sobre depósitos de abanico aluvial antiguo; y en menor proporción sobre depósitos de terrazas aluviales del río Bolo, estas zonas fue identificada como vulnerable por avenidas torrenciales en el estudio de INGEOMINAS y CVC del año 1998, que corresponde al objeto de este estudio se observó que el material de las orillas

corresponde a material no cohesivo; mostrándose como una mezcla de gravas y bloques principalmente, con algunos niveles de limos y arenas.

En el sector del barrio La Vega se observó erosión intensa en las laderas del río Bolo y usualmente en las curvas; también es evidente el relleno en algunos sectores afectados por esta erosión.

El análisis de las principales unidades geomorfológicas y características morfológicas del cauce para cada tiempo representado por las fotografías aéreas, permitió realizar una caracterización morfológica en planta de cada periodo (años 1998 y 2004). En cuanto a la tipología de barras, se observó cierta tendencia a la depositación de barras laterales y longitudinales que aparecen y desaparecen a través de los años, mientras que la formación de islas es pocas en el área de estudio.

El resultado de la integración de la fase de fotointerpretación y la fase de campo, permitió realizar el análisis multitemporal del comportamiento del río Bolo entre los años 1998 y 2016, y adicionalmente identificar los lugares que han sido modificados con rellenos antrópicos desde el año 1998 hasta el presente en el área de estudio y si esto pudo contribuir en las modificaciones de curso que ha sufrido el río Bolo.

De acuerdo al análisis multitemporal se puede decir que la movilidad de los canales del río Bolo entre el año 1998 y el 2004, se da dentro del cauce mayor y no se encontró evidencia reciente de avulsión (migración o re-direccionamiento del cauce hacia una zona de mayor pendiente) durante este periodo. Sin embargo, entre el año 2004 y 2014 se observaron algunos cambios en la dinámica, donde es evidente la extensión o expansión de algunas de las curvas del río en dirección Norte principalmente, por ejemplo, entre la Cra 15 y la Cra 13; también en inmediaciones de la Cra 9 y al NE del municipio. Asimismo, se puede notar que algunos de estos cambios coinciden con los lugares que han sido modificados con rellenos antrópicos. El canal interpretado para el año 2016 presenta una tendencia similar al del año 2014.

Se debe tener presente que las zonas de máximas crecientes extraordinarias se encuentran ocupadas por las viviendas de los barrios construidos en la planicie de inundación o terrazas aluviales del río Bolo, como el barrio La Vega y el barrio Primero de Mayo; construidos principalmente en las zonas de depósitos de terrazas aluviales bajas (Ftab).

Para el presente estudio no fue posible realizar un mapa geomorfológico debido a que no se cuenta con una base cartográfica que incluya curvas de nivel, DTM, mapa de sombras, etc); sin embargo, se realizó un trabajo de campo en el que se verificaron las Unidades Geomorfológicas reconocidas en la fotografías aéreas para el área de estudio, adicionalmente se realizaron descripciones que pueden proporcionar información valiosa en este aspecto principalmente sobre los cambios de tipo antrópico que se dieron en los últimos años.

En cuanto a la población expuesta en el área de estudio más de la mitad podría llegar a verse afectada por una avenida torrencial sin importar si el escaño es diurno o nocturno. Cabe añadir que de las construcciones a las cuales se logró ingresar el 67.84% de los habitantes se encuentra en un subnivel de amenaza por acumulación e inundación (una afectación por obstrucción y taponamiento de ciertas estructuras) es decir 2390 habitantes de 3523.

En el área de estudio con exposición alta ante la ocurrencia de Avenidas Torrenciales se tiene un total de 1129 predios, con 50 predios sin ninguna construcción y 1079 predios con por lo menos una construcción, que conforma de manera total 1232 construcciones; en la relación número de predios y nivel de amenaza se logró identificar que 837 predios se encuentran expuestos a amenaza alta por acumulación principalmente en los barrios de Berlín y Manuel José Ramírez; 115 a amenaza alta por impacto, principalmente en el barrio Marsella, seguido de Las Vegas, Manuel José Ramírez, Berlín, El Bolito y Primero de Mayo; 175 a amenazas alta por presión principalmente en Marsella, Las Vegas y Manuel José Borrero; y solo 2 a amenaza alta por socavación en el barrio Primero de Mayo; lo anterior indica que las amenaza por acumulación e inundación es la que tiene mayor cantidad de estructuras y población expuesta ante el fenómeno en estudio.

Se debe tener presente que las zonas de máximas crecientes extraordinarias se encuentran ocupadas por las viviendas de los barrios construidos en la planicie de inundación o terrazas aluviales del río Bolo, como el barrio La Vega y el barrio Primero de Mayo; construidos principalmente en las zonas de depósitos de terrazas aluviales bajas

En el Barrio de Las Vegas se encontró un predio identificado con el código 0220-0030 en las bases de datos; este predio, dice la comunidad, está destinado para un uso educativo y se encuentra expuesto a la amenaza por presión, acumulación e inundación. En la actualidad las pocas construcciones que tiene el predio son usadas por la Junta de Acción Comunal del sector. Al considerar el posible uso a futuro de este predio se hizo relevante considerarlo en el presente estudio con el fin de los resultados se tengan en cuenta para la toma de decisiones en el sector.

Las técnicas constructivas implementadas en el área de estudio (casas sin vigas o sin columnas) y el tipo de material usado (diversidad de material en una sola construcción dígame madera, ladrillo, adobe, plástico, bahareque, entre otros), sumado a los niveles de amenaza en el área de estudio hace que la resistencia de las edificaciones sea muy baja, aumentando las condiciones de vulnerabilidad en el sector

En general se logra determinar que el factor de resistencia de las edificaciones en el área de estudio de la zona urbana del municipio de pradera expuesta ante una avenida torrencial es altamente frágil, situación que favorece las condiciones de riesgo para las estructuras y la población expuesta ante el fenómeno de avenidas torrenciales

Además de las condiciones intrínsecas naturales del área de estudio, haciendo alusión a la amenaza alta en los múltiples niveles que presentan, las características constructivas del área de estudio y las condiciones sociales del sector hacen que el nivel de vulnerabilidad sea alto y marque una tendencia importante a la construcción de un escenario de afectación importante.

A pesar de que los resultados de exposición y resistencia apuntan a que la sollicitación por acumulación es la que más afecta en la zona de estudio, es muy importante prestarle atención a los sectores y a la población que se localiza donde la sollicitación es por presión e impacto, pues las posibles consecuencias del cruce de estos niveles de amenaza alta y la alta vulnerabilidad poblacional y estructural de esas áreas tienden a configurar un escenario de riesgo muy crítico.

El escenario de afectación alta mitigable se convierte en un área importante para la planificación debido a que las condiciones de riesgo se pueden reducir con un conjunto de medidas de intervención que se puedan concretar con expertos, si y solo si, los estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo se actualicen y con eso poder identificar la viabilidad de las obras.

El escenario de afectación alta no mitigable se configura sobre el costado norte de los barrios Marsella y Las Vegas, áreas que se caracterizan por ser de invasión, técnicas de construcción rudimentaria y personas de escasos recursos, situación que intensifica la configuración de las condiciones de riesgo en el área de estudio

En la zona de riesgo mitigable ante avenidas torrenciales en la zona urbana del municipio Pradera se tienen 1138 construcciones en un área de 117075,5 m², es decir un 94,18% del área total, principalmente en los barrios de Marsella, Manuel José Ramírez, Primero de Mayo, Berlín y Las Vegas. En riesgo alto no mitigable se tienen 94 edificaciones bajo esta condición distribuidas en un área de 7229,81 m², es decir el 5,82% del área total, de estas construcciones se encuentran 42 en el barrio Las Vegas con una población aproximada de 123 habitantes, en el barrio Marsella 48 edificaciones con 158 habitantes, se encuentran en condición de riesgo no mitigable y en el barrio Manuel José Ramírez 4 edificaciones con 11 personas respectivamente.

Con relación a las líneas vitales de vías y electricidad la mayoría se encuentra en riesgo alto mitigable, lo que indica que con un buen estudio técnico e inversión pública y privada en obras ingenieriles, biomecánicas y sociales se puede disminuir este nivel de afectación, con respecto al riesgo alto no mitigable se tiene un total de 156,9 m de red vial y 6 postes eléctricos, es pertinente buscar mediadas viables para eliminar o transformar las condiciones de estas vías y los postes eléctricos. Cabe resaltar que estos elementos se encuentran en barrios, productos de invasión que con el tiempo han formado fronteras invisibles que puede impedir el acceso al sector.

Las posibles pérdidas económicas en el perímetro urbano a causa de una avenida torrencial teniendo encuentra las edificaciones y la red de líneas vitales las pérdidas totales aproximadamente son de **sesenta y cinco mil trescientos cuarenta y seis millones veintitrés mil seiscientos cuatro pesos (\$65.346.023.604).**

En cuanto a las posibles pérdidas económicas en edificaciones con afectación alto mitigable y no mitigable, se estimó en un valor aproximado de **cincuenta y nueve mil cuatrocientos cuarenta y ocho millones setecientos setenta y nueve mil seiscientos ochenta y un pesos (\$ 59.448.779.681)**

RECOMENDACIONES

Es pertinente realizar la actualización del estudio de amenaza por avenidas torrenciales en el perímetro urbano del municipio de Pradera a causa del río Bolo, debido a que en esta etapa se expresaron cálculos de pérdidas económicas y escenarios de posible inversión económica a corto plazo que impulsa un gran esfuerzo económico, político y humano desde todos los ámbitos territoriales. Gracias a las dinámicas cambiantes de los ríos torrenciales no es pertinente hacer planificación sobre un escenario de amenaza que tiene más de 20 años. Con la actualización de los estudios de amenaza se sugiere inmediatamente la actualización de escenarios de vulnerabilidad y riesgos.

Dado que en los resultados existe algún grado de incertidumbre, es importante considerar que para las zonas de riesgo mitigable y no mitigable debe hacerse un análisis muy riguroso en conjunto con las autoridades y entidades vinculadas a la gestión del riesgo en términos de validar y acompañar esta delimitación de áreas que se están proponiendo con base en los insumos que se obtuvo.

Así mismo realizar un seguimiento permanente a los diferentes factores de afectación por la autoridad municipal y las entidades privadas implicadas en los procesos de gestión del riesgo en el municipio, debido a la complejidad de las interacciones presentes en escenarios sociales y ambientales donde la dinámica de los procesos es variable.

Por otra parte se considera que se debe ejercer mayor control de ocupación en las áreas definidas como franjas de protección del río Bolo localizadas en la zona urbana del municipio teniendo en cuenta la Ley 1450 de 2011 de rondas hídricas y ratificada por la CVC para el Valle del Cauca mediante la Resolución 0100 N° 0500 0574 del 2 de septiembre de 2015” Por el cual se expiden determinantes ambientales a escala departamental es estructuras ecológica y amenaza y riesgos para los procesos de planificación territorial en las áreas de jurisdicción de la CVC, en ella definen una franja de 30 metros paralela a ambos lados del cauce.

Actualizar el Plan Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres e incorporarlo en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT), teniendo en cuenta este estudio, en el cual se realizó la zonificación del escenario de afectación, el cálculo de posibles pérdidas, además delimitación de las zonas de riesgo alto mitigable y no mitigable ante avenidas torrenciales, sin olvidar la actualización de la amenaza, por ende, hacer el ajuste de vulnerabilidad y riesgo.

Finalmente considerar la realización de los estudios de amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación en la zona rural del municipio.

REFERENCIAS

- Aparicio, J. (2003). Lluvias e inundaciones. Recuperado de: <http://www.iaem.es/GuiasRiesgos/Lluviaseinundaciones.pdf>
- Aristizábal, E; Arango M; García, I. (2020). Definición y clasificación de las avenidas torrenciales y su impacto en los Andes colombianos. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 29 (1): 242-258. doi:10.15446/rcdg.v29n1.72612.
- Asociación Colombiana de ingeniería Sísmica (AIS). (2010) Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Asociación Colombiana del Petróleo ACP (2016). Infraestructura vial. Informe de Gestión Social. Colombia Recuperado de: <https://acp.com.co/web2017/es/infraestructura-vial>
- Caballero, J. H. (2011). Las avenidas torrenciales una amenaza potencial en el valle de Aburrá. En Gestión y Ambiente (págs. 45-50)
- Cardona, O D (1993). *Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo*. En: Los desastres no son naturales, comp. Andrew Maskrey, 45-65. Lima: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina: La Red.
- Carvajal, J.H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Colección Guías y Manuales, Servicio Geológico Colombiano. Bogotá
- Concejo Municipal de Pradera Valle del Cauca (2002). Acuerdo N° 019 de 2002. Por el cual se adopta el “Plan Básico de Ordenamiento Territorial para el municipio de Pradera”. Pradera, Colombia.
- Concejo Municipal de Pradera Valle del Cauca. (2016). Diagnostico Plan Municipal de Desarrollo 2016-2019. Pradera, Colombia.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) (2001). Resolución N°. 144.del 13 de noviembre de 2001 “Por la cual se expiden normas para regular el acceso a la infraestructura eléctrica para la prestación del servicio de televisión, de conformidad con los establecido en el Artículo 13 de la Ley 680 de 2001. Colombia. Recuperado de: <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-2001-CREG144-2001>
- Consejo Municipal el Concejo Municipal (2016). Acuerdo N° 009 del 8 de junio de 2016, “Por el cual se adopta el Plan de Desarrollo del Municipio de Pradera, Valle del Cauca, denominado “Pradera Crece” para el periodo 2016 – 2019. Pradera, Colombia.
- Congreso de la Republica de Colombia (18 de diciembre de 1974). Decreto 2811 de 1974. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. DO: 34.243
- Congreso de la Republica de Colombia (24 de julio de 1997). Ley de Ordenamiento Territorial “Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones” (Ley 388 de 1997). DO: 43.091
- Congreso de la Republica de Colombia (16 de junio de 2011). Ley 1450 de 2011 "Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014" DO: 48102
- Congreso de la Republica de Colombia (24 de abril de 2012). Ley de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Ley 1523 de 2012). DO: 48.411
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) (1998). Vuelo CVC_ FAL_407 F-04 fotos 638, 639 y 640 del año 1998.

- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) (2015). Resolución 0100 N° 0500 0574 del 2 de septiembre de 2015” Por el cual se expiden determinantes ambientales a escala departamental es estructura ecológica y amenaza y riesgos para los procesos de planificación territorial en las áreas de jurisdicción de la CVC. Santiago de Cali, Colombia.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2016). Encuesta de calidad de vida 2016. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/calidad-de-vida-ecv/encuesta-nacional-de-calidad-de-vida-ecv-2016>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2018). Proyecciones de Población por Área 2005-2020. Bogotá, Colombia
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2018). Censo nacional de población y vivienda. Tabla de datos - Viviendas, Personas y Hogares - Total de unidades de vivienda con personas presentes. Bogotá DC. Colombia. Recuperado de: <http://geoportal.dane.gov.co/geovisores/sociedad/cnpv-2018/?lt=4.5961855279822394&lg=-75.94949380899999&z=12>
- Dirección General de Programación Multianual del Ministerio de Economía y Finanzas DGPM-MEF (2007). Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo. Documento 1, Serie Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de Desastres. Lima: (DGPM-MEF y PDRS-GIZ).
- Du, J., Yin, K., Nadim, F., & Lacasse, S. (2013). Quantitative vulnerability estimation for individual landslides. In *Proceedings of the 18th international conference on soil mechanics and geotechnical engineering, Paris* (pp. 2181-2184).
- Du, J., Yin, K., Lacasse, S., & Nadim, F. (2014). Quantitative vulnerability estimation of structures for individual landslide: application to the Metropolitan Area of San Salvador, El Salvador. *Electron J Geotech Eng*, 19, 1251-1264.
- Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (EPM) (2015a). Especificaciones técnicas de postes de concreto. <https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Energia/EspecificacionesTecnicas/Postes/ET-TD-ME04-01 POSTES DE CONCRETO.PDF>
- Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (EPM) (2015b). Especificaciones técnicas de postes metálicos. Recuperado de: <https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Energia/EspecificacionesTecnicas/Postes/ET-TD-ME04-02 POSTES METÁLICOS 15-12-2015.pdf>
- Gavidía, J. (1988). Evaluación de los efectos económicos y sociales de los desastres naturales y la planificación de los asentamientos. Unidad Conjunta CEPAL/CNUAH de Asentamientos Humanos. Santiago de Chile.
- Gobernación del Valle del Cauca (2014). Total equipos entregados computadores para educar. *Programa computadores para educar*. Valle del Cauca, Colombia.
- Gobernación del Valle del Cauca (2019). Listado de análisis unitarios. Valle del Cauca, Colombia.
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., y Oteo, C. (2002). Ingeniería geológica. Madrid: Pearson Educación.
- González, J., Chávez, O y Hermelín, M. (2005). Aspectos geomorfológicos de la avenida torrencial 31 de enero de 1994 en la cuenca del río Fraile y sus fenómenos asociados. Desastres de origen natural en Colombia 1979-2004, M. Hermelín, ed., Medellín: Universidad EAFIT.
- González Mora, R. (2006). Vida Útil Ponderada de Edificaciones. Costa Rica.
- Heinimann, H.R. (1999). Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren Fallbeispiele & Daten. Umwelt-Materialien NR. 107/II. Naturgefahren.

- Ibañez, D., Castro, E., Arturo J., Pérez, R. y Cuellar M. (2012). Geología y Geomorfología para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa en el municipio de Soacha, Cundinamarca, Colombia. Servicio Geológico Colombiano.
- Instituto de Investigación en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS) y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) (1998). Zonificación de amenaza y riesgo por avenidas torrenciales de la cabecera municipal de Pradera - Valle del Cauca. *Santa fe de Bogotá, DC*.
- Instituto de Investigación en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS) y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) (2001). Evaluación del Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa. Guía Metodológica. *Santa fe de Bogotá, DC*: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Instituto de Investigación en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS) (2012). Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Bogotá D.C. 88p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). Promedios Climatológicos 1981-2010. Colombia .
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (2013). Unidades Geomorfológicas del Territorio colombiano.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2004). Vuelo del IGAC C2733_fotos 47, 48, 49, 50, 58, 59, 60, 61, 62, 73, 74, 75 y 76 del año 2004.
- Institución Educativa Ateneo (2018). Informe de gestión anual. Pradera, Valle del Cauca.
- Instituto Nacional de Vías (2019). Análisis de precios unitarios para el Valle 2019-2. Valle del Cauca, Colombia.
- Kaminski, S., Lawrence, A. & Trujillo, D. (2016). Guía de Diseño para la Vivienda de Bahareque Encementado. Informe técnico de INBAR N° 38.
- Koutroulis, Aristeidis G., e Ioannis K. Tsanis. (2010). A Method for Estimating Flash Flood Peak Discharge in a Poorly Gauged Basin: Case Study for the 13-14 January 1994 Flood, Giofiros Basin, Crete, Greece. *Journal of Hydrology* 385 (1-4): 150-164.doi: 10.1016/j.jhydrol.2010.02.012.
- Léone, F. (1996). Concept de vulnérabilité appliqué à l'évaluation des risques générés par les phénomènes de mouvements de terrain (Doctoral dissertation
- Li, Z., Nadim, F., Huang, H., Uzielli, M., y Lacasse, S. (2010). Quantitative vulnerability estimation for scenario-based landslide hazards. *Landslides*, 7(2), 125-134.
- McCourt, et. al., (1985). Geología de la Plancha 300 – Cali. Escala 1:100.000. INGEOMINAS. of the fluvial system sedimentologic implication. *Soc. Of Economi. Paleontol. and Mineralogists Spec. Publ. No. 31:19-29*.
- Ministerio de Agricultura (1977). Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974. DO: 34827
- Ministerio de Educación Nacional (2011). Datos abiertos. Recuperado de https://www.mineducacion.gov.co/1759/w3-article-261134.html?_noredirect=1
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2014). Guía técnica para la formulación de los POMCAS N°104. Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). Decreto 2245 del 29 de diciembre de 2017 "Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y

- Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas". Bogotá DC, Colombia.DO: 50461
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018). Resolución 0957 del 31 de mayo de 2018 Por la cual se adopta la Guía Técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia y se dictan otras disposiciones. Bogota DC. Colombia
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y Universidad Nacional de Colombia. (2013). Implementación de la guía para el acotamiento de rondas hídricas en tres corrientes prioritizadas y proponer metodologías de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en cuencas. Informe Final: Metodología para la evaluación del riesgo en los POMCAs. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Salud y Territorio de Colombia (1998). Decreto 879 del 13 mayo de 1998 Por el cual se reglamentan las disposiciones referentes al ordenamiento del territorio municipal y distrital y a los planes de ordenamiento territorial DO: 43.300
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia (2011). Informe de Colombia Humanitaria sobre Resoluciones, Instructivos y otros. Recuperado de: https://www.minsalud.gov.co/comunicadosPrensa/Documents/instructivo_colombia_humitaria.pdf
- Ministerio de Vivienda, Salud y Territorio de Colombia (2014). Decreto 1807 del 19 septiembre de 2014. "Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones". Recuperado de: http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/SRR/decreto_1807_19_%20septiembre_2014.pdf
- Ministerio de Vivienda, Salud y Territorio de Colombia (2015). Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015. " Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio". Recuperado de: <http://www.minvivienda.gov.co/NormativaInstitucional/1077%20-%202015.pdf>
- Montes E, Sandoval A. (2001). Base de datos de fallas activas de Colombia recopilación bibliográfica.
- Montes, J. (2012). Recuperación, rehabilitación y mantenimiento de la malla vial. Bogotá, Colombia.
- Naciones Unidas Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres -UNISDR. (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Ginebra Suiza.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2013). Conceptos y guía de análisis de impacto en salud para la Región de las Américas. Área de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. Washington, DC.
- Portilla, M., et al (2015). Memoria explicativa mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa. Plancha 300-Cali. Escala 1:100.000. Bogotá.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2010). Gestión de Riesgo Climático. Buró de Prevención de Crisis y Recuperación.
- Ragozin, A. L., & Tikhvinsky, I. O. (2000). Landslide hazard, vulnerability and risk assessment. Landslides in research, theory and practice, 1257-1262.
- Ramonell, G (1997). Geomorfología de Cauces Aluviales. Guía didáctica. Universidad Nacional del Litoral. Argentina.
- Rodríguez de la Torre, F. 1993. Lecturas sistemáticas de prensa periódica. Hacia una revisión de la sismicidad europea durante los siglos XVII y XVIII. En: Historical investigation of European earthquakes. M. Stucchi, editor. CNR. 1: 247-258.

- Salcedo, E. (2015). Informe de análisis de la vulnerabilidad y el riesgo. En estudio de la vulnerabilidad y riesgos derivados del flujo de lodo del volcán nevado del Huila. Grupo de Estudios Ambientales GEA. Universidad del Cauca. Popayán. 44 pp.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC) (2016). Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. *Bogotá, DC, Colombia*.
- Schumm, SA (1981). Evolution and response of the fluvial system, sedimentologic implications. Soc. Of Econom. Paleontol, and Mineralogistic Spec. Publi. N°31:19-29.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) (2013). Guía metodológica para la elaboración de planes departamentales de gestión del riesgo de desastres. Bogotá: UNGRD.
- Uzielli, M., Lacasse, S., Nadim, F. y Phoon, K. K. (2006). Soil variability analysis for geotechnical practice. Characterization and engineering properties of natural soils, 3, 1653-1752.
- Uzielli, M., Nadim, F., Lacasse, S., y Kaynia, A. M. (2008). A conceptual framework for quantitative estimation of physical vulnerability to landslides. *Engineering Geology*, 102(3-4), 251-256.

Bases de datos

- Corporación OSSO- Colombia, LA RED y UNIDR (2019). *Desinventar. Sistema de inventario de efectos de desastres*. Recuperado de <http://www.deSinventar.org/es/> Consultado febrero de 2019
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (2017). Emergencias naturales Datos abiertos. Recuperado de: <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Emergencias-Naturales/xjv9-mim9/data>. Consultado febrero de 2019

ANEXOS

1. Fichas de reporte de eventos históricos de avenida torrencial
- Mapas tamaño Pliego
2. Mapa de Historicidad de reportes de avenida torrencial del municipio de Pradera
 3. Mapa de Zonificación de Vulnerabilidad por avenida torrencial
 4. Mapa de Afectación por avenida torrencial

Anexo 1.1. Reportes históricos de inundación en el área urbana del municipio de Pradera durante el periodo 1980 – febrero del 2019

ID	FECHA DEL EVENTO	AFLUENTE	LOCALIZACIÓN	SECTOR		CAUSA	AFECTACIONES				OBSERVACIONES	TIPO DE FUENTE DE INFORMACIÓN	LOCALIZACIÓN
	DÍA/MES/AÑO		URBANA	BARRIO	DIRECCIÓN		N° VIVIENDAS AFECTADAS	N° DAMNIFICADOS	PERDIDAS ECONOMICAS	OTROS			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I-1	26/04/1984	ND	X	ND	carrera 12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-2	27/04/1984	ND	X	ND	Calle 7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				ND	Calle 9								
				ND	Calle 6 # 13 - 30								
I-3	31/04/1994	Río Bolo	X	Las Vegas	ND	Lluvias	ND	ND	ND	ND	Desbordamiento del Río Bolo	Periódico- El País, Convenio CVC- Ingeominas de Zonificación de Amenaza y Riesgo por Avenidas Torrenciales de la Cabecera Municipal de Pradera-Valle del Cauca	Hemeroteca, Biblioteca Departamental Jorge Garcés Borrero , en línea
I-4	30/10/1995	ND	X	ND	Calle 2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				El Bolito	ND								
I-5	03/11/1995	ND	X	ND	carrera 14 # 6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-6	19/11/1995	ND	X	ND	Calle 7 # 16-70	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-7	29/11/1995	ND	X	ND	carrera 12 # 2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-8	05/02/1996	ND	X	ND	carrera 16 # 7- 59	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-9	03/04/1996	ND	X	La Libertad	Calle 9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-10	30/06/1996	ND	X	Alto Castillo	Calle 8 # 3- 07	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				ND	carrera 10 # 4 - 17								
I-11	02/11/1996	ND	X	ND	Estadio	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-12	27/01/1997	ND	X	Berlin	carrera 7 # 1 - B66	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera

ID	FECHA DEL EVENTO	AFLUENTE	LOCALIZACIÓN	SECTOR		CAUSA	AFECTACIONES				OBSERVACIONES	TIPO DE FUENTE DE INFORMACIÓN	LOCALIZACIÓN
	DÍA/MES/AÑO		URBANA	BARRIO	DIRECCIÓN		N° VIVIENDAS AFECTADAS	N° DAMNIFICADOS	PERDIDAS ECONOMICAS	OTROS			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I-13	05/02/1997	ND	X	La Libertad	carrera 9 entre Calle 16 y Calle 17	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-14	01/05/1998	ND	X	ND	Calle 11 # 6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-15	01/06/1998	ND	X	ND	carrera 9 # 5 - 63	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-16	16/07/1998	ND	X	ND	Calle 14 # 12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-17	22/09/1998	ND	X	Villa Marina	Manzana 9 casa 16	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-18	10/01/1999	ND	X	ND	Calle 8 con carrera 10 Y carrera 11	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-19	30/04/1999	ND	X	ND	Calle 10, frente al hospital	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-20	25/08/1999	ND	X	ND	carrera 12 # 2-27	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-21	11/09/1999	ND	X	ND	K 9 # 1a - 38	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-22	01/10/1999	ND	X	ND	Calle 6 # 2 - 25	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-23	26/02/2000	ND	X	ND	Calle 5 # 14	ND	6	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
					carrera7 # 1b - 88								
					carrera 7 # 3- 42								
				Comuneros	carrera 19 # 10 - 70								
				Comuneros	carrera 19 # 9 - 152								
				Berlín	carrera 7 # 1b- 66								
				ND	Calle 11 # 19- 62								
				ND	carrera 12 # 2-56								
				Comuneros	carrera 19 # 10 - 18								
				Comuneros	Calle 10 # 19a - 73								
				Manuel José Ramírez	carrera 7 # 1d - 29 - 41								
				ND	carrera 8 # 4 - 37								

ID	FECHA DEL EVENTO	AFLUENTE	LOCALIZACIÓN	SECTOR		CAUSA	AFECTACIONES				OBSERVACIONES	TIPO DE FUENTE DE INFORMACIÓN	LOCALIZACIÓN		
	DÍA/MES/AÑO		URBANA	BARRIO	DIRECCIÓN		N° VIVIENDAS AFECTADAS	N° DAMNIFICADOS	PERDIDAS ECONOMICAS	OTROS					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
I-24	23/10/2000	ND	X	ND	carrera 16 entre Calle 7 y 8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera		
I-25	27/12/2000	ND	X	ND	Calle 6 # 4 - 19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera		
I-26	15/03/2001	ND	X	Berlín	carrera 3a # B-108	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera		
I-27	16/03/2001	ND	X	El Cairo	Calle 9	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera	
				ND	carrera 16 # 7										
I-28	13/12/2001	ND	X	Villa Marina	Manzana 9, casa 18	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera		
I-29	05/03/2002	ND	X	Comuneros	carrera 19 # 10-70	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera		
I-30	23/03/2002	ND	X	Bello Horizonte	carrera 13 # 10a-22	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera		
I-31	24/04/2002	ND	X	Berlín	C 1b # 19- 20 entre K 6 y 7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera	
				Comuneros	carrera 20 transversal 7	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-32	09/11/2002	ND	X	ND	Calle 10, enseguida al Bolito	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera	
		Río Bolo		La Playita	ND						Creciente del río Bolo				
I-33	13/11/2002	ND	X	ND	carrera 9 # 8 - 70	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera		
I-34	04/12/2002	ND	X	ND	carrera 10 # 1 - 74	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera	
		Acequia el Bolito		ND	carrera 12 # 3										1
		ND		Berlín	Calle 2 # 3 - 02										ND
		ND		Berlín	ND										ND
		ND		ND	carrera 7 # 1b-38										ND
I-35	08/12/2002	ND	X	Berlín	Calle 2 # 2 - 129	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera	
				Berlín	Calle 2 # 3 - 02										ND
				ND	carrera 13 # 3										ND
				La Lorena	Manzana k, casa 26										1
I-36	09/05/2003	ND	X	Comuneros	Calle 12 # 17-10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta			

ID	FECHA DEL EVENTO	AFLUENTE	LOCALIZACIÓN	SECTOR		CAUSA	AFECTACIONES				OBSERVACIONES	TIPO DE FUENTE DE INFORMACIÓN	LOCALIZACIÓN
	DÍA/MES/AÑO		URBANA	BARRIO	DIRECCIÓN		N° VIVIENDAS AFECTADAS	N° DAMNIFICADOS	PERDIDAS ECONOMICAS	OTROS			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
				ND	Calle 8b # 19 - 24								Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				El Cairo	Calle 11 # 5-20								
				ND	carrera 20 # p 7 - 44								
I-37	11/05/2003	ND	X	ND	carrera 20 # 7 - 45	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-38	22/08/2003	ND	X	ND	Calle 8 # 3-27	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				ND	Calle 5 # 14-67			ND					
				ND	Calle 5 # 16			ND					
				ND	Calle 7 # 15- 26			ND					
				ND	carrera 16 # 7 - 59			ND					
				ND	Calle 11 # 19-48			ND					
				Comuneros	carrera 20 # 10			ND					
				ND	Calle 5 # 14 - 67			ND					
				ND	Calle 5 # 16			ND					
				ND	Calle 11 # 19-56			ND					
				ND	Calle 10 # 19- 43			ND					
				ND	Calle 4 # 5 - 40			ND					
				ND	Calle 3 # K 12			ND					
				ND	carrera 15 # 6 - 68			ND					
				ND	carrera 9 # 1			ND					
				ND	Parque infantil vía a Palmira			ND					
				ND	carrera 3 # 3K			ND					
				Comuneros	carrera 20 # 7 - 24			ND					
				ND	carrera 20 # 7 - 30			ND					
				ND	carrera 20 # 7 - 36			ND					
				ND	carrera 20 # 7 - 44			ND					
				ND	carrera 20 # 7 - 52			ND					
				ND	carrera 20 # 7 - 58			ND					
ND	carrera 20 # 7 - 66	ND	Colchones, ropa, cobijas y alimentos										
ND	carrera 20 # 7 - 72	12	Alimentos, colchones, cobijas										
ND	carrera 20 # 7 - 80	ND	ND										
ND	carrera 20 # 7 - 86	ND	ND										
ND	carrera 20 # 7 - 92	ND	enseres, ropa, colchones, frascadas										
ND	carrera 15 # 11 - 125	ND	ND										
I-39	08/10/2003	ND	X	ND	carrera 7 # 9 - 54	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-40	06/03/2004	ND	X	La Colin	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-41	28/08/2004	ND	X	ND	carrera 4a # 2 - 46	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos

ID	FECHA DEL EVENTO	AFLUENTE	LOCALIZACIÓN	SECTOR		CAUSA	AFECTACIONES				OBSERVACIONES	TIPO DE FUENTE DE INFORMACIÓN	LOCALIZACIÓN	
	DÍA/MES/AÑO		URBANA	BARRIO	DIRECCIÓN		N° VIVIENDAS AFECTADAS	N° DAMNIFICADOS	PERDIDAS ECONOMICAS	OTROS				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
													Voluntarios de Pradera	
I-42	20/10/2004	ND	X	ND	Colegio Coperativo	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera	
I-43	21/10/2004	ND	X	El Jardín	El Jardín	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera	
I-44	02/11/2004	ND	X	Los Pinos	carrera 7 # 6 - 20	Lluvias	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Obstrucción de cañería	
				Berlín	ND	Lluvias								Obstrucción de cañería
				Comuneros	ND	Lluvias								
				ND	Calle 2 # 4 diagonal	ND								
I-45	16/03/2005	ND	X	ND	carrera 16 # 6 - 45	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
				ND	Calle 1 # 2 - 122									
				ND	Parque infantil Club Noel									
				Puertas del Sol	Manzana 1 , lote 2									
				Marsella	Calle 9 # 1 - 65									
				ND	Hospital San Roque									
				Comuneros	carrera 20 a # 12 - 35									
I-46	24/04/2005	ND	X	ND	Calle 2 # 1a - 32	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
				ND	carrera 15 # 6 - 68									
				ND	carrera 16 # 7 - 59									
I-47	20/06/2005	ND	X	ND	Calle 9 # 3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
				ND	carrera 9 # 8 - 83									
				Comuneros	carrera 20									
				ND	Calle 8a # 3									
I-48	07/03/2006	ND	X	La Lorena	Manzana J , casa 18	Lluvias	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Desinventar	
				ND	carrera 12 # 13 - 15									
				La Libertad	carrera 15 # 9 - 10									
I-49	16/10/2007	ND	X	ND	carrera 11 # 10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos	

ID	FECHA DEL EVENTO	AFLUENTE	LOCALIZACIÓN	SECTOR		CAUSA	AFECTACIONES				OBSERVACIONES	TIPO DE FUENTE DE INFORMACIÓN	LOCALIZACIÓN
	DÍA/MES/AÑO		URBANA	BARRIO	DIRECCIÓN		N° VIVIENDAS AFECTADAS	N° DAMNIFICADOS	PERDIDAS ECONOMICAS	OTROS			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
													Voluntarios de Pradera
I-50	21/02/2008	ND	X	ND	carrera 11 # 3 - 47	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				Comuneros	carrera 20 # 7 - 80		1	5			Agua subio 50 cm		
				ND	Calle 5 # 12 - 24		ND	ND			ND		
				ND	Calle 5 # 12 - 34		ND	ND			ND		
				ND	Calle 5 # 12 - 22		ND	ND			ND		
				ND	Calle 5 # 13 - 48		ND	ND			ND		
				ND	Calle 5 # 13 - 70		ND	ND			ND		
				ND	carrera 11 # C 14		ND	ND			ND		
				Serrezuela	ND		ND	ND			ND		
				ND	carrera 8b # 19-24		ND	ND			ND		
I-51	13/04/2008	ND	X	ND	Calle 8 # 6 - 36	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				Serrezuela	Calle 2 # 18- 80						Alcantarillas tapadas		
I-52	29/04/2009	ND	X	ND	carrera 12 # 7 - 67	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				ND	Calle 11 # 18 - 33								
				ND	carrera 16 # 7								
				ND	Calle 8 # 7 - 12								
				ND	Calle 11 # 5								
				ND	Calle 2b # 3a								
				ND	Calle 8 # 4 - 40								
				ND	Calle 7 # 15 - 74								
				ND	Calle 11 # 20								
				ND	carrera 21 # 7 - 47								
				ND	carrera 9 # 9 - 46								
				ND	Calle 11 # 8								
				ND	carrera 15 # 8-85								
				ND	carrera 15 # 11 - 53								
ND	carrera 15 # 8 - 85												
I-53	03/05/2009	ND	X	ND	carrera 12 # 8	ND	ND	ND	ND	ND	autoatrapado en corriente	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				Comuneros	Calle 10 # 19						ND		
				Portal de Castilla	ND						ND		
				ND	Calle 7 # 15 - 74						ND		
				ND	carrera 21 # 7 - 22						ND		
SL-54	20/10/2010	Río Bolo	X	Las Vegas	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Caudal alto del río Bolo	Archivo - Minuta, Información Defensa Civil Pradera	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera, Secretaría de Gestión del Riesgo Pradera
				ND	Calle 1 entre carrera 10 y 11								
				Marsella	ND								
I-55	02/12/2010	Río Bolo	X	ND	Acuavalle	ND	ND	ND	ND	1 maquina pesada	Palizada	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-56	15/12/2010	Río Bolo	X	ND	Calle 6 # 16	ND	ND	ND	ND	ND	Creciente del río Bolo	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				ND	carrera 6 # 8 - 55								
				Serrezuela	Calle 4								
				Comuneros	Calle 10 # 20								
				Portal de Castilla	Portal de Castilla								
				Villa Marina	ND								

ID	FECHA DEL EVENTO	AFLUENTE	LOCALIZACIÓN	SECTOR		CAUSA	AFECTACIONES				OBSERVACIONES	TIPO DE FUENTE DE INFORMACIÓN	LOCALIZACIÓN
	DÍA/MES/AÑO		URBANA	BARRIO	DIRECCIÓN		N° VIVIENDAS AFECTADAS	N° DAMNIFICADOS	PERDIDAS ECONOMICAS	OTROS			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
				Las Vegas	carrera 9		1						
I-57	24/03/2011	ND	X	ND	Hospital San Roque	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				ND	carrera 8 # 4 - 45								
				Portal de Castilla	Manzana A, Casa 30								
				Comuneros	carrera 20a # 7 . 26								
				El Cairo	ND								
I-58	07/11/2011	ND	X	La Esperanza	carrera 11 # 13- 21	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Informe de Emergencia- Cuerpo de Bomberos	Secretaría de Gestión del Riesgo Pradera
				Portal de Castilla	Manzana B, K 14								
				ND	Calle 7 # 7 - 30								
				Comuneros	carrera 19 # 9 - 96								
				Manuel José Ramírez	Manzana 8, casa 2								
				Berlín	carrera 2a # 1 - 19								
				Manuel José Ramírez	Manzana 2, casa 23								
				Serrezuela	Manzana 2, casa 23								
I-59	12/11/2011	Río Bolo	X	ND	carrera 10	Lluvias	2	14	ND	ND	Palizada	Informe de Emergencia- Cuerpo de Bomberos	Secretaría de Gestión del Riesgo Pradera
I-60	12/02/2013	ND	X	ND	carrera 19 # 1 - 23	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				ND	Calle 1a # 18 - 98								
I-61	14/02/2013	ND	X	Marsella	carrera 11 # 1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-62	18/11/2013	ND	X	ND	Calle 8 # 12 - 29	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				ND	Calle 7 # 12 - 58								
				ND	K 20a # 12 - 17								
				ND	carrera 5 # 4 - 58								
				ND	carrera 4 # 6 - 29								
				ND	carrera 5 # 5 - 18								
				ND	Calle 9 # 12 - 37								
				ND	Calle 12 # 20								
				Comuneros	carrera 20 # 7 - 24								
				ND	carrera 20a # 7 - 32								
				ND	carrera 20a # 7 - 18								
				ND	carrera 20 # 5 - 32								
				ND	Diagonal 7 # 9 15								
				ND	carrera 21 # 12								
I-63	23/12/2013	Río Bolo	X	ND	Marsella	Creciente del río Bolo	5	28	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera

ID	FECHA DEL EVENTO	AFLUENTE	LOCALIZACIÓN	SECTOR		CAUSA	AFECTACIONES				OBSERVACIONES	TIPO DE FUENTE DE INFORMACIÓN	LOCALIZACIÓN
	DÍA/MES/AÑO		URBANA	BARRIO	DIRECCIÓN		N° VIVIENDAS AFECTADAS	N° DAMNIFICADOS	PERDIDAS ECONOMICAS	OTROS			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
I-64	16/09/2014	ND	X	ND	carrera 12 # 8	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-65	01/10/2015	ND	X	Berlín	carrera 7a # 1 - 04 / Berlín	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				ND	Hospital Local								
I-66	18/05/2016	ND	X	Berlín	carrera 7b # 24 / Serrezuela	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
				ND	carrera 7 # 1b- 04								
				ND	carrera 7 # 1b- 02								
				ND	carrera 7 # 1b- 13								
I-67	01/10/2016	ND	X	ND	Calle 6e # 1 - 18	ND	Alcantarillado	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-68	09/07/2018	ND	X	Manuel José Ramírez	Manzana 17, casa 22	Cañerías	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera
I-69	23/02/2019	ND	X	Portal de Castilla	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Archivo - Minuta	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera

Fuente: elaboración propia

Anexo 1.2. Reportes históricos de socavación lateral en el área urbana del municipio de Pradera durante el periodo 1980 – febrero del 2019

ID	FECHA DEL EVENTO	AFLUENTE	LOCALIZACIÓN	SECTOR		CAUSA	AFECTACIONES				OBSERVACIONES	TIPO DE FUENTE DE INFORMACIÓN	LOCALIZACIÓN
	DÍA/MES/AÑO		URBANA	BARRIO	DIRECCIÓN		N° VIVIENDAS AFECTADAS	N° DAMNIFICADOS	PERDIDAS ECONOMICAS	OTROS			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SL-1 (54)	20/10/2010	Río Bolo	X	Las Vegas	ND	ND	ND	ND	ND	ND	Caudal alto del río Bolo	Archivo - Minuta, Información Defensa Civil Pradera	Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Pradera, Secretaría de Gestión del Riesgo Pradera
				ND	Calle 1 entre carrera 10 y 11								
				Marsella	ND								

Fuente: elaboración propia