

CONTRATO DE CONSULTORÍA NO. 19-6-0145-0-2015: “Elaborar (Formular) los Planes de Ordenación y Manejo de las cuencas hidrográficas del Río Guatapurí (Código 2801-01) y del Río Bajo Cesar – Ciénaga de Zapatosa (Código 2805-02)”, en el marco del Proyecto “Incorporación del Componente de Gestión del Riesgo como Determinante Ambiental del Ordenamiento Territorial en los Procesos de Formulación y/o Actualización de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas Afectadas por el Fenómeno de la Niña 2010-2011”.



Consorcio
Guatapurí–Cesar

CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE RIESGO

FORMULACIÓN
POMCA
RÍO GUATAPURÍ



Plan de Ordenación y Manejo
de la Cuenca Hidrográfica

Valledupar, 05 de septiembre de 2019.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
7. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE RIESGO	1
7.1 OBJETIVOS	4
7.1.1 Objetivo General	4
7.1.2 Objetivos Específicos.....	4
7.2 CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA DE AMENAZAS Y EVENTOS AMENAZANTES.....	4
7.2.1 Recopilación de Información de Eventos Históricos.....	5
7.2.2 Validación de Eventos	16
7.2.3 Análisis de Resultados.....	18
7.3 IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FENÓMENOS AMENAZANTES Y EVALUACIONES DE LA AMENAZA.....	46
7.3.1 Marco teórico Conceptual	46
7.3.2 Movimientos en Masa	47
7.3.3 Inundaciones.....	168
7.3.4 Avenidas Torrenciales	209
7.4 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	265
7.4.1 Resumen.....	265
7.4.2 Introducción.....	265
7.4.3 Variables Temáticas	266
7.4.4 Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad.....	267
7.4.5 Determinación de la Vulnerabilidad	335
7.4.6 Análisis de Vulnerabilidad.....	342
7.5 ANÁLISIS DEL RIESGO	351
7.5.1 Resumen.....	351
7.5.2 Alcance	351
7.5.3 Metodología Empleada para el Análisis de Riesgos	351
7.5.4 Análisis de Riesgos por Movimientos en Masa	352
7.5.5 Análisis de Riesgo por Inundaciones.....	357
7.5.6 Análisis de Riesgo por Avenidas Torrenciales	364
7.6 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES DE INFORMACIÓN.....	369
7.6.1 Identificación de necesidades de información Movimientos en Masa.....	369
7.6.2 Identificación de necesidades de información Inundaciones	369
7.6.3 Identificación de necesidades de información Avenidas Torrenciales	370
7.6.4 Identificación de necesidades de información Incendios Forestales.....	371

7.6.5	Identificación de necesidades de información (Vendavales y Desertización)	372
7.6.6	Conclusiones.....	373
7.6.7	Recomendaciones	383

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 7.4. Formato de Diligenciamiento de Encuestas de Acompañamiento Comunitario.....	14
Figura 7.35. Tipos de movimientos en masa.	50
Figura 7.36. Metodología para la obtención de la susceptibilidad a movimientos en masa.	51
Figura 7.53. Metodología para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa (Parte I).	95
Figura 7.54. Metodología para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa (Parte II).	96
Figura 7.59. Representación de los términos utilizados para calcular la profundidad del nivel freático asociado a un tiempo de retorno de 20 años.	127
Figura 7.66. Solución gráfica de la ecuación de escorrentía (Pe) SCS.....	142
Figura 7.69. Mapa de valores Aa.	153
Figura 7.70. Escenarios de amenaza por movimientos en masa (a).	158
Figura 7.71. Escenarios de amenaza por movimientos en masa (b).	159
Figura 7.72. Escenarios de amenaza por movimientos en masa (c).	160
Figura 7.79. Esquema metodológico para la obtención de la susceptibilidad por inundaciones.	172
Figura 7.89. Esquema metodológico para la obtención de la amenaza por inundaciones.....	186
Figura 7.96. Jerarquización morfogenética.....	204
Figura 7.101. Esquema metodológico para la obtención de la susceptibilidad por avenidas torrenciales.	211
Figura 7.109. Mapa de unidades geomorfológicas con su rango equivalente de Susceptibilidad por Avenidas Torrenciales de las zonas de transito y depositacion en la Cuenca del Río Guatapurí (Metodología Carvajal, 2011).....	234
Figura 7.110. Mapa de unidades geomorfológicas con su rango equivalente de Susceptibilidad por Avenidas Torrenciales de las zonas de transito y depositacion en la Cuenca del Río Guatapurí (Metodología Zinck, 2012).	237
Figura 7.115. Esquema metodológico para la obtención de la amenaza por avenidas torrenciales.	245
Figura 7.116. Variables temáticas utilizadas para elaborar la zonificación de la amenaza por Avenidas Torrenciales.....	247
Figura 7.122. Metodología de Análisis de Vulnerabilidad Basada en Indicadores.	267
Figura 7.175. Escenarios de riesgo priorizados por inundaciones.	364

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Pág.

Fotografía 7.1.	Río Guatapurí, Corregimiento Chemesquemena. Coordenadas: E: 1073838, N: 1676019, A: 1158 msnm.	10
Fotografía 7.2.	Arroyo La Canoa. Municipio Valledupar, vía El Jabo, Finca Boio. Coordenadas, E: 1650750, N: 1094549, A: 144 msnm.	10
Fotografía 7.3.	Río Guatapurí. Municipio Valledupar, vía El Jabo, Finca La Rudaca. Coordenadas: E: 1090764, N: 1651509, A: 181 msnm.	11
Fotografía 7.4.	Encuestas de Diagnóstico Participativo. Corregimiento Guatapurí, municipio Valledupar.	11
Fotografía 7.5.	Encuestas de Diagnóstico Participativo. Municipio Valledupar.	12
Fotografía 7.6.	Encuestas de Diagnóstico Participativo. Corregimiento Sabana Crespo, municipio Valledupar.	12
Fotografía 7.7.	Encuestas de Diagnóstico Participativo. Corregimiento Chemesquemena, Municipio Valledupar.	13
Fotografía 7.8.	Geoforma de terrazas de acumulación antigua en el corregimiento de Chemesquemena. Coordenada: E: 1073838, N: 1676019.	200
Fotografía 7.9.	Sabana Crespo. A. Se observan cantos rodados subangulares de gran tamaño B. El río Guatapurí sin zonas de deposición por morfología abrupta.	201
Fotografía 7.10.	A. Socavación del río Guatapurí en la Finca Rudaca. Coordenadas (E: 1090764, N: 1651509). B. Socavación de la quebrada Canoas, en la finca La Pedregosa. Coordenadas (E: 1092852, N: 1651542).	202
Fotografía 7.11.	Quebrada Canoas, sector El Jabo. A. Obra de mitigación con gaviones. B Inundación en vía del sector El Jabo.	202
Fotografía 7.12.	Diagnostico participativo mediante encuestas con la comunidad del sector El Jabo. Coordenadas (E: 1092267 N: 1651381) y en el corregimiento de Chemesquemena. Coordenadas (E: 1073945 N: 1676326).	203
Fotografía 7.13.	Azimut 300°. Plano de inundación (Fpi), y cauce aluvial (Fca) del Río Guatapurí. Estación GUAT-GR-21. Municipio Valledupar, Vereda Guatapurí. E: 1072306 m, N: 1662257 m.	252
Fotografía 7.14.	Azimut 180°. Abanico aluvial (Faa), y Escarpe de abanico aluvial (Fea). Estación GUAT-GR-37. Municipio Valledupar, Vereda Río Seco. E: 1085001 m, N: 1655190 m.	253
Fotografía 7.15.	Azimut 170°. Terraza de acumulación antigua (Ftan). Estación GUAT-GR-01. Municipio Valledupar, Vereda Chemesquemena. E: 1074857 m, N: 1678604 m.	254
Fotografía 7.16.	Azimut 140°. Terraza de acumulación subreciente (Ftas). Estación GUAT-GR-03. Municipio Valledupar, Vereda Chemesquemena. E: 1073714 m, N: 1676300 m.	254

Fotografía 7.17.	Azimut 95°. Talus (Dt). Estación GUAT-GR-17. Municipio Valledupar, Vereda Guatapurí. E: 1071663 m, N: 1662251 m.	255
Fotografía 7.18.	Azimut 240°. Deslizamiento rotacional (Ddrt). Estación GUAT-GR-09. Municipio Valledupar, Vereda Chemesquemena. E: 1072890 m, N: 1676885 m.	256
Fotografía 7.19.	Azimut 335°. Deslizamiento traslacional (Ddtr). Estación GUAT-GR-06. Municipio Valledupar, Vereda Chemesquemena. E: 1073014 m, N: 1673444 m.	256
Fotografía 7.20.	Sirena de Hurtado	314

LISTA DE GRÁFICAS

Pág.

Gráfica 7.1 Eventos Históricos de Amenaza, Fuentes Oficiales.....	6
Gráfica 7.2 Eventos Históricos de Amenaza por Municipio/Corregimiento – Fuentes Oficiales.	7
Gráfica 7.3 Porcentaje de Eventos de Amenaza por Fuente de Información.....	15
Gráfica 7.4 Número de Eventos de Amenaza Registrados según el Tipo de Fuente de Información.	16
Gráfica 7.5 Inundaciones Registradas según el Tipo de Fuente de Información.....	17
Gráfica 7.6 Movimientos en Masa Registrados según el Tipo de Fuente de Información por municipio.	17
Gráfica 7.7 Incendios Forestales Registrados según el Tipo de Fuente de Información por municipio.	18
Gráfica 7.8 Avenidas Torrenciales Registradas según el Tipo de Fuente de Información por municipio.	18
Gráfica 7.9 Porcentaje de movimientos en masa ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado, según fuentes comunitarias.....	20
Gráfica 7.10 Numero de eventos de remoción en masa ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha de ocurrencia, según fuentes comunitarias.....	21
Gráfica 7.11 Porcentaje de fechas de ocurrencia de movimientos en masa en la Cuenca del Río Guatapurí, según fuentes comunitarias.	21
Gráfica 7.12 Porcentaje de movimientos en masa ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado, según fuentes oficiales.	22
Gráfica 7.13 Numero de movimientos en masa ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, a partir de fuentes oficiales.....	23
Gráfica 7.14 Porcentaje de fechas de movimientos en masa en la Cuenca del Río Guatapurí, según fuentes oficiales	23
Gráfica 7.15 Porcentaje de inundaciones ocurridas en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado, según fuentes comunitarias.....	28
Gráfica 7.16 Numero de inundaciones ocurridas en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, a partir de fuentes comunitarias.	29
Gráfica 7.17 Porcentaje de fechas de ocurrencia de eventos de inundación en la Cuenca del Río Guatapurí, según fuentes comunitarias.	30
Gráfica 7.18 Numero de inundaciones ocurridas en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, a partir de fuentes oficiales.	31
Gráfica 7.19 Porcentaje de fechas de ocurrencia de eventos de inundación en la Cuenca del Río Guatapurí, según fuentes oficiales.....	32
Gráfica 7.20 Porcentaje de incendios forestales ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado, según fuentes comunitarias.....	35

Gráfica 7.21 Número de incendios forestales ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, según fuentes comunitarias.	36
Gráfica 7.22 Porcentaje de fechas de ocurrencia de incendios forestales en la Cuenca del Río Guatapurí, según fuentes comunitarias.	37
Gráfica 7.23 Porcentaje de incendios forestales ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado, según fuentes oficiales.	37
Gráfica 7.24 Número de incendios forestales ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, según fuentes oficiales.	38
Gráfica 7.25 Porcentaje de fechas de ocurrencia de incendios forestales en la Cuenca del Río Guatapurí, según fuentes oficiales.	39
Gráfica 7.26 Número de avenidas torrenciales ocurridas en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, según fuentes comunitarias.	42
Gráfica 7.27 Número de avenidas torrenciales ocurridas en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, según fuentes oficiales.	43
Gráfica 7.28 Curva IDF estación Apto Alfonso López.	135
Gráfica 7.29 Curva IDF estación Patillal.	136
Gráfica 7.30 Curva IDF estación San Sebastián R.	136
Gráfica 7.31 Curva IDF estación Paris Francia.	137
Gráfica 7.32 Curva IDF estación Descanso El.	138
Gráfica 7.33 Niveles de amenaza para cada uno de los escenarios evaluados en términos de áreas de terreno.	160
Gráfica 7.34 Porcentaje en área resultante de la zonificación final de la amenaza por los movimientos en masa en la Cuenca del Río Guatapurí.	163
Gráfica 7.35 Análisis niveles de amenaza por Subcuencas.	164
Gráfica 7.36 Niveles de amenaza por Municipio.	165
Gráfica 7.37 Niveles de amenaza por Veredas.	166
Gráfica 7.38 Distribución porcentual de geoformas asociadas a la inundación en cada subcuenca en la Cuenca del Río Guatapurí.	177
Gráfica 7.39 Porcentaje de susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí.	183
Gráfica 7.40 Porcentaje de susceptibilidad a inundaciones en las Subcuencas del Río Guatapurí.	184
Gráfica 7.41 Porcentaje de susceptibilidad a inundaciones en los corregimientos del Río Guatapurí.	185
Gráfica 7.42 Porcentaje de cada nivel de amenaza por inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí.	207
Gráfica 7.43 Porcentajes de amenaza por subcuencas de la Cuenca del Río Guatapurí.	208
Gráfica 7.44 Porcentajes de amenaza por coberturas de la Cuenca del Río Guatapurí.	209
Gráfica 7.45 Porcentaje de susceptibilidad a avenidas torrenciales de las zonas de tránsito y depositación en la Cuenca del Río Guatapurí, por subcuencas.	242
Gráfica 7.46 Porcentaje de susceptibilidad a avenidas torrenciales en la Cuenca del Río Guatapurí.	243

Gráfica 7.47 Porcentaje de susceptibilidad a avenidas torrenciales por municipios y veredas que hacen parte de la Cuenca del Río Guatapurí.	244
Gráfica 7.48 Área porcentual para cada nivel de amenaza identificada en la Cuenca Río Guatapurí.	261
Gráfica 7.49 Porcentaje de amenaza por avenidas torrenciales en la Cuenca del Río Guatapurí por subcuencas.	262
Gráfica 7.50 Porcentajes de amenaza por avenidas torrenciales para cada vereda que forma parte de la Cuenca del Río Guatapurí.	264
Gráfica 7.51 Promedio de Costos Asociados a Coberturas de la Tierra [SMMLV/ha].	274
Gráfica 7.52 Zonas Homogéneas Rurales en Terreno Montañoso.	278
Gráfica 7.53 Zonas Homogéneas Rurales en Terreno Ondulado.	279
Gráfica 7.54 Zonas Homogéneas Rurales en Terreno Plano.	280
Gráfica 7.55 Porcentaje áreas de cobertura afectada ante un evento de Inundación.	287
Gráfica 7.56 Porcentaje Áreas de Cobertura Afectada ante un Evento de Avenida Torrencial extremo.	292
Gráfica 7.57 Índice de Daño según tipo de cobertura.	295
Gráfica 7.58 Porcentaje áreas de cobertura afectada por índice de daño frente a la ocurrencia de movimiento en masa.	296
Gráfica 7.59 Porcentaje Áreas de Cobertura Afectada ante un Evento de Incendios Forestales.	300
Gráfica 7.60 Indicador de Fragilidad Sociocultural frente la ocurrencia de movimientos en masa	316
Gráfica 7.61 Porcentaje de fragilidad ecosistémica.	320
Gráfica 7.62 Falta de resiliencia frente la ocurrencia de movimientos en masa	332
Gráfica 7.63 Vulnerabilidad ante Movimiento en Masa.	336
Gráfica 7.64 Vulnerabilidad de Inundaciones por Subcuencas.	346
Gráfica 7.65 Vulnerabilidad de Inundaciones por Coberturas.	347
Gráfica 7.66 Vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales por Subcuencas.	348
Gráfica 7.67 Vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales por Veredas.	349
Gráfica 7.68 Categoría de riesgo por subcuenca.	355
Gráfica 7.69 Porcentaje áreas de escenario de riesgo por Inundaciones.	359
Gráfica 7.70 Escenarios de riesgo por Inundaciones – Veredas.	360
Gráfica 7.71 Escenarios de riesgo por Inundaciones – Subcuencas.	361
Gráfica 7.72 Escenarios de riesgo por Inundaciones - Coberturas	362
Gráfica 7.73 Porcentaje Área en Riesgo por Avenidas Torrenciales de la Cuenca del Río Guatapurí.	366
Gráfica 7.74 Porcentaje Área en Riesgo por Avenidas Torrenciales de la Cuenca del Río Guatapurí.	367
Gráfica 7.75 Riesgo por Avenidas Torrenciales por Veredas.	368
Gráfica 7.76 Consolidado de Eventos Amenazantes en la Cuenca	374
Gráfica 7.77 Consolidado de Eventos Amenazantes por Municipios.	376

LISTA DE MAPAS

Pág.

Mapa 7.1 Insumos para la construcción de la gestión del riesgo cuenca río Guatapurí.	3
Mapa 7.2 Eventos Amenazantes de Tipo Movimiento en Masa Según Periodo de currencia.	25
Mapa 7.3 Eventos Amenazantes de Tipo Inundación.	33
Mapa 7.4 Eventos Amenazantes de tipo Incendio Forestal.....	40
Mapa 7.5 Eventos Amenazantes de tipo Avenida Torrencial.	44
Mapa 7.6 Eventos recientes y afectaciones históricas en la Cuenca del Río Guatapurí.	45
Mapa 7.7 Puntos de muestreo estable e inestable para análisis de susceptibilidad.....	54
Mapa 7.8 Modelo Digital del Terreno.	57
Mapa 7.9 Pendiente.	59
Mapa 7.10 Pendiente senoidal.	61
Mapa 7.11 Orientación de las laderas.	63
Mapa 7.12 Insolación de las laderas.....	65
Mapa 7.13 Curvatura.....	67
Mapa 7.14 Perfil.	69
Mapa 7.15 PLA.....	71
Mapa 7.16 Distancia a vías.....	73
Mapa 7.17 Distancia cauces.	75
Mapa 7.18 Unidad Geológica Superficial Ajustada.....	77
Mapa 7.19 Coberturas.....	80
Mapa 7.20 Densidad de fracturamiento.	82
Mapa 7.21 susceptibilidad a los movimientos en masa en la cuenca del Río Guatapurí.....	91
Mapa 7.22 Porcentaje de área de la cuenca en condición de susceptibilidad baja, media y alta.	93
Mapa 7.23 Espacialización de la exploración de campo por medio de apiques en la Cuenca del Río Guatapurí.....	98
Mapa 7.24 Geológico-Geotécnico de la Cuenca Rio Guatapurí.....	115
Mapa 7.25 pendientes de la cuenca hidrográfica del Río Guatapurí.....	117
Mapa 7.26 Localización de eventos por movimientos en masa y estaciones de precipitación.....	119
Mapa 7.27 Estaciones adyacentes a la Cuenca del Río Guatapurí.	129
Mapa 7.28 Características de las superficies que afectan la cuenca.	143
Mapa 7.29 Profundidad del nivel freático para el área de estudio en un tiempo de retorno de 20 años.	150

Mapa 7.30 Zonificación final de la amenaza por los movimientos en masa en la Cuenca del Río Guatapurí.	162
Mapa 7.31 Inventario de eventos amenazantes en la Cuenca del Río Guatapurí	174
Mapa 7.32 Geoformas asociadas a eventos de inundación en la Cuenca del Río Guatapurí	176
Mapa 7.33 Identificación de zonas susceptibles a inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí	178
Mapa 7.34 Zonificación de susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí basada en la Metodología de Carvajal (2011). Zonificación de susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí basada en la Metodología de Carvajal (2011).	181
Mapa 7.35 Zonificación de susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí basada en la Metodología de Zinck (2012).	182
Mapa 7.36 Dinámica fluvial río Guatapurí en el sector balneario de Hurtado (2010-2012-2014)	189
Mapa 7.37 Dinámica fluvial río Guatapurí en el sector balneario de Hurtado (2015-2016-2017)	191
Mapa 7.38 Dinámica fluvial río Guatapurí cercano a la zona de las comunas 1 y 2 (2010-2012-2014)	193
Mapa 7.39 Dinámica fluvial río Guatapurí cercano a la zona de las comunas 1 y 2 (2015-2016-2017)	195
Mapa 7.40 Dinámica fluvial río Guatapurí en el sector de Lagunas de Tarullal (2010-2012-2014)	197
Mapa 7.41 Dinámica fluvial río Guatapurí en el sector de Lagunas de oxidación El Tarullal (2015-2016-2017)	199
Mapa 7.42 amenaza por inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí de acuerdo con la salida cartográfica geomorfológica basada en Carvajal (2011).	206
Mapa 7.43 Pendientes, para la Cuenca del Río Guatapurí.	219
Mapa 7.44 índices Morfométricos de Torrencialidad para la Cuenca del Río Guatapurí.	221
Mapa 7.45 Índice de Variabilidad de Torrencialidad para la Cuenca del Río Guatapurí.	225
Mapa 7.46 Índice de Vulnerabilidad frente a Eventos Torrenciales (IVET) para la Cuenca del Río Guatapurí.	228
Mapa 7.47 Eventos Históricos de Avenidas Torrenciales para la Cuenca del Río Guatapurí.	230
Mapa 7.48 Procesos Morfodinámicos tipo punto de la Cuenca del Río Guatapurí.	232
Mapa 7.49 Procesos Morfodinámicos tipo polígono de la Cuenca del Río Guatapurí.	233
Mapa 7.50 susceptibilidad por avenidas torrenciales de las zonas de transito y depositacion en la Cuenca Río Guatapurí	241
Mapa 7.51 Interpretación de procesos morfodinámicos para la cuenca Río Guatapurí.	258
Mapa 7.52 amenaza total por avenidas torrenciales en la Cuenca Río Guatapurí	260
Mapa 7.53 Zonificación de Avalúos Catastrales Integrales.	271
Mapa 7.54 Localización de elementos puntuales de infraestructura estratégica expuestos a la amenaza por Movimientos en masa.	282

Mapa 7.55 Localización de elementos puntuales de infraestructura estratégica expuestos a la amenaza por Inundación.	285
Mapa 7.56 Localización de elementos lineales de infraestructura estratégica expuestos a la amenaza por Inundaciones.....	286
Mapa 7.57 Índice de exposición por Inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí.....	288
Mapa 7.58 Elementos expuestos por Avenidas Torrenciales.....	291
Mapa 7.59 Índice de Exposición o de Pérdida por Avenidas Torrenciales.....	293
Mapa 7.60 Localización de elementos puntuales de infraestructura estratégica expuestos a la amenaza por Incendio Forestal.	298
Mapa 7.61 Localización de elementos lineales de infraestructura estratégica expuestos a la amenaza por Incendio Forestal.	299
Mapa 7.62 Índice de Exposición o de Pérdida por Incendios Forestales.	301
Mapa 7.63 Fragilidad Física por Movimientos en masa, en la Cuenca del Río Guatapurí.....	305
Mapa 7.64 Fragilidad física por Inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí.	306
Mapa 7.65 Fragilidad Física por Avenidas Torrenciales dentro de la Cuenca del Río Guatapurí.	307
Mapa 7.66 Fragilidad Física por Incendios Forestales Dentro de la Cuenca del Río Guatapurí.	308
Mapa 7.67 Fragilidad Social ICV Municipal	312
Mapa 7.68 Fragilidad Cultural.	315
Mapa 7.69 Fragilidad Ecosistémica.	319
Mapa 7.70 Fragilidad ecosistémica por evento de Movimiento en Masa.	323
Mapa 7.71 Fragilidad Total por evento de Movimiento en Masa.	328
Mapa 7.72 Falta de Resiliencia Económica.	330
Mapa 7.73 Falta de Resiliencia frente la ocurrencia de movimientos en masa.....	334
Mapa 7.74 Vulnerabilidad por Inundaciones en la Cuenca Río Guatapurí.....	337
Mapa 7.75 Vulnerabilidad por Inundaciones en la Cuenca Río Guatapurí.....	339
Mapa 7.76 Vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales de la Cuenca del Río Guatapurí.....	341
Mapa 7.77 Vulnerabilidad Total por Movimientos en Masa.	345
Mapa 7.78 Vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales.	350
Mapa 7.79 Distribución de riesgo por movimiento en masa.	353
Mapa 7.80 Riesgo por Movimiento en Masa.....	356
Mapa 7.81 Zonificación final de escenario de riesgo por Inundación.	358
Mapa 7.82 Escenarios de riesgo priorizados por Inundaciones.	363
Mapa 7.83 Zonificación Final del Riesgo por Avenidas Torrenciales.	365
Mapa 7.84 Consolidado de Eventos Amenazantes y su Recurrencia en la Cuenca.....	375

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 7.1 Eventos Amenazantes de Fuentes Periodísticas.	8
Tabla 7.2. Eventos Amenazantes por Fuente de Informacion.	15
Tabla 7.3. Análisis de Resultados por Municipio – Movimientos en Masa.....	19
Tabla 7.4. Análisis de Resultados por Municipio – Inundaciones.	26
Tabla 7.5. Análisis de Resultados por Municipio – Incendios Forestales.	34
Tabla 7.6. Análisis de Resultados por Municipio- Avenidas Torrenciales.....	41
Tabla 7.7. Variables temáticas empleadas en la evaluación y zonificación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa.	48
Tabla 7.8. Variables utilizadas en el análisis discriminante.....	55
Tabla 7.9. Ponderación variable cobertura.....	78
Tabla 7.10. Histogramas de frecuencia con la curva normal de las variables en estudio.....	83
Tabla 7.11. Resultados Test Kolmogorov-Smirnov.	86
Tabla 7.12. Matriz de correlaciones entre variables	88
Tabla 7.13. Resultados de la aplicación del Análisis Factorial.....	89
Tabla 7.14. Categorización del mapa de susceptibilidad.	92
Tabla 7.15. Resultados índices de confiabilidad.	92
Tabla 7.16. Análisis niveles de susceptibilidad por Municipios.	94
Tabla 7.17. Análisis niveles de susceptibilidad por Veredas.....	94
Tabla 7.18. Resultados determinación parámetros c y ϕ para rocas.....	99
Tabla 7.19. Muestra de parámetros geomecánicos por unidad geotécnica.....	100
Tabla 7.20. Descripción de rangos de pendientes.	116
Tabla 7.21. Eventos históricos por movimientos en masa registrados en la cuenca.....	120
Tabla 7.22. Relación eventos de lluvia con la fecha de los deslizamientos.....	121
Tabla 7.23. Periodos de retorno estimados en la estación Apto Alfonso López.....	124
Tabla 7.24. Estaciones asignadas por Spatial Join.....	132
Tabla 7.25. Datos estación Patillal, San Sebastián de R, Paris de Francia, El Descanso y Apto Alfonso López para polígonos de cobertura de la cuenca.....	133
Tabla 7.26. Datos parámetros de ajuste para las diferentes regiones.....	134
Tabla 7.27. Clasificación de las clases de humedad antecedente para el método SCS.	139
Tabla 7.28. Grupos hidrológicos del suelo	139
Tabla 7.29. CN para usos selectos de tierras (condiciones de humedad II).....	140

Tabla 7.30. Resultados cálculo precipitación efectiva e infiltración estación Apto Alfonso López.	146
Tabla 7.31. Resultados cálculo precipitación efectiva e infiltración estación San Sebastián de R.	146
Tabla 7.32. Resultados cálculo precipitación efectiva e infiltración estación Descanso El.	147
Tabla 7.33. Resultados cálculo precipitación efectiva e infiltración estación Patillal.	147
Tabla 7.34. Resultados cálculo precipitación efectiva e infiltración estación Paris Francia.	148
Tabla 7.35. Infiltración máxima en 24 horas y diferentes periodos de retorno.	148
Tabla 7.36 Definición del tipo de perfil por Unidad Geológica Superficial.	154
Tabla 7.37. Escenarios de análisis de la evaluación de la amenaza.	156
Tabla 7.38. Grados de estabilidad según los resultados del factor de seguridad.	156
Tabla 7.39. Criterio para la clasificación de la amenaza en función de la probabilidad de falla.	161
Tabla 7.40. Porcentaje de ocupación de geoformas asociadas a eventos de inundación en la Cuenca del Río Guatapurí.	175
Tabla 7.41. Criterios de selección de zonas de susceptibilidad baja, media y alta.	179
Tabla 7.42. Resumen de los eventos de inundación en la Cuenca del Río Guatapurí.	187
Tabla 7.43. Zonificación de amenaza por inundaciones.	204
Tabla 7.44. Relaciones entre variables para el Índice Morfométrico de Torrencialidad.	212
Tabla 7.45. Resumen de categorización y clasificación del Coeficiente de Compacidad.	214
Tabla 7.46. Valores de Coeficiente de Compacidad obtenidos para cada subcuenca, Cuenca del Río Guatapurí.	214
Tabla 7.47. Resumen de categorización y clasificación de la Densidad de Drenaje.	216
Tabla 7.48. Categorización y clasificación de la densidad de drenaje por subcuencas.	216
Tabla 7.49. Resumen de categorización y clasificación de la Pendiente Media de la Cuenca (%).	217
Tabla 7.50. Valores de Pendiente Media por subcuenca, Cuenca del Río Guatapurí.	217
Tabla 7.51. Índices morfométricos de torrencialidad y categoría por subcuenca de la Cuenca del Río Guatapurí.	220
Tabla 7.52. Criterio para Calificar el Índice de Variabilidad (IV).	222
Tabla 7.53. Índices de Variabilidad en las subcuencas, Cuenca del Río Guatapurí.	223
Tabla 7.54. Clasificación del índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales IVET.	226
Tabla 7.55. Índices de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales IVET por Subcuencas, Cuenca del Río Guatapurí.	226
Tabla 7.56. Análisis de Resultados por Municipio- Avenidas Torrenciales.	229
Tabla 7.57. Porcentaje de ocupación de geoformas potencialmente torrenciales asociadas a procesos denudacionales, fluviales y glaciares en la Cuenca del Río Guatapurí, y su calificación de susceptibilidad (Metodología Carvajal, 2011).	234

Tabla 7.58. Porcentaje de ocupación de geoformas potencialmente torrenciales, y su calificación de susceptibilidad (Metodología Zinck, 2012).....	238
Tabla 7.59. Nivel susceptibilidad por avenidas torrenciales con los criterios tomados en cuenta para el análisis.	240
Tabla 7.60. Porcentaje de susceptibilidad a avenidas torrenciales por municipios y veredas que hacen parte de la Cuenca del Río Guatapurí.	243
Tabla 7.61. Esquema de ponderación de variables temáticas para el modelo de amenaza de las zonas de transito y depositación por fenómenos de avenidas torrenciales.	246
Tabla 7.62. Procesos morfodinámicos verificados en campo.	248
Tabla 7.63. Porcentaje de amenaza por avenidas torrenciales en la Cuenca del Río Guatapurí por subcuencas.	262
Tabla 7.64. Porcentajes de amenaza por avenidas torrenciales para cada vereda que forma parte de la Cuenca del Río Guatapurí.....	264
Tabla 7.65. Variables Temáticas Utilizadas en el Estudio de Vulnerabilidad y Riesgo.....	266
Tabla 7.66. Niveles de Vulnerabilidad Propuestos.	268
Tabla 7.67. Afectación de Polígonos de Zonas Homogéneas.	269
Tabla 7.68. Rangos de Avalúo Catastral Integral.	270
Tabla 7.69. Matriz de Costos Asociados a Coberturas de la Tierra [SMMLV/ha].	272
Tabla 7.70. Zonas Homogéneas Rurales- Escenarios de análisis 1 y 2.	275
Tabla 7.71. Infraestructura vital ante la amenaza por movimiento en masa.	281
Tabla 7.72. Infraestructura y Equipamientos expuestos ante la amenaza por movimiento en masa.	281
Tabla 7.73. Elementos expuestos a eventos de tipo inundación según tipo de infraestructura.	283
Tabla 7.74. Exposición de vías y elementos puntuales de la Cuenca del Río Guatapurí.....	289
Tabla 7.75. Elementos expuestos a eventos de tipo Incendio según tipo de infraestructura.	296
Tabla 7.76. Indicadores de Fragilidad Propuestos.	302
Tabla 7.77. Indicador de Fragilidad Física.....	303
Tabla 7.78. Áreas de amenaza por cada cobertura para obtención de Fragilidad física por Movimientos en Masa en la Cuenca del Río Guatapurí	303
Tabla 7.79. Valores ICV y categorías para la evaluación de coberturas “tejido urbano” y “tejido urbano discontinuo”.	309
Tabla 7.80. Necesidades Básicas Insatisfechas por municipio.....	310
Tabla 7.81. Valores de NBI para Categoría de Índice de Calidad de Vida.	310
Tabla 7.82. Índice de Calidad de Vida a nivel municipal	311
Tabla 7.83. Categorías para la Evaluación de la Fragilidad Cultural.	313
Tabla 7.84. Complejo de Esculturas Urbanas de la Ciudad de Valledupar y Sitios de Interés Cultural Dentro de la Cuenca.	313

Tabla 7.85. Propuesta de Indicadores de Fragilidad Ecosistémica.....	317
Tabla 7.86. Fragilidad ecosistémica por coberturas frente a la ocurrencia de movimientos en masa.	321
Tabla 7.87. Indicador de fragilidad propuesto.	324
Tabla 7.88. Fragilidad total de la cuenca según uso actual del suelo.	325
Tabla 7.89. Indicador de Falta de Resiliencia Económica.....	329
Tabla 7.90. Categoría de falta de resiliencia por cobertura.....	332
Tabla 7.91. Niveles de Vulnerabilidad Propuestos	335
Tabla 7.92. Niveles de Vulnerabilidad Propuestos para Movimientos en Masa	335
Tabla 7.93. Categorías de vulnerabilidad según el indicador de fragilidad.....	342
Tabla 7.94. Categorías de vulnerabilidad según el indicador de Resiliencia.	342
Tabla 7.95. Vulnerabilidad total según categoría de cobertura.	343
Tabla 7.96. Vulnerabilidad total por municipios.	344
Tabla 7.97. Porcentajes de vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales por Veredas.	349
Tabla 7.98. Matriz de Riesgos	352
Tabla 7.99. Categoría de riesgo por movimientos en masa.....	352
Tabla 7.100. Categorías de coberturas por nivel de riesgo Escenario 1.....	353
Tabla 7.101. Categoría de riesgo por municipio.....	355
Tabla 7.102. Porcentajes de vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales por Veredas.	368

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 7.1. Datos Crudos Fuentes Oficiales
- Anexo 7.2. Recorridos Campo
- Anexo 7.3. Registros de Participación
- Anexo 7.4. Encuestas Acompañamiento Comunitario
- Anexo 7.5. Información Digitalizada

7. CARACTERIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE RIESGO

Desde el año 2011 la Gestión de Riesgo de Desastres se configura como un componente de alta importancia para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, esto se sustenta en la necesidad de condicionar el uso y ocupación del territorio de tal forma que se garantice la preservación de la vida, de los bienes ecosistémicos y las estructuras socioeconómicas de la Cuenca del Río Guatapurí. A su vez, mitigar los efectos que por causas naturales o por el uso indebido del territorio puedan generarse.

Este documento contempla la evaluación de la susceptibilidad, amenaza, vulnerabilidad y riesgo para la Fase Diagnóstico del POMCA del Río Guatapurí, dentro del marco del contrato 19-6-0145-0-2015 suscrito entre la Corporación Autónoma Regional del Cesar—CORPOCESAR y el Consorcio Guatapurí-Cesar, el cual tiene por objeto: “Elaborar (Formular) los Planes de Ordenación y Manejo de las cuencas hidrográficas del río Guatapurí (Código 2801-01)”, en el marco del proyecto “Incorporación del Componente de Gestión del Riesgo como Determinante Ambiental del Ordenamiento Territorial en los Procesos de Formulación y/o Actualización de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas Afectadas por el Fenómeno de La Niña 2010-2011”.

La base técnica para cumplir con los objetivos se fundamenta en la Guía Técnica para la Formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas y las directrices incorporadas posteriormente de la Gestión del Riesgo en los POMCA. Con base en estos lineamientos se lleva a cabo la espacialización y zonificación de la susceptibilidad, la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo de los eventos amenazantes prioritarios por la Guía.

El presente documento desarrolla la identificación, clasificación y caracterización de los cuatro (4) fenómenos amenazantes principales (movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales) que pueden llegar a afectar la cuenca hidrográfica del río Guatapurí, considerando la información disponible y el trabajo en campo realizado y permitido en el área de la cuenca. Los resultados permitirán zonificar y caracterizar el riesgo al que podrían estar expuestos los habitantes, la infraestructura vital y demás actores influyentes en la cuenca hidrográfica. La metodología definida por el Fondo Adaptación (2014) en su “Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA” divide la caracterización final del riesgo en una serie de fases sucesivas, entre las que se encuentran: evaluación y zonificación de la susceptibilidad, zonificación de la amenaza y análisis de vulnerabilidad.

Cada uno de los fenómenos amenazantes principales abordará lo que corresponde a la evaluación y zonificación de la susceptibilidad, la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo de los eventos amenazantes prioritarios para la cuenca del Río Guatapurí, desarrollando la metodología propuesta por el Fondo Adaptación (2014) en el “Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA”.

Es de mencionar que la cuenca del río Guatapurí se encuentra ubicada geográficamente en la región norte del departamento del Cesar, sobre el flanco suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en jurisdicción de los municipios de Valledupar y Pueblo Bello, la cuenca cuenta con un área total de 88.988 ha, la cual equivale al 3,99% del área del departamento del Cesar y la cual se encuentra ubicada geográficamente en un 88% sobre títulos colectivos de resguardos indígenas, de los cuatro pueblos de la Sierra Nevada de Santa Marta. Por esta razón cabe acotar que los resultados y demás productos, fueron elaborados con la información disponible en su momento, debido que aunque se contó con el apoyo de la comunidad local lo cual permitió conocer la región de estudio, sus problemas

ambientales, y los rastros de los eventos de desastre ocurridos en el pasado bajo los alcances emitidos por los pueblos indígenas en la **“GUÍA DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS PARA EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES CONTEMPLADAS EN LA FASE DE DIAGNÓSTICO, ZONIFICACIÓN Y FORMULACIÓN QUE DESARROLLARÁ EL CONSORCIO GUATAPURÍ CESAR EL MARCO DE LA CONSULTA PREVIA EN EL TERRITORIO ANCESTRAL DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA”**, no se tuvo permiso para acceder en campo a todos los sectores de la cuenca para la correspondiente revisión geológica y geomorfológica debido a motivos étnicos, culturales o religiosos, de tal manera que para complementar la identificación de los eventos se recurrió a sensores remotos (fotografías aéreas e imágenes de satélite) y a criterio del experto.

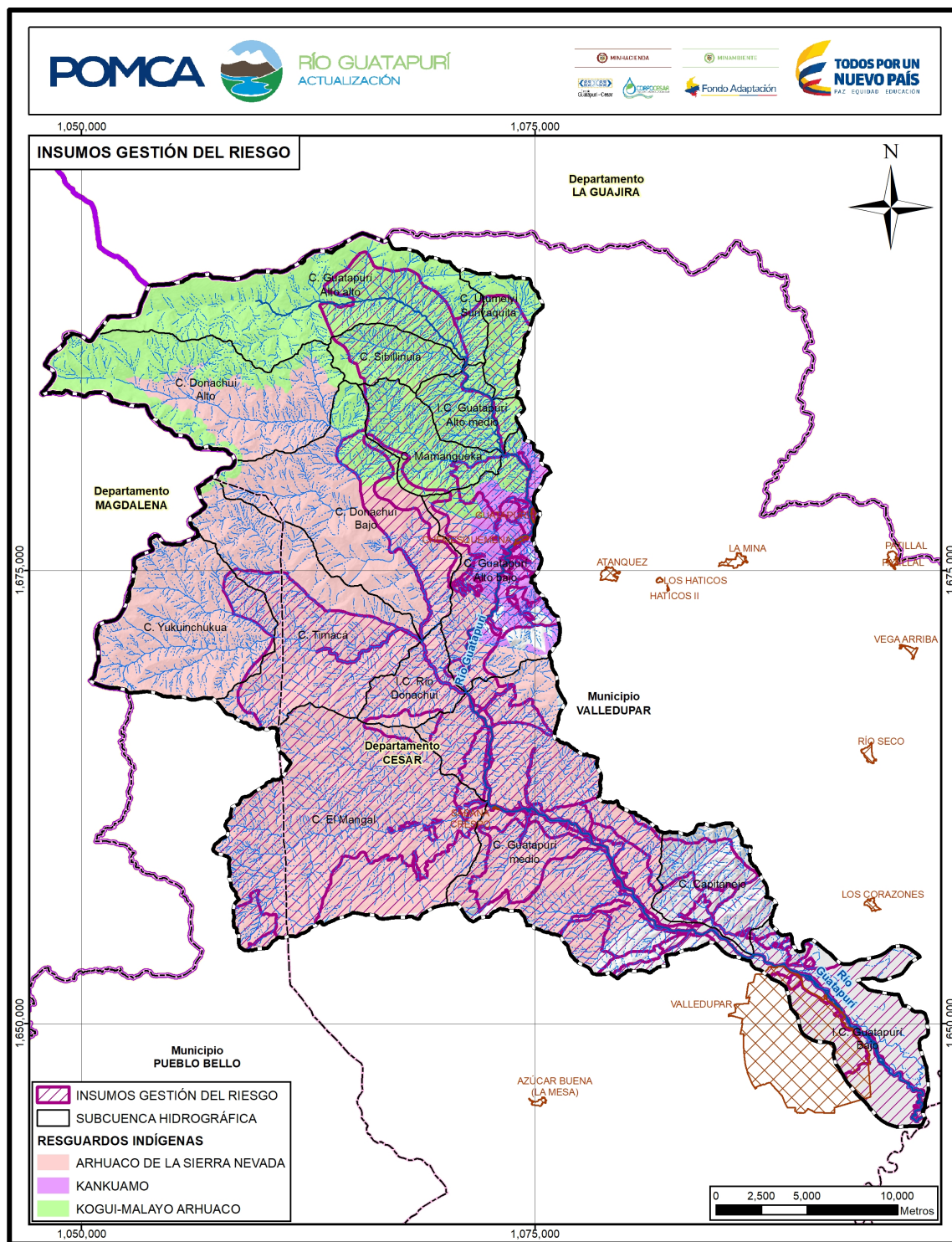
Por esta razón para el trabajo de campo se partió de la cartografía base y modelo digital de terreno para poder realizar una caracterización espacial de la cuenca, en donde están incluidos los elementos cartográficos a escala 1:25.000 y 1:100.000 del IGAC. La cartografía básica se encontraba debidamente estructurada en formato shapefile o geodatabase, de acuerdo con el modelo de datos definidos por el IGAC.

Se realizaron un descripción de unidades geológicas, estratigrafía y tectónica en la cuenca hidrográfica del río Guatapurí. En donde se siguió una ruta metodológica como la establecida en la Figura 1-1 del ***Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas***.

El primer paso fue la evaluación de la información disponible, donde se compiló, evaluó y consolidó la información del Servicio Geológico Colombiano (SGC) como base principal. Con base de este análisis se consolidaron las 4 planchas geológicas 1:100.000 (Planchas 19, 20, 26 y 27). Se prosiguió mediante la utilización de sensores remotos mediante imágenes satelitales de muy buena resolución, las cuales sirvieron para efectuar la fotointerpretación geológica y geomorfológica de la cuenca, definiendo muy bien fallas, lineamientos y las distintas unidades geológicas con base a los patrones de drenaje y características geomorfológicas propias de ciertas unidades. Después mediante la utilización de sistemas de información geográfica (SIG), se adecuó y superpuso la Geología a escala 1:100.000 con la fotointerpretada y se elaboró una salida cartográfica para escala 1:25.000. En donde se identificaron unos sitios de interés para el control geológico de campo.

Para el control de campo se apoyó con los respectivos formatos de campo, en donde se propusieron transversas estratégicas con el fin de corroborar lo observado en fotointerpretación, en donde se procuró mínimo 5 a 6 puntos de control por plancha 25.000 de acuerdo con el análisis de expertos. En la zona que no se pudo ingresar debido a inconvenientes de dificultad de acceso, se pudo realizar una adecuada fotointerpretación para suplir esta necesidad en campo. (Ver Mapa 7.1)

Mapa 7.1 Insumos para la construcción de la gestión del riesgo cuenca río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En cuanto a la metodologías utilizadas se realizó para las amenazas asociadas a incendios forestales, inundaciones y avenidas torrenciales se optó por aplicar metodologías de tipo heurístico, factible por la escala de trabajo, según los alcances técnicos del proyecto, sin embargo, para el análisis por fenómenos de remoción en masa, se estimó su amenaza a partir de la probabilidad de ocurrencia de falla de laderas, según el Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCAS (Fondo Adaptación, 2014) y la Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

Según lo contemplado en la gestión del riesgo de desastres y los resultados arrojados por los niveles de amenaza y de vulnerabilidad, se determinan algunas zonas delimitadas geográficamente que por sus potencial de riesgo deben ser configuradas bajo criterios de prioridad que permitan generar insumos para la fase de formulación, que a partir de elementos del diagnóstico brinde las recomendaciones pertinentes frente a la alta posibilidad de daños y pérdidas por la ocurrencia de los eventos amenazantes prioritarios.

Por otra parte cualquier especificación y demás consideraciones deberán ser incluidas dentro de un estudio detallado en las áreas específicas de interés impulsado por la Corporación Autónoma Regional o la autoridad ambiental pertinente.

7.1 OBJETIVOS

7.1.1 Objetivo General

Identificar y analizar la susceptibilidad de la cuenca a distintos tipos de amenazas, la exposición de sus elementos vulnerables y aquellos escenarios de riesgo de tipo natural que se pueden presentar en la cuenca, a través de la conducta espacio-temporal de los eventos y la evaluación de su afectación a las estructuras bióticas, abióticas, socioeconómicas y de servicios ecosistémicos.

7.1.2 Objetivos Específicos

- Compilar, clasificar y analizar los eventos de origen natural que representen una amenaza para la cuenca, a partir de información existente por diversas fuentes.
- Evaluar y zonificar las amenazas por avenidas torrenciales, movimientos en masa, inundaciones, incendios forestales y otros eventos presentes en la cuenca.
- Realizar la identificación y análisis de la vulnerabilidad de los elementos expuestos que puedan ser afectados por amenazas de origen natural.
- Identificar y priorizar los escenarios de riesgo en la Cuenca del Río Guatapurí.

7.2 CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA DE AMENAZAS Y EVENTOS AMENAZANTES

El proceso de recolección de información histórica de eventos naturales amenazantes para la Cuenca del Río Guatapurí se llevó a cabo a partir de la consulta, clasificación y organización de información oficial existente, entre diferentes fuentes relacionadas con la gestión del riesgo o cuyas obligaciones administrativas implican registrar eventos de origen natural, a su vez se identificaron algunas ocurrencias a partir de bibliografía relacionada al ordenamiento territorial y planes de gestión del riesgo de los municipios y departamentos incidentes en la cuenca, así como de información periodística que documenta algunos hechos. Posterior a la recolección de dicha información se realizó la consulta pertinente con los actores que intervienen de forma directa o indirecta, con fin de nutrir de experiencias y

contenido en la caracterización de las amenazas. Toda esta información se organizó en una base de datos unificada (ver **Anexo 7.1**).

Toda la información recolectada se analizó comparativamente, con el fin de validar los datos y relacionar las coincidencias en términos geográficos, de recurrencias, magnitud e impacto sobre los elementos vulnerables, con el objetivo de espacializar la información según cada evento priorizado por el POMCA.

7.2.1 Recopilación de Información de Eventos Históricos

En esta etapa se consultaron diversas fuentes, tanto oficiales como no oficiales. A continuación, se expone cada una de ellas y el procedimiento llevado a cabo para obtener, digitalizar y analizar esta información.

7.2.1.1 Fuentes Oficiales

Fueron consideradas fuentes de información “oficiales” aquellas entidades cuyo objeto sea el manejo y atención de desastres. De acuerdo con el capítulo II de la Ley 1523 de 2012, algunos de los actores que pertenecen al Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y que fueron consultados para la construcción del catálogo de eventos históricos de amenaza son:

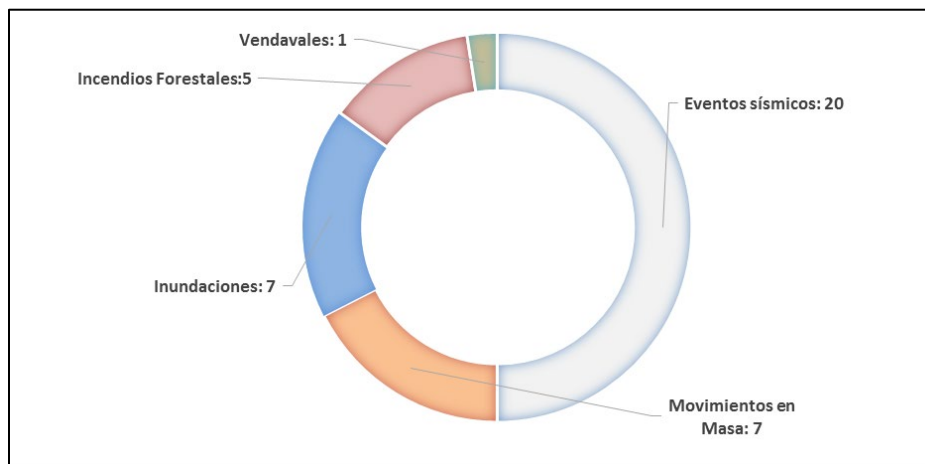
- a. Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres - UNGRD.
- b. Corporación Autónoma Regional del Cesar-CORPOCESAR.
- c. Alcaldía del Municipio de Valledupar
- d. Defensa Civil Colombiana – Seccional Cesar

Se consultaron además algunas páginas web de libre acceso, con disponibilidad de consulta de registros detallados de eventos de amenaza. Entre ellos se encuentra el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) (Servicio Geológico Colombiano, 2016) y el Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DESINVENTAR) (LA RED, 1990). Igualmente se obtuvo información de los últimos Planes Municipales y Departamentales de Gestión del Riesgo correspondientes al área. La información suministrada por los entes territoriales no fue suficiente para ser tomada en cuenta en el análisis de los eventos históricos amenazantes en la Cuenca del Río Guatapurí.

Históricamente Colombia ha presentado ausencia de información relacionada con pérdidas, daños y recuperación, producto de la ocurrencia de cada uno de los eventos de amenaza de origen natural. Cabe resaltar también las limitaciones respecto al almacenamiento, diligenciamiento y recopilación.

En la Gráfica 7.1 se presentan los eventos de amenaza priorizados por el POMCA, dentro de los límites de la Cuenca del Río Guatapurí.

Gráfica 7.1 Eventos Históricos de Amenaza, Fuentes Oficiales

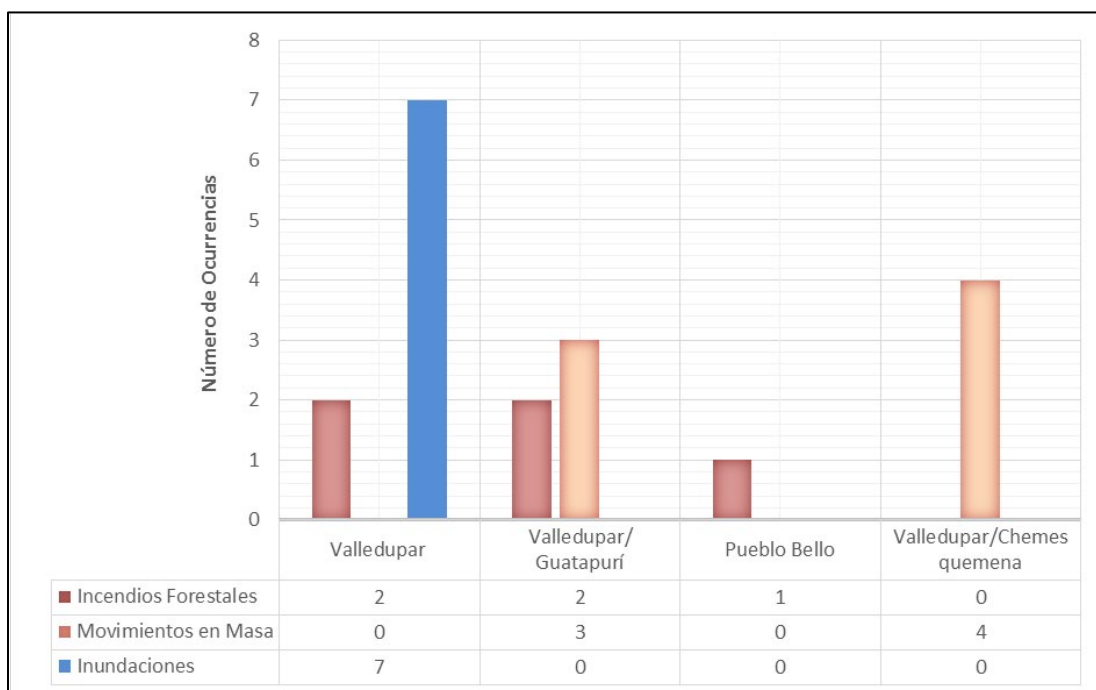


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Según los registros de DESINVENTAR para el periodo 1914 – 2018 a nivel departamental, el municipio de Valledupar se encuentra en un nivel alto de ocurrencia de eventos, mientras que el municipio de Pueblo Bello en un nivel medio. Los eventos más frecuentes son las inundaciones y los deslizamientos, representando cada uno el 35% de los eventos reportados, seguido por incendios forestales con el 25% y otros 5%. Valledupar se ubica como el municipio con mayor incidencia de impactos por emergencias y desastres.

En total se presentan 40 eventos amenazantes en el periodo de 1974 a 2015, según fuentes oficiales, siendo los eventos sísmicos los de mayor ocurrencia, sin embargo, dentro de los eventos priorizados (en total 19), la Cuenca del Río Guatapurí presenta en su mayoría inundaciones y deslizamientos, seguido de incendios forestales. Ver **Anexo 7.1**.

Gráfica 7.2 Eventos Históricos de Amenaza por Municipio/Corregimiento – Fuentes Oficiales.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En la figura anterior se relaciona el número de ocurrencia de eventos en las comunas 1, 2 y 6 del casco urbano del municipio de Valledupar; en los corregimientos de Guatapurí y Chemesquemena, jurisdicción del municipio de Valledupar; y en el sector del municipio de Pueblo Bello; localizados en la cuenca del río Guatapurí.

El casco urbano del municipio de Valledupar presenta la mayor ocurrencia de eventos, con un total de nueve (9), según los reportes oficiales, principalmente inundaciones e incendios forestales.

De talleres participativos realizados para la construcción del Plan Municipal Para La Gestión del Riesgo de Desastres de Valledupar en el año 2014, las amenazas más frecuentes son las inundaciones en las comunas 1 y 2, pertenecientes al área urbana del municipio, dentro de la cuenca del río Guatapurí, seguido de las avenidas torrenciales en la comuna 1 dentro de los eventos priorizados. Principalmente en la comuna 1 las inundaciones son recurrentes, por encontrarse en la margen derecha del río Guatapurí, afectando fundamentalmente los barrios Pescaito, Paraíso, Nueve de Marzo, Once de Noviembre y Nueva Colombia. Estas inundaciones presentadas en el río Guatapurí a la altura del municipio de Valledupar son de tipo súbito o torrencial, caracterizadas por altas velocidades y con gran cantidad de material de arrastre de buen tamaño (IDEAM & CORPOCESAR, 2004). En este mismo sentido, el Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres de Valledupar en el año 2014 manifiesta que en la Comuna 2, las inundaciones se presentan en gran medida por el desbordamiento del canal Panamá y la laguna de oxidación.

En general, en el casco urbano del municipio de Valledupar, las inundaciones se presentan en las inmediaciones del río Guatapurí, en el trayecto desde la bocatoma del acueducto hasta su desembocadura en el río Cesar.

En el sector urbano, los incendios forestales se han presentado en el cerro Murillo. En el 2013 se presentó un incendio en el lote contiguo al colegio Ateneo Rosario; igualmente el cerro ubicado en cercanías a la urbanización Altos de COMFACESAR, también se encuentra en riesgo por incendios forestales, según fuentes del Plan Municipal Para La Gestión del Riesgo de Desastres de Valledupar en el año 2014.

El corregimiento de Guatapurí presenta en mayor proporción desastres por movimientos en masa, seguido de incendios forestales. Durante el fenómeno de La Niña 2010 – 2011, los cerros cercanos al casco urbano presentaron movimientos en masa, causados por la intensidad de las lluvias y el inadecuado uso del suelo. Según datos de la UNGRD en los años 2012 – 2013 se afectaron 125 hectáreas en el corregimiento de Guatapurí a raíz de un incendio forestal.

El corregimiento de Chemesquemena es el sector con mayor ocurrencia de movimientos en masa registrados, principalmente en el cerro Diosagaka.

A pesar de no encontrar información oficial del corregimiento de Sabana Crespo, el PMGRD de Valledupar identifica la ocurrencia de inundaciones, incendios forestales y remoción en masa con una alta percepción de afectación en la vereda Sogrone.

7.2.1.2 Otros Eventos de Fuentes Oficiales

En la Cuenca del Río Guatapurí se han presentado históricamente eventos que no están dentro de los priorizados por el POMCA, pero que representan en igual medida una amenaza natural. Entre estos eventos se identifican los vendavales, con un registro histórico, representando daños considerables sobre la infraestructura del sector urbano del municipio de Valledupar. De igual forma se presentan amenazas sísmicas registradas por el SGC, que en comparación con las amenazas priorizadas representan la mayor ocurrencia (50%), con respecto al periodo de tiempo de registro. En la Gráfica 7.1 se presentan estos eventos por fuentes oficiales.

7.2.1.3 Eventos Registrados por Fuentes de Noticias

Con el fin de nutrir la recolección de información de eventos históricos amenazantes en la cuenca del río Guatapurí, se llevó a cabo una búsqueda en las fuentes periodística en internet, de las noticias locales, regionales y nacionales. En la **Tabla 7.1** se relacionan los eventos encontrados a través de estas fuentes.

Tabla 7.1 Eventos Amenazantes de Fuentes Periodísticas.

Fecha	Municipio	Evento	Comentarios
08/04/2012	Valledupar	Avenida Torrencial	Evento que se presentó en el río Guatapurí y dejó 70 mil usuarios sin agua por más de 12 horas
03/04/2017	Valledupar	Inundación	Desbordamiento del río Guatapurí que afectó los barrios de la comuna 1, el evento se ha estado presentando recurrentemente.

Fecha	Municipio	Evento	Comentarios
06/05/2017	Valledupar	Inundación	El IDEAM lanza una alerta por las fuertes precipitaciones que se presentan en la parte alta de la Sierra Nevada de Santa Marta que originaron crecientes súbitos en el río Guatapurí. Pasadas las fuertes precipitaciones la gobernación indígena indica que la inundación afectó algunos cultivos cercanos al río, y que en algunos tramos tuvo características de avenida torrencial arrastrando árboles y piedras que afectó la estructura del puente Chemesquemena.

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.2.1.4 Trabajo de Campo con Comunidades y Actores Clave

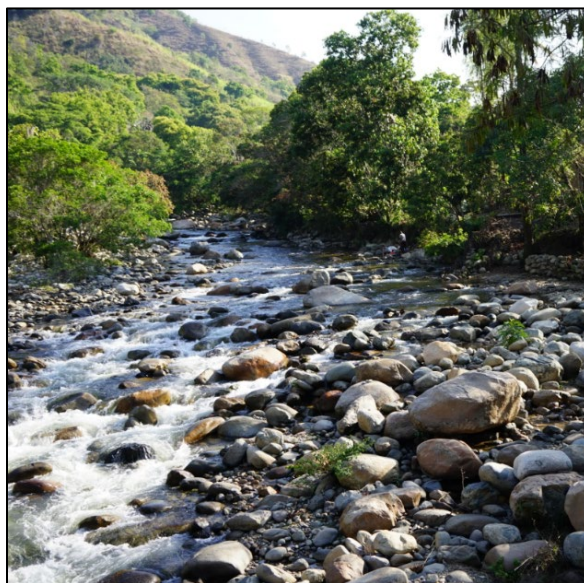
La recolección de información en campo se realizó a través del acercamiento y acuerdo con las comunidades indígenas de los Arhuacos, Kankuamos y Koguis; igualmente con los pobladores del municipio de Valledupar y los corregimientos que abarcan la Cuenca del Río Guatapurí.

En el desarrollo de las actividades se llevó a cabo la socialización inicial con los representantes de cada una de las comunidades indígenas, en donde se acordó los sectores, donde se podía realizar un trabajo de campo efectivo. Durante el recorrido por estos sectores siempre se contó con el acompañamiento de un delegado de la comunidad indígena respectiva; en el caso de Los Arhuacos fue necesario un traductor, para facilitar el desarrollo de las entrevistas. Es de resaltar que dichos delegados en su disposición de ayudar a que el trabajo se cumpliera a cabalidad, guiaban las encuestas hacia personas con mayor trayectoria dentro de los territorios.

a. Recorridos al Margen de Corrientes Hídricas

Los recorridos de campo están enmarcados dentro de las actividades del diagnóstico participativo. El acompañamiento de representantes de la comunidad permitió conocer la región de estudio, sus problemas ambientales, y los rastros de los eventos de desastre ocurridos en el pasado. (Ver **Anexo 7.2.**).

**Fotografía 7.1. Río Guatapurí, Corregimiento Chemesquemena. Coordenadas:
E: 1073838, N: 1676019, A: 1158 msnm.**



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Fotografía 7.2. Arroyo La Canoa. Municipio Valledupar, vía El Jabo, Finca Boio. Coordenadas, E: 1650750, N: 1094549, A: 144 msnm.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Fotografía 7.3. Río Guatapurí. Municipio Valledupar, vía El Jabo, Finca La Rudaca.
Coordenadas: E: 1090764, N: 1651509, A: 181 msnm.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

b. Acompañamiento Comunitario

El acompañamiento comunitario se hizo a través de entrevistas personalizadas con actores de los territorios, que en su mayoría llevan mucho tiempo viviendo allí y/o que están expuestos a algún tipo de riesgo.

Fotografía 7.4. Encuestas de Diagnóstico Participativo. Corregimiento Guatapurí, municipio Valledupar.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Fotografía 7.5. Encuestas de Diagnóstico Participativo. Municipio Valledupar.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Fotografía 7.6. Encuestas de Diagnóstico Participativo. Corregimiento Sabana Crespo, municipio Valledupar.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Fotografía 7.7. Encuestas de Diagnóstico Participativo. Corregimiento Chemesquemena, Municipio Valledupar.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

La encuesta busca responder los siguientes interrogantes:

- ¿Qué tipo de eventos se han presentado?
- ¿Cómo se presentaron los eventos?
- ¿Qué lugar han sido afectados?
- ¿Cuál fue la fecha de ocurrencia?
- ¿Cada cuánto ocurre?
- ¿Qué elementos, componentes o sistemas han sido afectados cuando ocurrieron estos eventos?
- ¿En estas zonas siguen existiendo elementos expuestos?
- ¿Cuál fue la magnitud y afectación del evento?
- ¿Cuál fue el evento detonante?

Así también, se evaluó la seguridad y fiabilidad de la información datada por los habitantes.

En la **Figura 7.1** se observa el formato utilizado para la recolección de información relacionada con eventos, dirigido aleatoriamente a habitantes de sectores considerados expuestos al riesgo; en el **Anexo 7.3** se encuentra todo el registro fotográfico. Del mismo modo, se pueden encontrar los resultados en físico y de manera digital en el **Anexo 7.4** encuestas acompañamiento comunitario y **Anexo 7.5** información digitalizada, respectivamente.

Figura 7.1. Formato de Diligenciamiento de Encuestas de Acompañamiento Comunitario.

CONTRATO DE CONSULTORÍA NO. 19-6-0145-0-2015: "Elaborar (Formular) los Planes de Ordenación y Manejo de las cuencas hidrográficas del Río Guatapurí (Código 2801-01) y del Río Bajo Cesar – Ciénaga Zapata (Código 2805-02)", en el marco del proyecto "Incorporación del Componente de Gestión del Riesgo como Determinante Ambiental del Ordenamiento Territorial en los Procesos de Formulación y/o Actualización de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas Afectadas por el Fenómeno de la Niña 2010-2011".			
FORMATO DE ACOMPAÑAMIENTO COMUNITARIO - DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO		COMPONENTE: GESTIÓN DEL RIESGO COD: 2801-01	
FECHA	LUGAR DE LA VISITA DE CAMPO	(Municipio, corregimiento y/o vereda)	
PROFESIONAL ENCARGADO	NOMBRE:	CARGO:	
PERSONA ENCUESTADA			
ANONIMO: ☐ NOMBRE Y APELLIDOS: VEREDA/ CORREGIMIENTO DE RESIDENCIA O TRABAJO: TELEFONO: EDAD APROXIMADA: 15-20 ☐ 41-50 ☐ 21-30 ☐ 51-75 ☐ 31-40 ☐ 76-100 ☐			
PREGUNTAS			
1. En este sector se han presentado eventos de: Inundaciones: ☐ deslizamientos: ☐ incendios forestales: ☐ avenidas torrenciales: ☐			
2. ¿Como se presentaron los eventos?			
3. ¿Que lugares han sido afectados ? Departamento: Municipio o Distrito: Corregimiento: Vereda: Barrio o localidad: Nombre de la corriente: Delimitación del Lugar:			
4. ¿Cual fue la Fecha de Presentación? < 5 años ☐ Entre 31 y 50 años ☐ Entre 5 y 15 años ☐ Entre 51 y 75 años ☐ Entre 16 y 30 años ☐ Mayor a 75 años ☐ Conoce la fecha exacta? ☐ Cual fue ?			
5. ¿Cada cuanto ocurren ?			
6. ¿Que elementos, componentes o sistemas han sido afectados, cuando ocurrieron estos eventos? (ejem: para eventos de inundaciones, deslizamientos o incendios esta la vivienda, cultivos, ganado, etc. Y para torrenciabilidad personas)			
7. En esas zonas siguen existiendo elementos expuestos (asentamientos cerca de ríos o quebradas, actividades productivos en zonas de deslizamientos o inundaciones, infraestructuras, etc? (para eventos de inundaciones, deslizamientos o incendios)			
8. Describa la magnitud y efectos del evento			
Nivel alcanzado: Tipo de Depositos (rocas, arboles, barro)(solo para evento de torrenciabilidad): Tamaño de los Depositos (solo para evento de torrenciabilidad): Personas afectadas: Duración (horas, días)			
9. ¿El evento principal coincidió con un evento de?			
Precipitación: ☐ Sismo: ☐ Movimiento en Masa: ☐ Otro: ☐ Cual?			
LA PERSONA ENCUESTADA MANIFIESTA ESTAR			
ACERCA DE LA FECHA: Segura: ☐ Con Dudas: ☐ ACERCA DE LA DESCRIPCIÓN: Segura: ☐ Con Dudas: ☐			
LA PERSONA ENCUESTADA, VALORA QUE LA ENCUESTA ES			
Fiable: ☐ Poco Fiable: ☐ Nada fiable: ☐			
JUSTIFICACIÓN:			
OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE BRINDADA POR LA PERSONA ENCUESTADA			
OBSERVACIONES			

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Se llevó a cabo un total de 155 encuestas, con un total de 58 eventos amenazantes: 26 inundaciones, 22 movimientos en masa, 9 incendios forestales y 1 avenida torrencial.

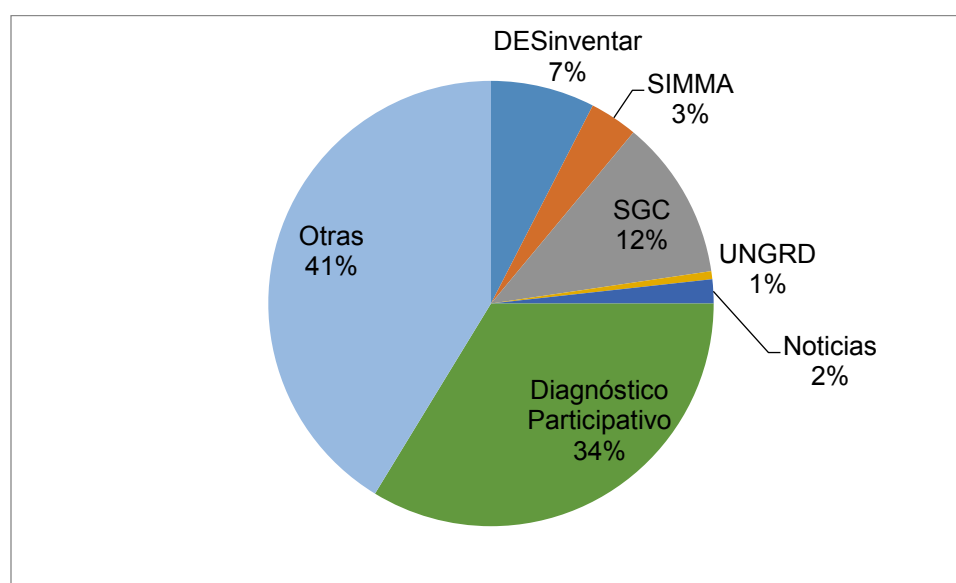
En la siguiente tabla se puede apreciar el total de eventos amenazantes por cada una de las fuentes de información consultadas. Es importante resaltar que en este grupo se incluyen otras fuentes que fueron empleadas para determinar eventos por remoción en masa, en particular mediante fotoidentificación y mediante verificación geomorfológica de campo.

Tabla 7.2. Eventos Amenazantes por Fuente de Información.

FUENTE	CANTIDAD	%
DESinventar	13	7.6%
SIMMA	6	3.5%
SGC	20	11.6%
UNGRD	1	0.6%
Noticias	3	1.7%
Diagnóstico Participativo	58	33.7%
Otras	71	41.3%
TOTAL	172	100.0%

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Gráfica 7.3 Porcentaje de Eventos de Amenaza por Fuente de Información.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

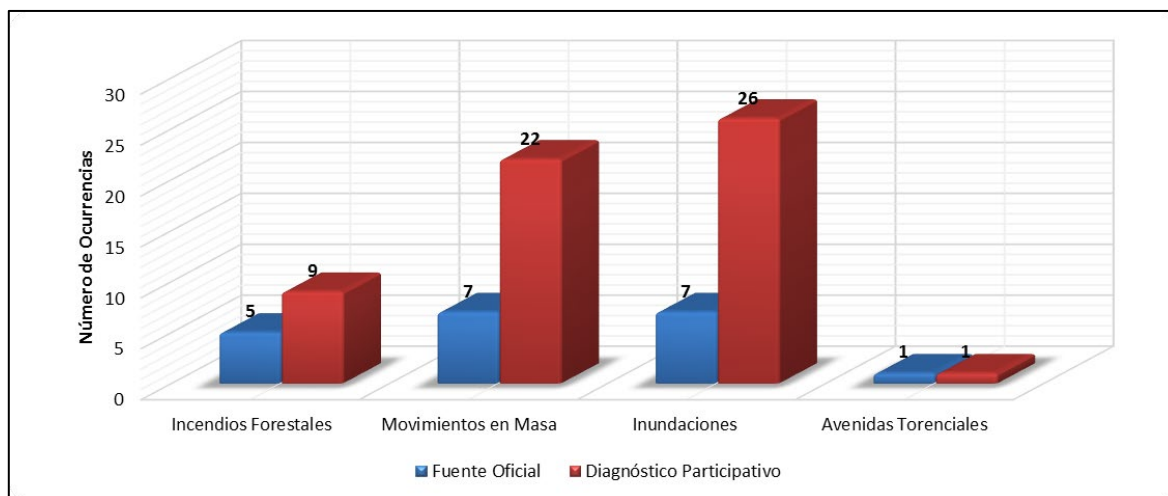
En la distribución de porcentajes por eventos de amenaza, según fuentes de información, el SGC con el 19,8% se ubica como la fuente oficial con mayor suministro de datos, sin

embargo, dichos datos corresponden a eventos sísmicos cuya clasificación no es prioritaria por el POMCA del Río Guatapurí. En ese sentido los eventos históricos que registra DESINVENTAR se catalogan como la fuente oficial de mayor información con el 12,9% con eventos de inundación, incendios forestales y vendavales; seguido del registro de movimientos en masa del SIMMA con 5,9% y por último un evento suministrado por la UNGRD.

7.2.2 Validación de Eventos

Del diagnóstico participativo se registraron 9 eventos por incendios forestales, 22 eventos por remoción en masa, 26 eventos por inundación y tan solo 1 evento por avenida torrencial (ver Gráfica 7.4). La información validada fue incluida en el catálogo de eventos históricos. Debido a que no se trata de una fuente oficial, se realizó un procedimiento de validación, que consistió en la revisión y comparación de los datos característicos del suceso, es decir, fecha, ubicación geográfica y daños, con los eventos de fuentes oficiales.

Gráfica 7.4 Número de Eventos de Amenaza Registrados según el Tipo de Fuente de Información.

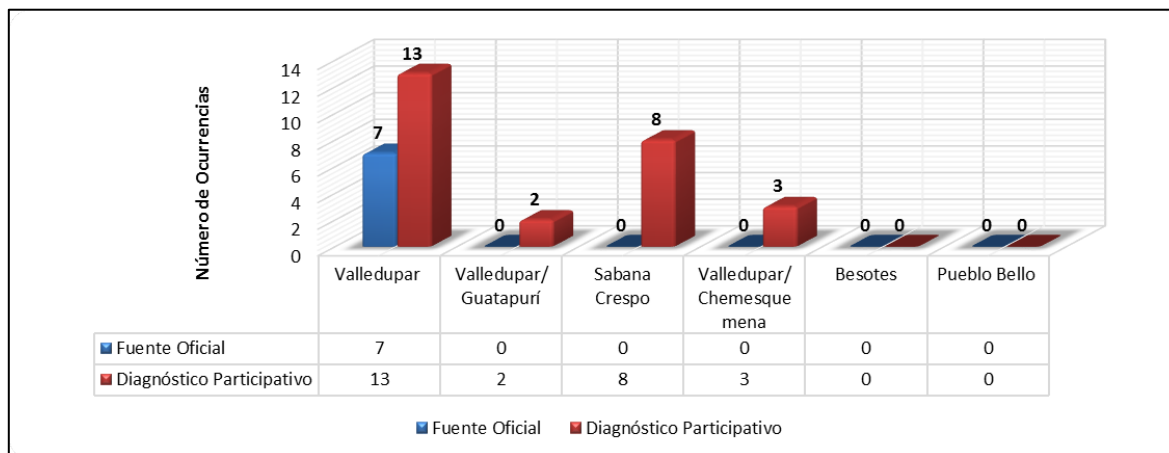


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En la validación y complementación del catálogo, se encontró que las inundaciones son el evento que según las comunidades se presenta con mayor ocurrencia en el corregimiento de Sabana Crespo y la comuna 1 del municipio de Valledupar. Seguido de los movimientos en masa predominantes en Chemesquemena, Guatapurí y Sabana Crespo. Los incendios forestales se presentan en menor proporción, se evidencian sobre todo en el corregimiento Guatapurí, y por último solo 1 registro de avenidas torrenciales.

Las inundaciones, según el diagnóstico participativo, son el evento que más se presenta en la Cuenca del Río Guatapurí, siendo el municipio de Valledupar el lugar con mayor ocurrencia por el desbordamiento del río Guatapurí, afectando reiteradamente los barrios de la Comuna 1. En Sabana Crespo no hay registros oficiales de inundación, sin embargo, la población identifica ocho (8) en un periodo entre los 5 y 30 años por las crecientes de los drenajes cercanos a los cerros Yugaka y Donachuí, y los sectores de La Pelea del Diablo, Cimarrona, Platanito y Mamancana. Entre tanto en los corregimientos de Chemesquemena y Guatapurí se identifican menor número de ocurrencias, pero con un periodo menor a los 5 años (Ver Gráfica 7.5).

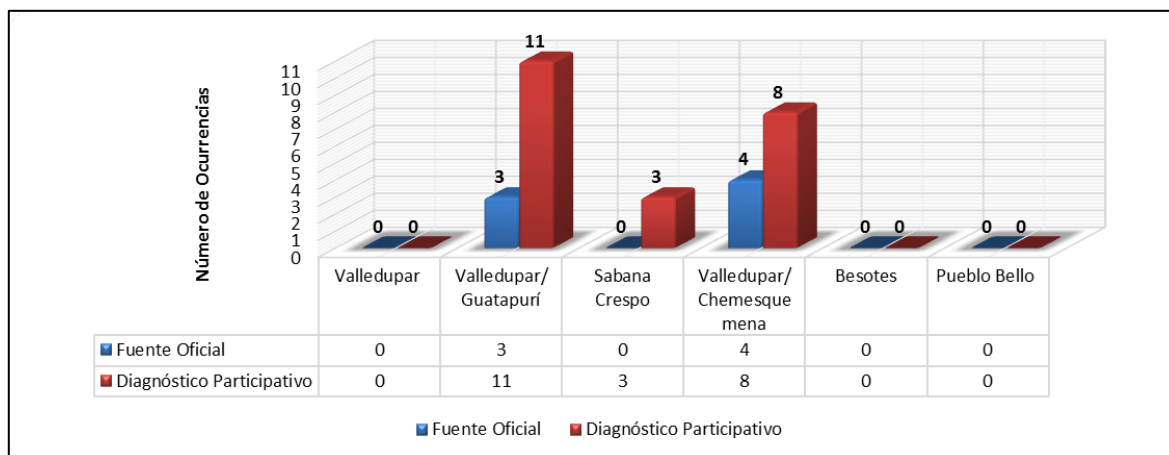
Gráfica 7.5 Inundaciones Registradas según el Tipo de Fuente de Información.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

A diferencia de las inundaciones que afectan en su mayoría el sector urbano del municipio de Valledupar, la zona rural de este municipio se ve afectada por movimientos en masa en tres (3) de sus corregimientos: Guatapurí con el mayor número de registros, presenta reiterados hechos en los cerros Dunarúa y Yugaka, así como sobre la vía que comunica hacia otros centros poblados; en cuanto a Chemesquemena en el cerro Diosagaka y otros cerros cercanos los hechos se vienen presentando en los últimos años, y en Sabana Crespo se vienen presentando en algunos cerros cercanos. (Ver Gráfica 7.6).

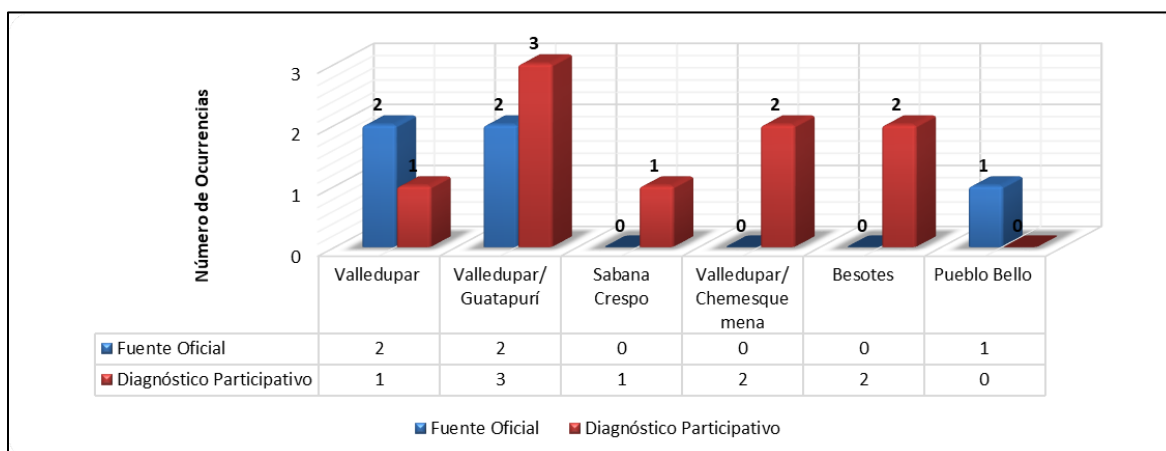
Gráfica 7.6 Movimientos en Masa Registrados según el Tipo de Fuente de Información por municipio.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Los Incendios forestales se ubican como el tercer evento con mayor ocurrencia, especialmente en el corregimiento Guatapurí, en los cerros Bacancuza y Pintado. Seguido los corregimientos de Chemesquemena y Besotes con dos ocurrencias históricas cada uno. Por último, Valledupar y Sabana Crespo con un (1) incendio cada uno en entre los años 2017 y 2018 (Ver Gráfica 7.7).

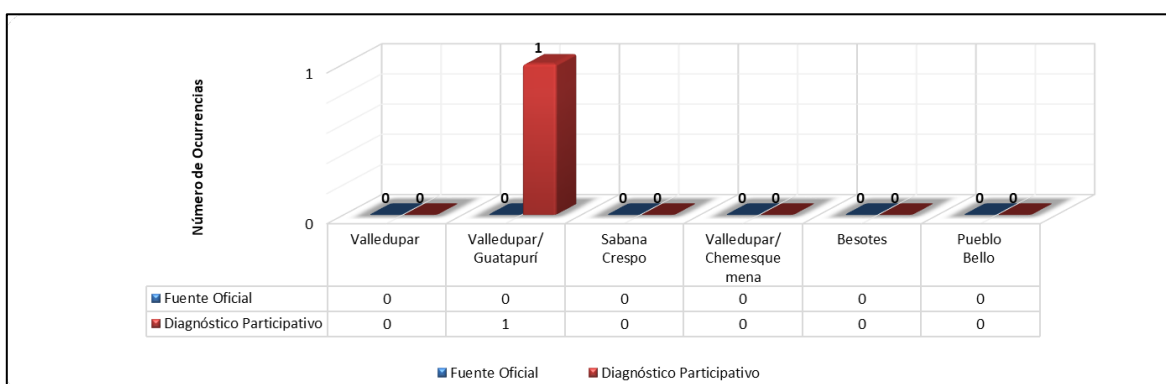
Gráfica 7.7 Incendios Forestales Registrados según el Tipo de Fuente de Información por municipio.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Las avenidas torrenciales no son un evento recurrente en la Cuenca del Río Guatapurí, se constata en que no hay registro oficial alguno y que la comunidad solo data un evento sin mayor información que permita caracterizarlo y validarlo (Ver Gráfica 7.8).

Gráfica 7.8 Avenidas Torrenciales Registradas según el Tipo de Fuente de Información por municipio.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.2.3 Análisis de Resultados

Este análisis consta de la cuantificación y caracterización porcentual de los eventos amenazantes priorizados por el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Guatapurí a nivel de cuenca y a nivel municipal.

7.2.3.1 Movimientos en Masa

La Cuenca del Río Guatapurí, presenta pendientes bastante fuertes, con unidades de rocas ígneas y metamórficas predominantemente que generan suelos de poco espesor, sobre los cuales se evidencian procesos erosivos significativos, especialmente en los lomos o divisorias de aguas, cuya cobertura vegetal es escasa. Estos procesos erosivos se dan en subunidades geomorfológicas de ambiente denudacional y estructural y aunque no son

propiamente eventos de remoción en masa constituyen áreas que por efectos de fuertes precipitaciones pueden ser proclives a generar deslizamientos superficiales.

Esta cuenca presenta como aspecto ventajoso su baja densidad poblacional, su relativamente bajo desarrollo de infraestructura y el respeto de la población ancestral que allí habita por su entorno. No obstante lo anterior, se identifican ciertas acciones antrópicas que producen efectos sobre la estabilidad del terreno, como la deforestación, la modificación de pendientes para el establecimiento de asentamientos, la construcción de vías de acceso sin adecuados sistemas de manejo de drenajes y los conflictos de uso del suelo. Para un mayor entendimiento en el comportamiento de la cuenca, las consecuencias post desastre y la recurrencia, se presentan los resultados de la recopilación de información a nivel municipal en la **Tabla 7.3**.

Tabla 7.3. Análisis de Resultados por Municipio – Movimientos en Masa.

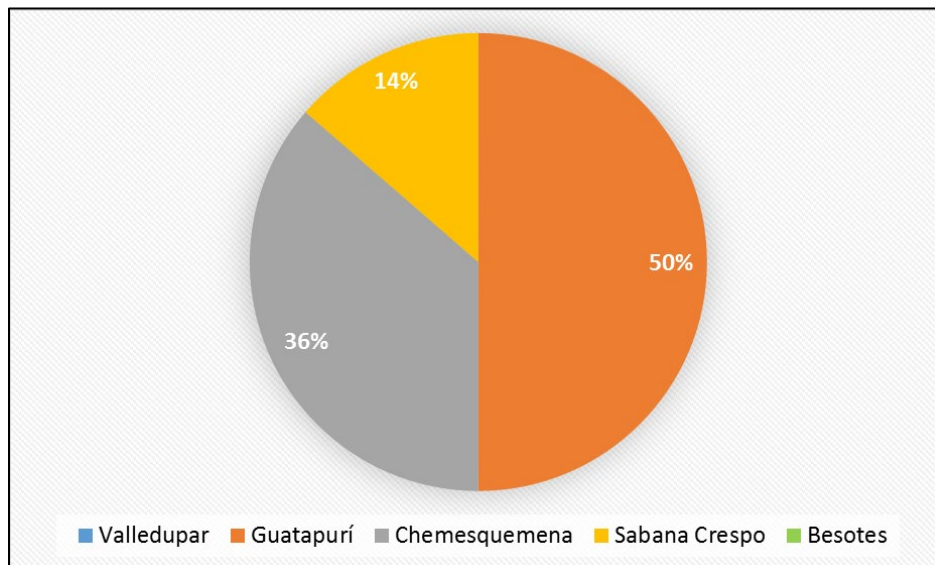
MUNICIPIO/CORREGIMIENTO	TOTALES	FUENTES OFICIALES	FUENTES COMUNITARIAS	OBSERVACIONES
Valledupar/ Guatapurí	14	3	11	En los últimos 5 años se han presentado movimientos en masa de subtipo deslizamiento rotacional y deslizamiento traslacional en el cerro Dunarúa, principalmente en sector Cangrejal, que ha afectado viviendas, cultivos y animales, también se presentó un evento en los últimos 16 – 30 años. En los años 2009 en el río Kamintikua aguas arriba del río Guatapurí, en el 2010 en la ladera occidental del cerro Durania, en el 2014 en cercanías al casco urbano de Guatapurí.
Valledupar/Sabana Crespo	3	0	3	Se han presentado reiterados deslizamientos en los cerros cercanos al centro poblado, así como también sobre la vía que comunica con Valledupar, afectando la vía principal y vegetación.
Valledupar/Chemesquemena	12	4	8	Se han presentado reiterados deslizamientos en el cerro Diosagaka, así como en otros cerros a los alrededores del centro poblado de subtipo deslizamiento rotacional y traslacional planar principalmente en los últimos 5 años, afectando viviendas, cultivos y vías. Los deslizamientos se siguen presentando de forma reiterada.

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir las encuestas llevadas a cabo durante el diagnóstico participativo, el corregimiento que presentan el mayor número de movimientos en masa es Guatapurí, representado el 50% de los eventos reportados; seguido de

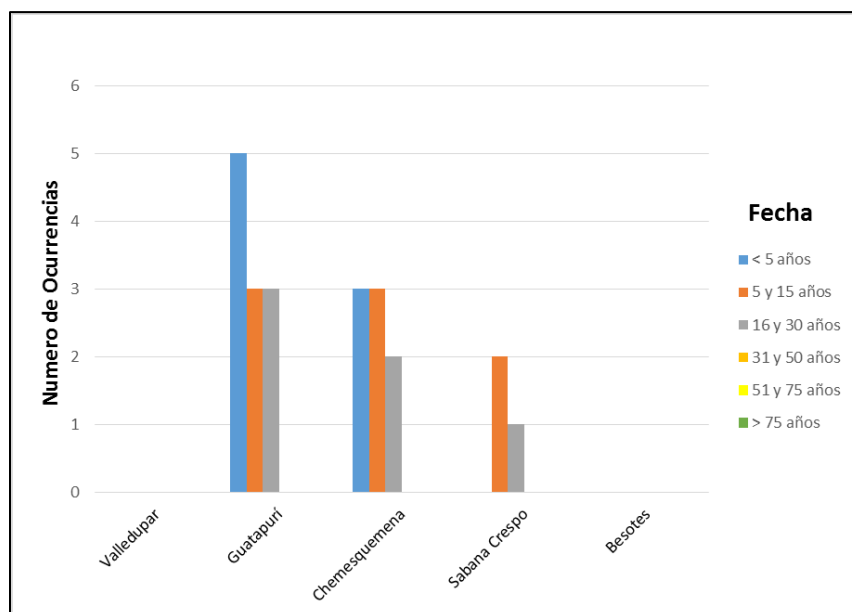
Chemesquemena y Sabana Crespo, que representan el 36% y 14% respectivamente (ver Gráfica 7.9), teniendo en cuenta la fecha aproximada en la cual ocurrieron los eventos, se observa que el centro poblado que ha presentado el mayor número de eventos por movimientos en masa en los últimos 5 años es Guatapurí con 5 eventos, seguido de Chemesquemena con 3 eventos, mientras que los eventos reportados en Sabana Crespo son mas antiguos, ocurridos en el periodo entre los últimos 5 a 30 años. (Ver Gráfica 7.10).

Gráfica 7.9 Porcentaje de movimientos en masa ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado, según fuentes comunitarias.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

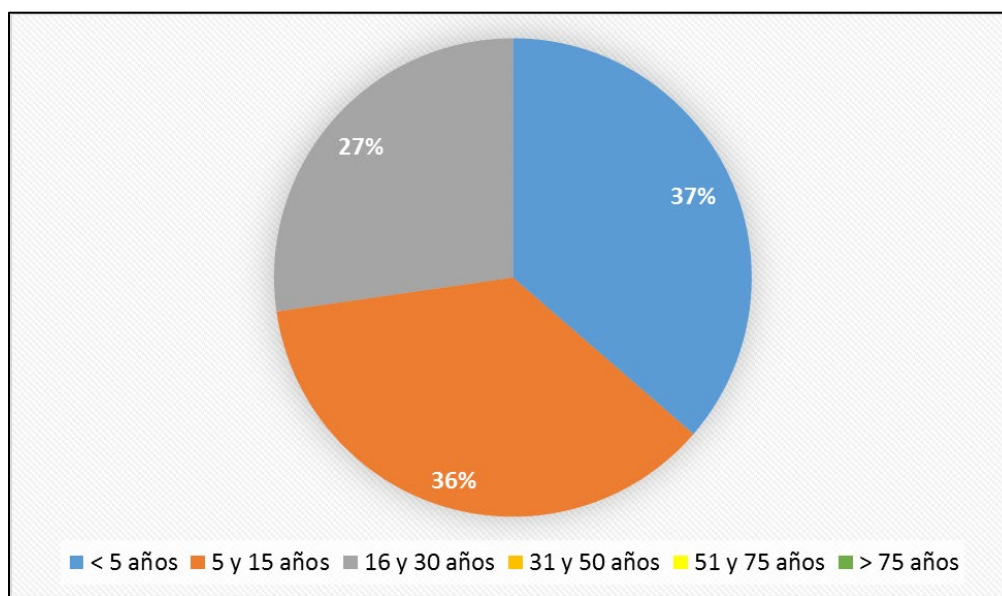
Gráfica 7.10 Numero de eventos de remoción en masa ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha de ocurrencia, según fuentes comunitarias.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En general el 37% de los movimientos en masa reportados por fuentes comunitarias en la Cuenca del Río Guatapurí han ocurrido en los últimos 5 años y el resto de movimientos en masa han ocurrido en los periodos comprendidos entre 5 -15 años y 16-30 años, con 36% y 27% respectivamente (ver Gráfica 7.11). La comunidad no reporta eventos más antiguos.

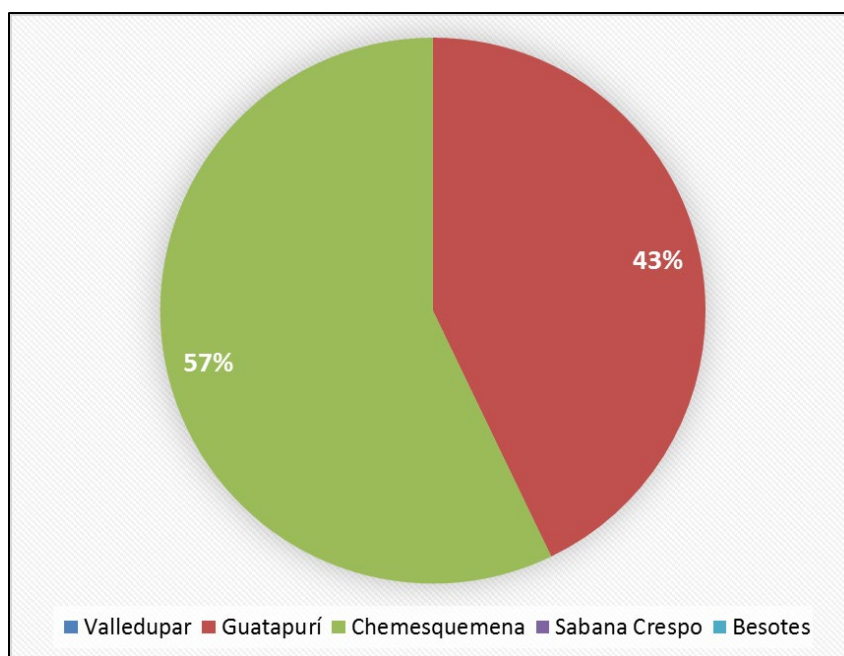
Gráfica 7.11 Porcentaje de fechas de ocurrencia de movimientos en masa en la Cuenca del Río Guatapurí, según fuentes comunitarias.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir las fuentes oficiales, el centro poblado que en general presenta el mayor número de movimientos en masa es Chemesquemena, correspondiente al 57% de los eventos reportados en la Cuenca del Río Guatapurí, seguido de Guatapurí, que representa el 43% respectivamente (ver Gráfica 7.12).

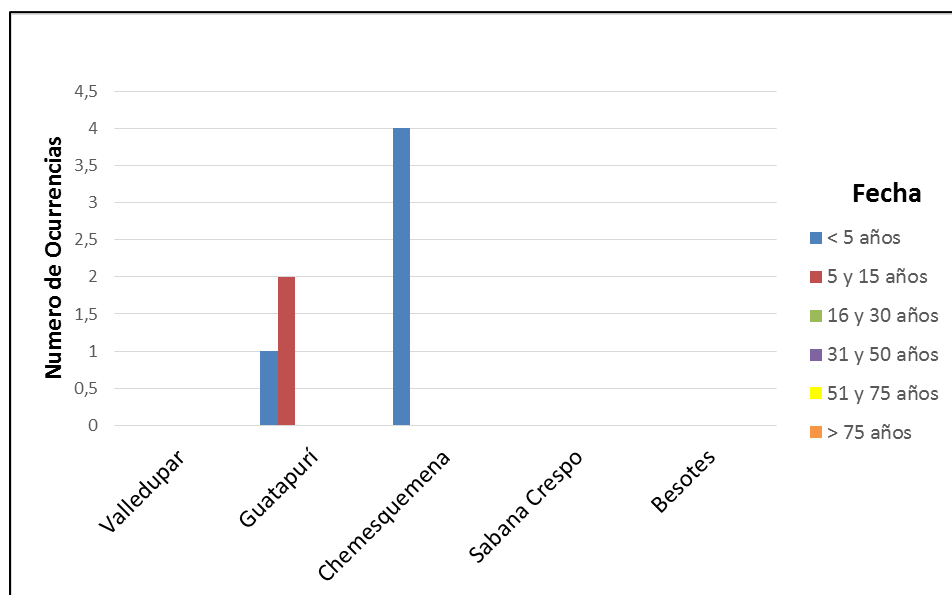
Gráfica 7.12 Porcentaje de movimientos en masa ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado, según fuentes oficiales.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Debido a que las encuesta tuvieron en cuenta la fecha aproximada en la cual ocurrieron los eventos, se observa que el centro poblado que ha presentado el mayor número de eventos por movimientos en masa en los últimos 5 años es Chemesquemena, con 5 eventos ocurridos en esta fecha, mientras que en el periodo comprendido entre los últimos 5 y 15 años el centro poblado que mayor número de movimientos presentó fue Guatapurí con 2 eventos (ver Gráfica 7.13).

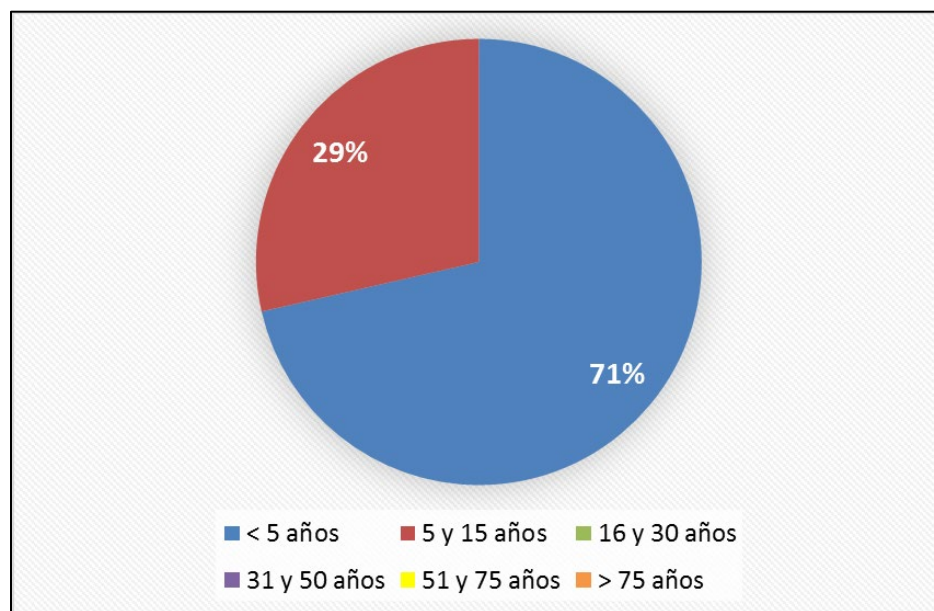
Gráfica 7.13 Numero de movimientos en masa ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, a partir de fuentes oficiales.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En general el 71% de los movimientos en masa reportados por fuentes oficiales en la Cuenca del Río Guatapurí han ocurrido en los últimos 5 años y el restante 29% han ocurrido en el periodo comprendido entre los últimos 5 -15 años (ver Gráfica 7.14). Por fuentes oficiales no se reportan eventos más antiguos.

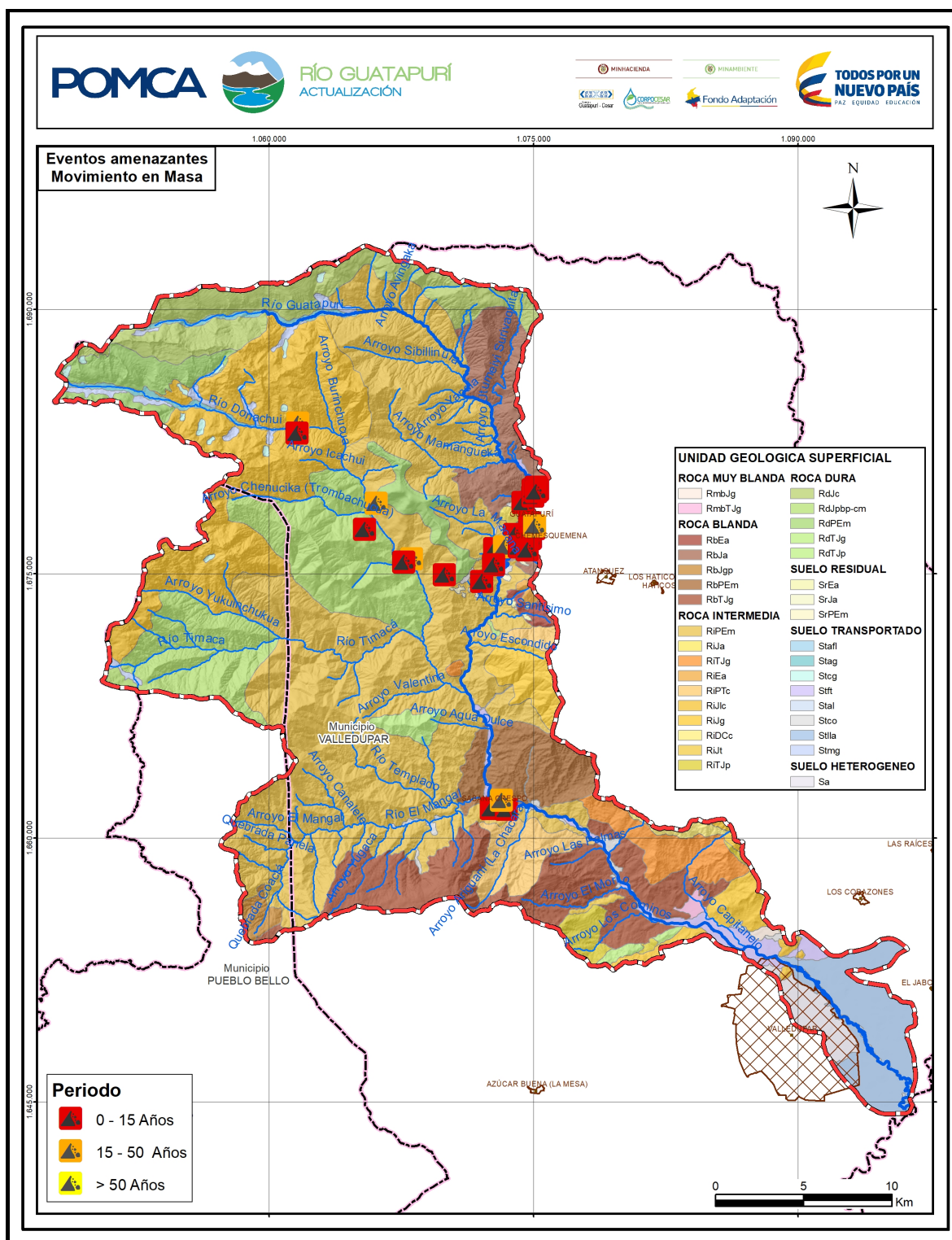
Gráfica 7.14 Porcentaje de fechas de movimientos en masa en la Cuenca del Río Guatapurí, según fuentes oficiales



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En el Mapa 7.2 se pueden identificar los movimientos en masa, su recurrencia y su relación con las características de las unidades geológicas superficiales.

Mapa 7.2 Eventos Amenazantes de Tipo Movimiento en Masa Según Periodo de currencia.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Los eventos identificados por fotointerpretación y por reconocimiento geomorfológico no se incluyeron en los anteriores análisis porque no se sometieron a un proceso de validación, sin embargo, son de utilidad para los posteriores análisis de susceptibilidad geomorfológicos de campo.

7.2.3.2 Inundaciones

Las Inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes o generalizadas que generan un aumento progresivo del nivel de las aguas contenidas dentro de un cauce superando la altura de las orillas naturales o artificiales, ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas (Flórez & Suavita Bejarano, 1997). Dentro de los límites de la Cuenca del Río Guatapurí, se han registrado 7 inundaciones según fuentes oficiales, 26 inundaciones según fuentes comunitarias, y 2 eventos de inundación según fuentes de noticias. En la **Tabla 7.4** se presentan en detalle algunas observaciones, producto del análisis de las inundaciones registradas en cada municipio y/o corregimiento por fuente oficial y comunitaria.

Tabla 7.4. Análisis de Resultados por Municipio – Inundaciones.

MUNICIPIO/ CORREGIMIENTO	TOTALES	FUENTES OFICIALES	FUENTES COMUNITARIAS	OBSERVACIONES
Valledupar	20	7	13	En 1974 se produjo un represamiento de las aguas al desbordarse una acequia del río Guatapurí e inundó dos barrios suburbanos causando averías a muchas residencias. En 1981 100 familias resultaron damnificadas al desbordarse el río Guatapurí que les destruyó sus viviendas y los dejó a la intemperie. En 1986, 5 barrios ubicados en las riberas del río Guatapurí se inundaron como consecuencia del crudo invierno. En noviembre de 1987 el río Guatapurí sobrepasó su nivel normal y a su paso las aguas arrasaron pequeños sembrados y animales; averió varias viviendas y dejó sin patio a otras. Árboles gigantesos también fueron arrancados por la corriente. Los habitantes de las casas más próximas tuvieron que mudarse a sectores más altos y pasar la noche en la escuela comunal. Cuando el caudal disminuyó el río Guatapurí había acabado con más de 30 metros de orilla. Una acequia que atraviesa el sector también se desbordó y mantuvo casi intransitables la mayoría de las calles. En el

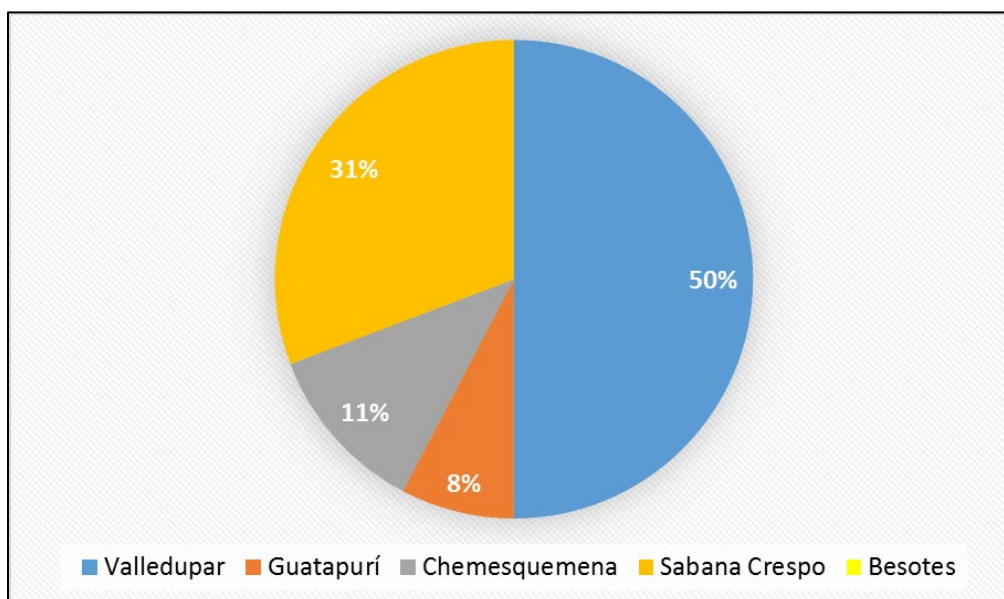
MUNICIPIO/ CORREGIMIENTO	TOTALES	FUENTES OFICIALES	FUENTES COMUNITARIAS	OBSERVACIONES
				mismo noviembre de 1987 los barrios Pescaito, Zapato en mano, Once de Noviembre, Catarrana y Paraíso debieron ser evacuados, varias personas quedaron encerradas dentro de sus casas y totalmente aislados por las corrientes. Algunas viviendas quedaron en la margen derecha y otras en la margen izquierda. El río Guatapurí entró al sector y tendió un nuevo cauce. Como consecuencia quedaron más de 30 casas destruidas, 50 averiadas y un número no determinado de familias damnificadas. Fue una noche en que se perdieron animales y cultivos. La creciente también averió la bocatoma del acueducto. En 2004 el desbordamiento del río Guatapurí dejó afectados los barrios Zapato en mano, Pescaito, Nueve de marzo, Las Mercedes, Galán, La Victoria, 5 de enero, La Roca, Bello Horizonte, La Nevada, El Futuro de los Niños. En 2012 una creciente súbita del río Guatapurí afectó 3 viviendas, 5 familias y 15 personas en el barrio Villa Castro. En el 2013 y 2017 se presentaron inundaciones en la finca Rudaca; en 1995, 1997, 2006 y 2013 se presentaron inundaciones en el Paraíso y en el 2017 en la finca la pedregosa. También se han presentado inundaciones en el arroyo la Canoa.
Valledupar/ Guatapurí	2	0	2	Se han presentado 2 inundaciones en los años 2010 y 2016.
Sabana Crespo	8	0	8	En el 2017 se presentó una inundación en el sector la Cimarronera. En un periodo comprendido entre los 5 y 30 años se han presentado inundaciones en los cerros Donachuí, Yugaka, en el sector de la Pelea del Diablo, Platanito, y Macancana.

MUNICIPIO/ CORREGIMIENTO	TOTALES	FUENTES OFICIALES	FUENTES COMUNITARIAS	OBSERVACIONES
Valledupar/Chemesquemena	3	0	3	Se han presentado tres (3) inundaciones en jurisdicción del corregimiento en los años 2014, 2017.

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir las encuestas llevadas a cabo durante el diagnóstico participativo, los centros poblados que en general presentan el mayor número de inundaciones son Valledupar y Sabana Crespo, representado el 50% y 31% de los eventos reportados por la comunidad; seguidos de Chemesquemena y Guatapurí, que representan el 11% y 8% respectivamente (ver Gráfica 7.15).

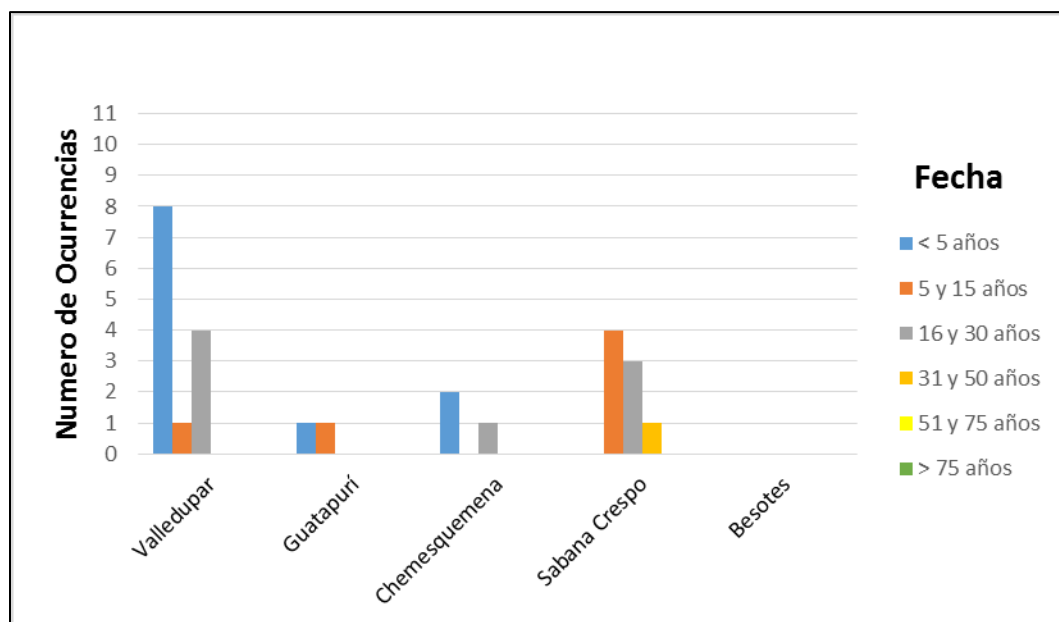
Gráfica 7.15 Porcentaje de inundaciones ocurridas en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado, según fuentes comunitarias.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Teniendo en cuenta la fecha aproximada en la cual ocurrieron los eventos, se observa que los centros poblados que han presentado el mayor número de eventos por inundaciones en los últimos 5 años son Valledupar y Chemesquemena, con 8 y 2 eventos ocurridos en estas fechas respectivamente, mientras que en el periodo comprendido entre los últimos 5 y 15 años el centro poblado que mayor número de movimientos presento fue Sabana Crespo con 4 eventos (Ver Gráfica 7.16).

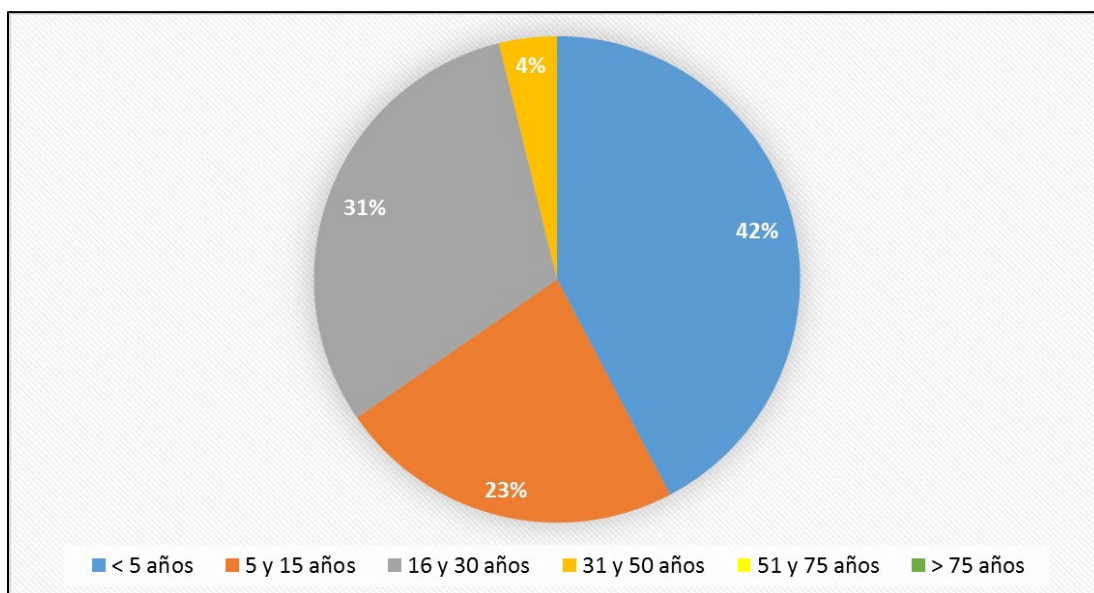
Gráfica 7.16 Numero de inundaciones ocurridas en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, a partir de fuentes comunitarias.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En general el 42% de las inundaciones reportadas por fuentes comunitarias en la Cuenca del Río Guatapurí han ocurrido en los últimos 5 años y el resto de movimientos en masa han ocurrido en los periodos comprendidos entre 5 - 15 años, 16 - 30 años y 31 – 50 años, con 23%, 31% y 4% respectivamente (ver Gráfica 7.17). Por fuentes comunitarias no se reportan eventos más antiguos.

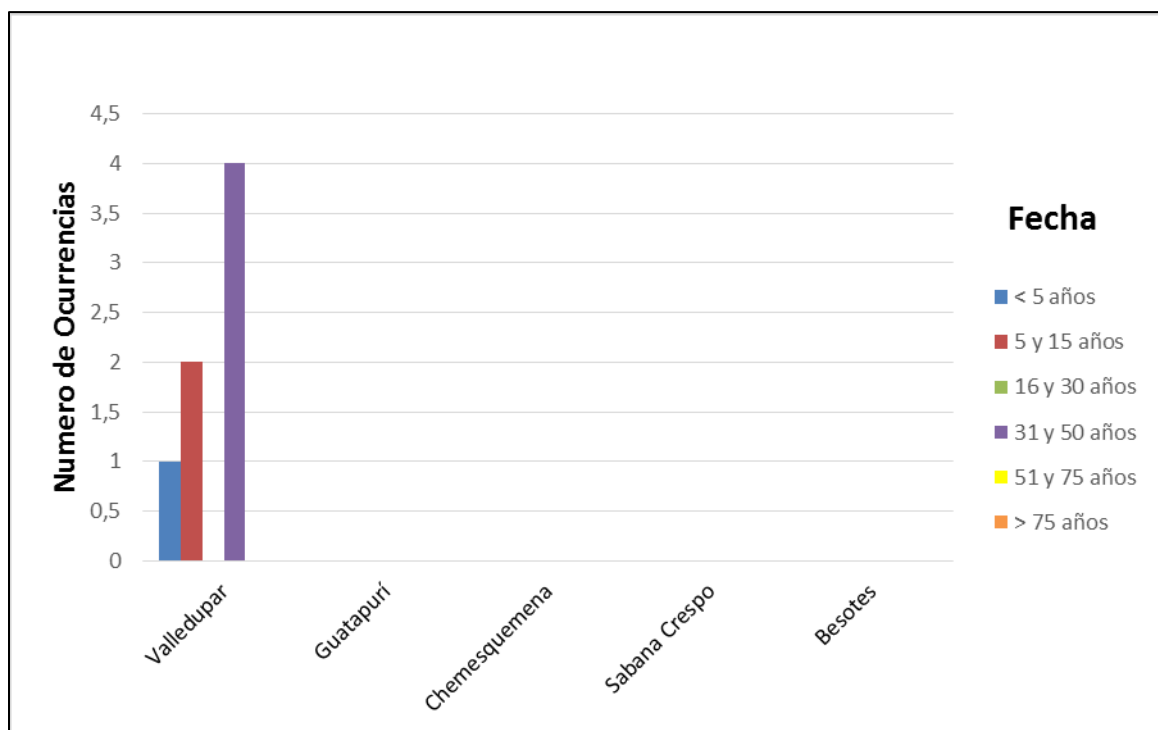
Gráfica 7.17 Porcentaje de fechas de ocurrencia de eventos de inundación en la Cuenca del Río Guatapurí, según fuentes comunitarias.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de fuentes oficiales, el único casco urbano que presenta inundaciones es Valledupar, representado el 100% de los eventos reportados. Teniendo en cuenta la fecha aproximada en la cual ocurrieron los eventos, se observa que 1 evento de inundación se presentó en los últimos 5 años, 2 eventos se presentaron en el periodo comprendido entre los últimos 5 y 15 años y 4 eventos sucedieron en el periodo comprendido entre los últimos 31 y 50 años (ver Gráfica 7.18).

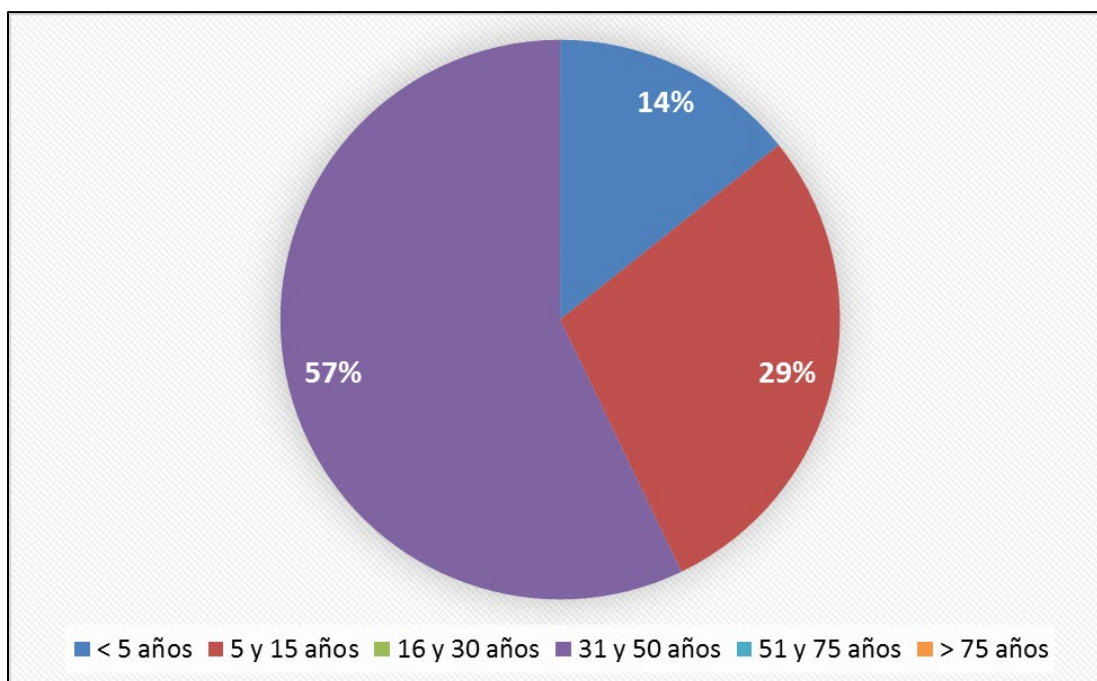
Gráfica 7.18 Numero de inundaciones ocurridas en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, a partir de fuentes oficiales.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En general el 57% de las inundaciones reportadas por fuentes oficiales en la Cuenca del Río Guatapurí han ocurrido en el periodo comprendido entre los últimos 31 - 50 años, tan solo el 14% han ocurrido en los últimos 5 años y el otro 29% han ocurrido en el periodo entre los últimos 5 - 15 años (ver Gráfica 7.19). Por fuentes oficiales no se reportan eventos más antiguos.

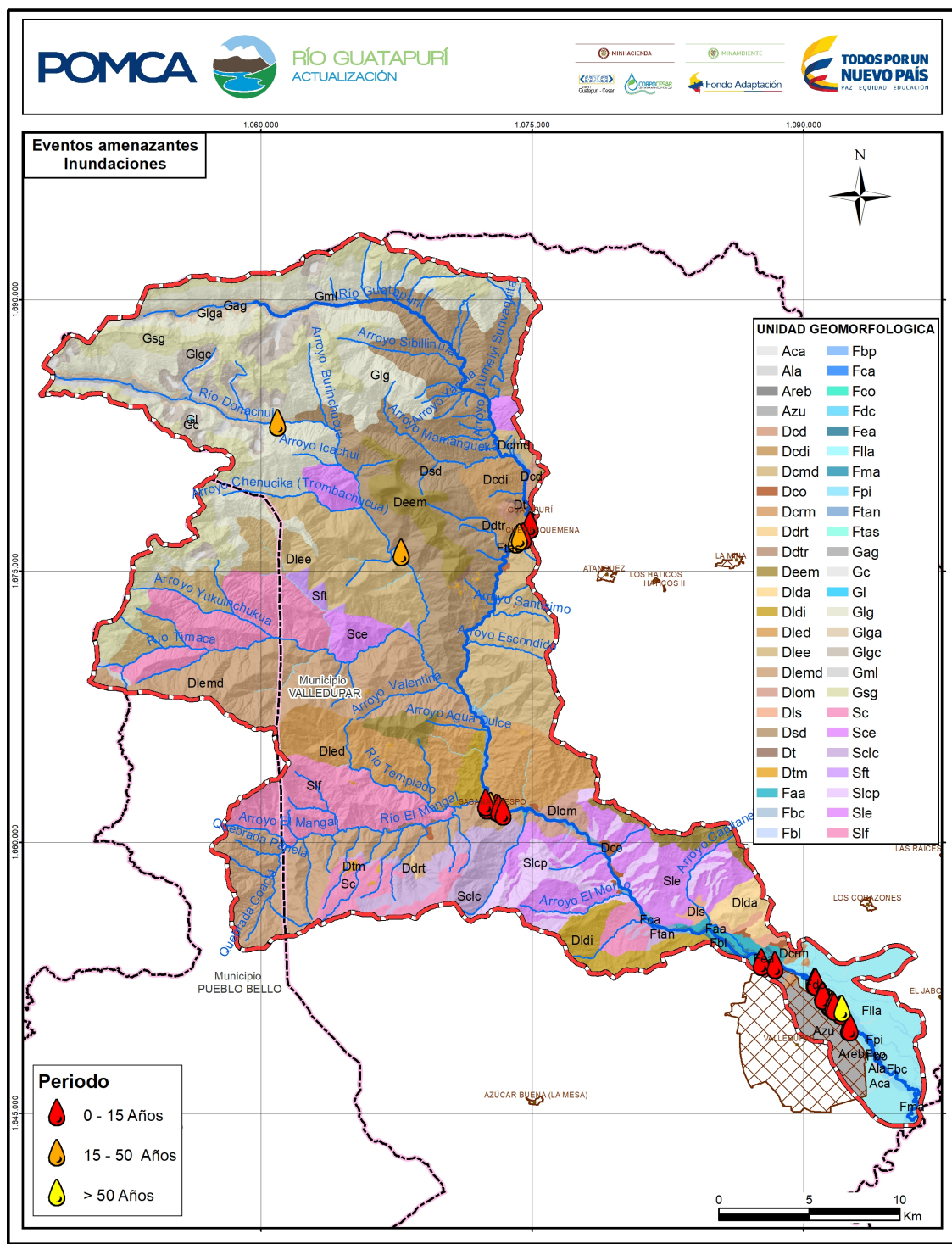
Gráfica 7.19 Porcentaje de fechas de ocurrencia de eventos de inundación en la Cuenca del Río Guatapurí, según fuentes oficiales.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En el Mapa 7.3 se presenta la categorización de la recurrencia de puntos de afectación, de acuerdo con los colores: rojo para eventos menores a 15 años de recurrencia, naranja para eventos entre 15 y 50 años, amarillo para eventos que superen los 50 años de ocurrencia.

Mapa 7.3 Eventos Amenazantes de Tipo Inundación.



Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

7.2.3.3 Incendios Forestales

Estos eventos son recurrentes en la Cuenca del Río Guatapurí. En total se han se registrado un total de 14 eventos en la Cuenca del Río Guatapurí en los últimos 30 años; la gran mayoría se encuentran distribuidos en el corregimiento de Guatapurí. En la **Tabla 7.5** se presentan en detalle algunas observaciones producto del análisis del catálogo de los eventos registrados en cada municipio y corregimiento.

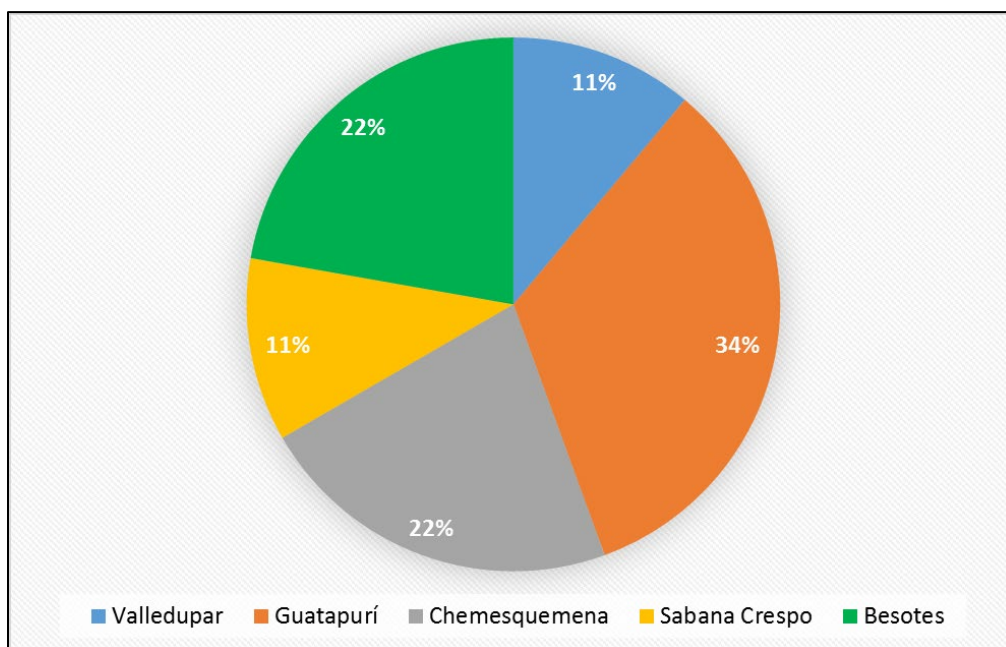
Tabla 7.5. Análisis de Resultados por Municipio – Incendios Forestales.

MUNICIPIO/CORREGIMIENTO	TOTALES	FUENTES OFICIALES	FUENTES COMUNITARIAS	OBSERVACIONES
Valledupar	3	2	1	Se tienen registros de 2013 donde fueron consumidas en el cerro Eccehomo cerca del cementerio entre 30 y 50 Ha de bosque nativo. En el mismo año se reporta incendio forestal en el cerro CICOLAC durante dos días que consume 70 Ha de bosque seco tropical, trupillo, acacia y guayacán.
Valledupar/ Guatapurí	5	2	3	En el 2012 se presenta incendio forestal en jurisdicción del corregimiento. En el 2001 se presenta un incendio en el pico Codazzi, en la parte alta de la Sierra Nevada de Santa Marta.
Valledupar/Sabana Crespo	1	0	1	En el 2016 se presenta incendio forestal en jurisdicción del corregimiento en el sector de la Cimarronera.
Valledupar/Chemesquemena	2	0	2	Se han presentado dos (2) incendios forestales en jurisdicción del corregimiento, en el periodo comprendido entre los 16 y 30 años.
Valledupar/Besotes	2	0	2	Se han presentado dos (2) incendios forestales en jurisdicción del corregimiento, en el periodo comprendido entre los 5 y 30 años.
Pueblo Bello	1	1	0	En el 2013 se presenta un incendio forestal en la parte alta de la Sierra Nevada de Santa Marta, jurisdicción del municipio.

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir las encuestas llevadas a cabo durante el diagnóstico participativo, los centros poblados que presentan el mayor número de incendios forestales son Guatapurí, Chemesquemena y Besotes, representado el 34% y 22% de los eventos reportados; seguidos de Valledupar y Sabana Crespo, que representan el 11% de los eventos reportados cada uno (ver Gráfica 7.20).

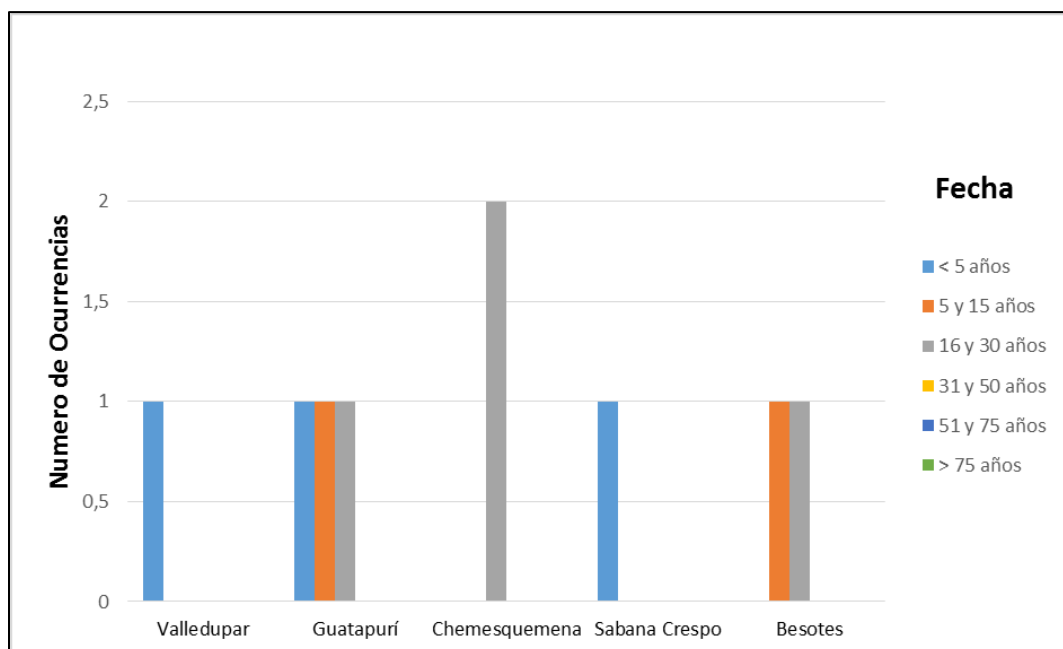
Gráfica 7.20 Porcentaje de incendios forestales ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado, según fuentes comunitarias.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Teniendo en cuenta la fecha aproximada de ocurrencia de los eventos, se aprecia que los centros poblados que han presentado incendios forestales en los últimos 5 años son Guatapurí, Sabana Crespo y Valledupar, con 1 evento cada uno, mientras que los centros poblados de Chemesquemena y Besotes presentan eventos más antiguos (ver Gráfica 7.21).

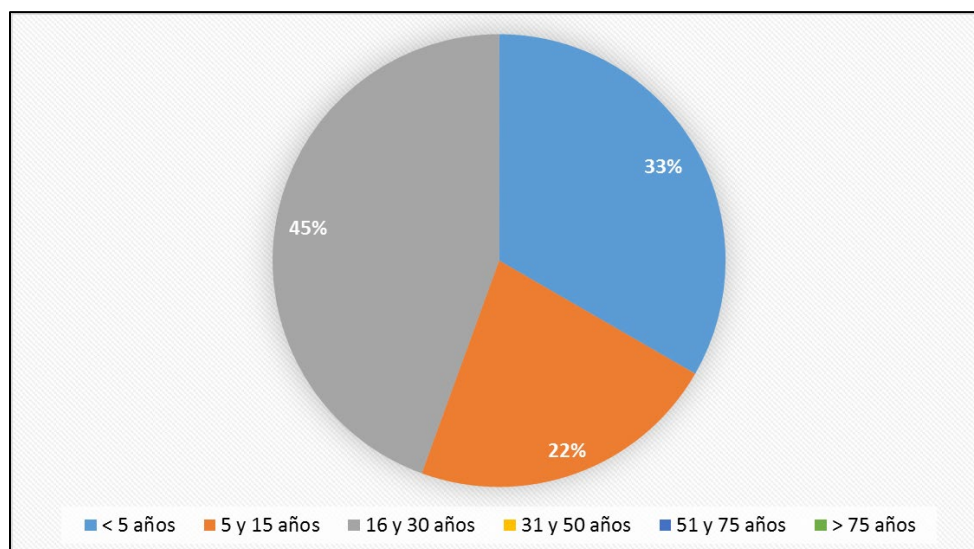
Gráfica 7.21 Número de incendios forestales ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, según fuentes comunitarias.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En general el 45% de los incendios forestales reportados por fuentes comunitarias en la Cuenca del Río Guatapurí han ocurrido en el periodo comprendido entre los últimos 16 - 30 años, el 33% de los eventos por incendios forestales han ocurrido en los últimos 5 años y el resto de incendios forestales han ocurrido en el periodo comprendido entre los últimos 5 - 15 años, correspondiente al 22% (ver Gráfica 7.22). Por fuentes comunitarias no se reportan eventos más antiguos.

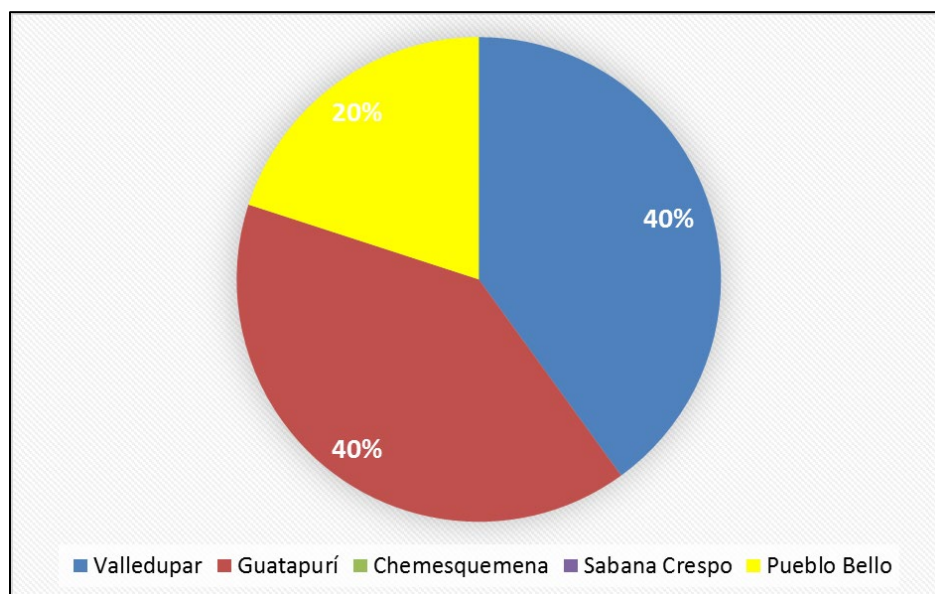
Gráfica 7.22 Porcentaje de fechas de ocurrencia de incendios forestales en la Cuenca del Río Guatapurí, según fuentes comunitarias.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de fuentes oficiales, los centros poblados que en general presenta el mayor número de incendios forestales son Guatapurí y Valledupar, cada uno correspondiente al 40% de los eventos reportados en la Cuenca del Río Guatapurí, seguido de un área en la parte alta de la Sierra Nevada de Santa Marta, en jurisdicción del municipio de Pueblo Bello, que representa el 20% de los eventos reportados (ver Gráfica 7.23).

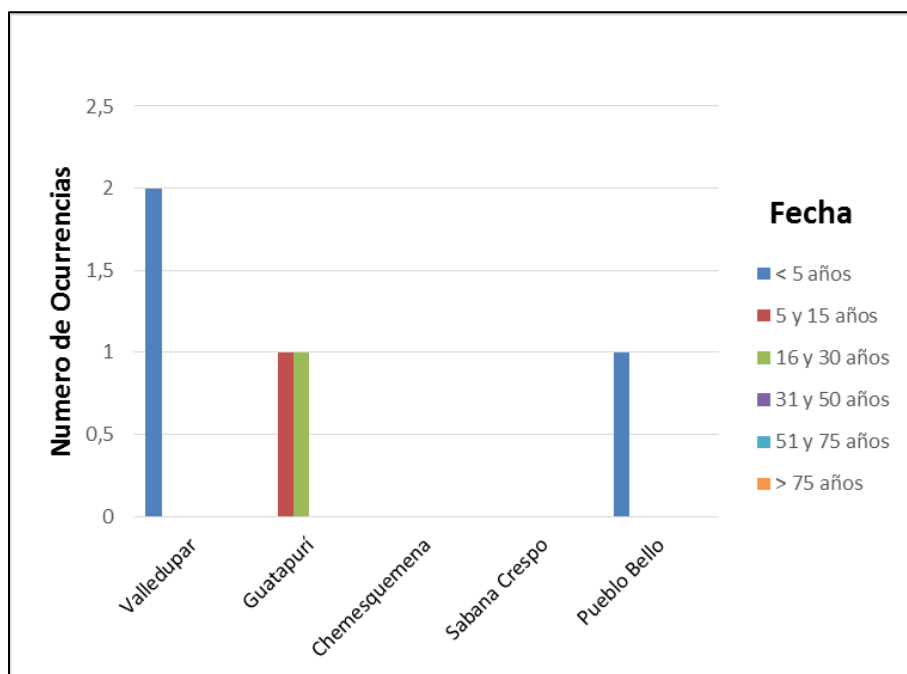
Gráfica 7.23 Porcentaje de incendios forestales ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado, según fuentes oficiales.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Debido a que las encuesta tuvieron en cuenta la fecha aproximada en la cual ocurrieron los eventos, se observa que los centros poblados que han presentado el mayor número de eventos por incendios forestales en los últimos 5 años son Valledupar y Pueblo Bello, con 2 y 1 eventos ocurridos en estas fechas respectivamente, mientras que los incendios forestales más antiguos reportados por fuentes oficiales se presentan en el centro poblado de Guatapurí, con 1 evento ocurrido en el periodo comprendido entre los últimos 5 y 15 años y otro evento en el periodo de los últimos 16 – 30 años (ver Gráfica 7.24).

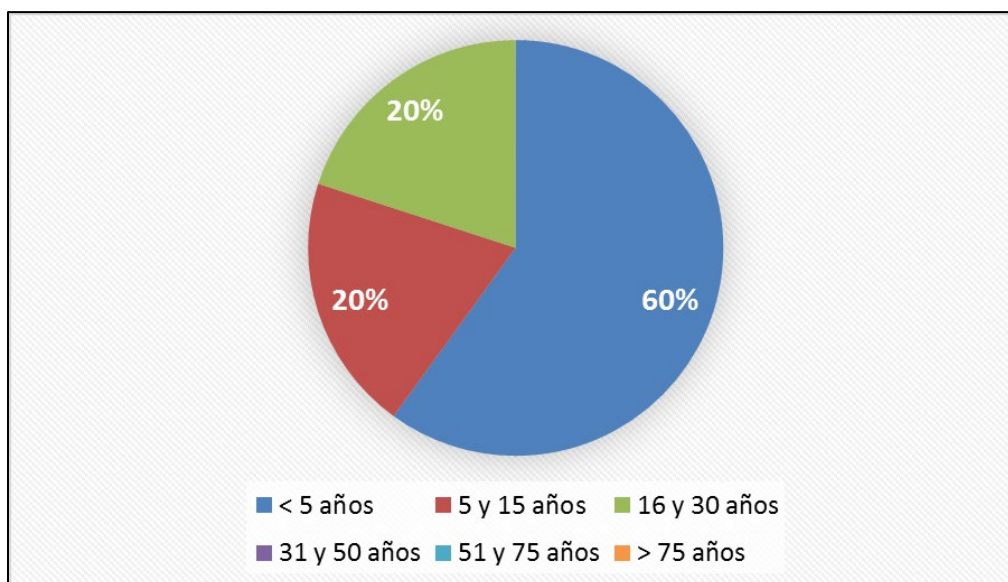
Gráfica 7.24 Número de incendios forestales ocurridos en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, según fuentes oficiales.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En general el 60% de los incendios forestales reportados por fuentes oficiales en la cuenca han ocurrido en los últimos 5 años, el 20% han ocurrido en el periodo comprendido entre los últimos 5 - 15 años y el otro 20% han ocurrido en los últimos 16 - 30 años (ver Gráfica 7.25). Por fuentes oficiales no se reportan eventos más antiguos.

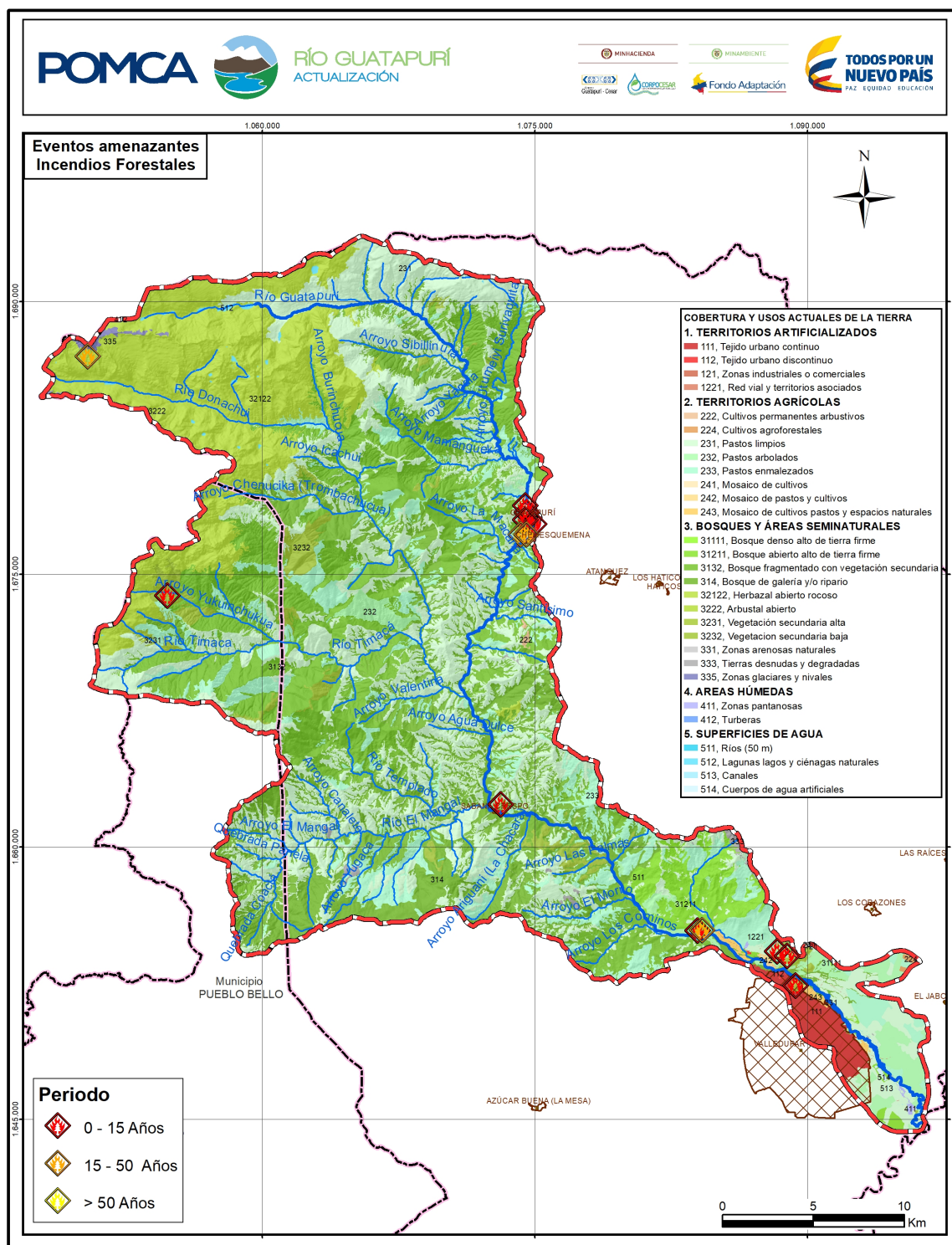
Gráfica 7.25 Porcentaje de fechas de ocurrencia de incendios forestales en la Cuenca del Río Guatapurí, según fuentes oficiales.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En el Mapa 7.4 se observa la cartografía de coberturas y usos del suelo y los puntos de afectación de eventos históricos de amenaza por incendios forestales en Cuenca del Río Guatapurí.

Mapa 7.4 Eventos Amenazantes de tipo Incendio Forestal.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.2.3.4 Avenidas Torrenciales

Este fenómeno corresponde a una creciente súbita, que está compuesta por un flujo de agua con alto contenido de material de arrastre, el cual tiene un fuerte potencial destructivo debido a su alta velocidad. Las avenidas torrenciales se caracterizan por su alto caudal pico, corta duración, pequeña extensión del área de influencia y flujo rápido.

Las características geomorfológicas de la cuenca indican que este tipo de eventos pueden presentarse en varios de los cauces que por sus altas pendientes son de tipo torrencial. Sin embargo, en muchos casos la población identifica estos eventos como crecientes o inundaciones. Adicionalmente, debido a la baja densidad de población algunos eventos torrenciales pueden pasar desapercibidos porque no implican daños sobre la población o sobre sus áreas de interés. En este sentido el manejo del territorio, respetando las zonas de influencia de los ríos y quebradas es muy positivo en términos de reducción y manejo del riesgo, tanto es así que en las fuentes comunitarias solo se registra un (1) evento y no aparecen registros de otras fuentes. En la **Tabla 7.6** se presentan en detalle algunas observaciones producto del análisis de las **Avenidas Torrenciales** ocurridas en cada municipio.

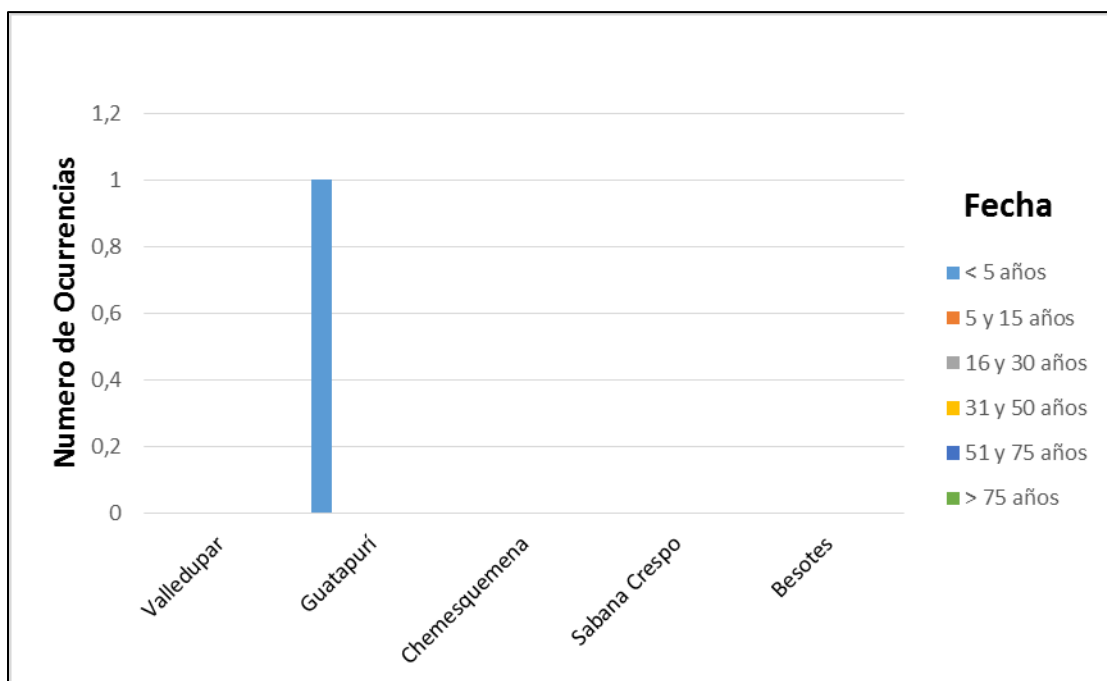
Tabla 7.6. Análisis de Resultados por Municipio- Avenidas Torrenciales.

MUNICIPIO/CORREGIMIENTO	TOTALES	FUENTES OFICIALES	FUENTES COMUNITARIAS	OBSERVACIONES
Valledupar/ Guatapurí	1	1	1	En 2017 en el cerro Dunaruba sector el Cangrejal, se presentó un deslizamiento que cayó sobre el río Guatapurí que terminó represándose por un tiempo y desplazándose afectando la comunidad indígena de los Kogui.

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir las encuestas llevadas a cabo durante el diagnóstico participativo, el único centro poblado que ha presentado un evento de avenida torrencial en los últimos 5 años es Guatapurí, correspondiente al 100% de los eventos reportados (ver Gráfica 7.26).

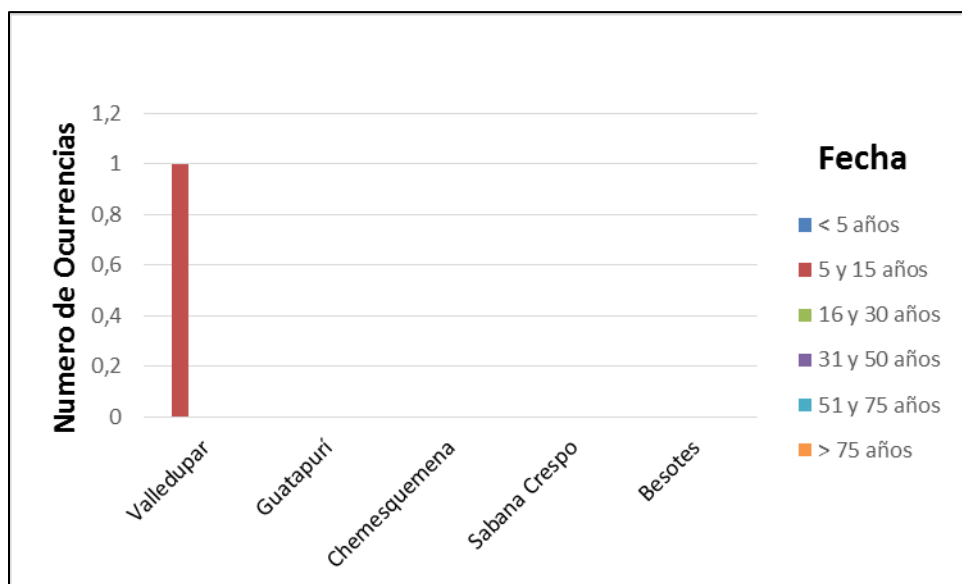
Gráfica 7.26 Número de avenidas torrenciales ocurridas en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, según fuentes comunitarias.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de fuentes de noticias, el único centro poblado en el que se reporta un evento de avenida torrencial es Valledupar, correspondiente al 100% de los eventos reportados en la Cuenca del Río Guatapurí, este evento ocurrió en el periodo comprendido entre los últimos 5- 15 años (ver Gráfica 7.27).

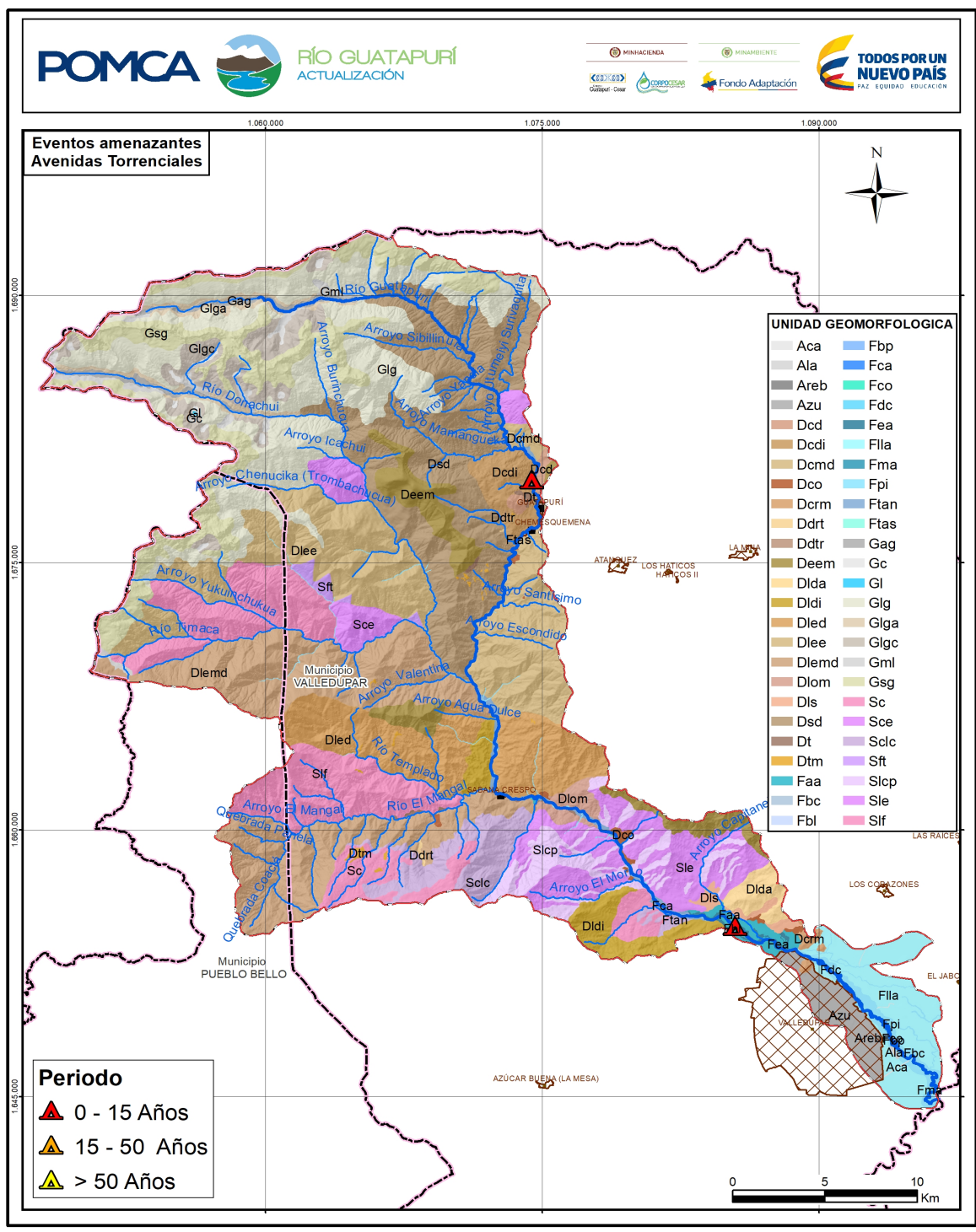
Gráfica 7.27 Número de avenidas torrenciales ocurridas en la Cuenca del Río Guatapurí por centro poblado y fecha, según fuentes oficiales.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En el Mapa 7.5 se observa la cartografía de procesos morfodinámicos y los puntos de afectación de eventos históricos de amenaza por avenida torrencial en la Cuenca del Río Guatapurí.

Mapa 7.5 Eventos Amenazantes de tipo Avenida Torrencial.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

A continuación, en el Mapa 7.6 se presenta una compilación de las fuentes de información en un solo mapa donde se diferencia cada tipo de fenómeno y su recurrencia.

7.3 IDENTIFICACIÓN, CLASIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE FENÓMENOS AMENAZANTES Y EVALUACIONES DE LA AMENAZA.

7.3.1 Marco teórico Conceptual

La siguiente es la definición proporcionada por la Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS)-Anexo B (Gestión del Riesgo):

“La susceptibilidad en los estudios de análisis y evaluación de amenazas, constituye la base inicial, el primer paso para el análisis y zonificación de amenazas. Se entiende como la predisposición de un territorio a presentar determinados fenómenos amenazantes. De acuerdo con la naturaleza de los eventos amenazantes, cada uno de ellos tiene una fuente y una forma como se materializa en un espacio geográfico”.

“Por lo tanto, se plantea que no se puede configurar un evento de origen natural si no existen determinadas condiciones ya sean geológicas, geográficas, meteorológicas, atmosféricas, ambientales y sociales para que se puedan materializar. Los mapas de susceptibilidad para cada evento deben delimitar áreas de acuerdo con unas características específicas que dan lugar a uno de los tipos de eventos determinados.”

El concepto de amenaza se define en la Ley 1523 de 2012 como: *“Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales”* (artículo 4, numeral 3).

“En el POMCA, como instrumento de planificación ambiental del territorio, el principal objetivo de una evaluación de amenazas es pronosticar el comportamiento de los eventos potencialmente dañinos, con un conocimiento de la probabilidad de ocurrencia y sus diferentes magnitudes, que puedan afectar las condiciones físicas, bióticas, sociales y económicas de la cuenca”.

A continuación, se desarrolla la caracterización de las condiciones de riesgo para los eventos principales que pueden llegar a afectar la cuenca hidrográfica en estudio (movimientos en masa, inundación, avenidas torrenciales e incendios forestales), considerando la información disponible y el trabajo en campo realizado y permitido en el área de la cuenca. Los resultados permitirán zonificar y caracterizar el riesgo al que podrían estar expuestos los habitantes, la infraestructura vital y demás actores influyentes en la cuenca hidrográfica.

La metodología definida por el Fondo Adaptación (2014) en su “Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA” divide la caracterización final del riesgo en una serie de fases sucesivas, entre las que se encuentran: evaluación y zonificación de la susceptibilidad, zonificación de la amenaza y análisis de vulnerabilidad.

A continuación, se presenta la identificación, clasificación y caracterización de los cuatro (4) fenómenos amenazantes principales (movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales) y la identificación y localización a partir de información secundaria de fenómenos amenazantes referidos a desertificación, vendaval, volcánicos, erosión costera y tsunamis.

7.3.2 Movimientos en Masa

7.3.2.1 Resumen

Se entiende por movimiento en masa el deslizamiento hacia el exterior y en sentido descendiente del material que constituye una ladera. Esta clase de eventos, por lo general, se presentan en zonas con relieves pronunciados, controlados fundamentalmente por la acción de la gravedad (Cruden, 1991).

La estabilidad de las laderas está regida por una serie de factores topográficos, geológicos, ambientales y antrópicos que inciden en la probabilidad de que los materiales que componen la ladera se muevan. El paulatino crecimiento durante los últimos años de la ocupación y el desarrollo de actividades económicas en zonas catalogadas como potencialmente inestables, ha llamado la atención de las autoridades nacionales y departamentales. En virtud de lo anterior, y considerando además los recientes acontecimientos naturales, los cuales han dejado gran cantidad de damnificados y multitudinarias pérdidas económicas, generaron como resultado la adopción de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, y el establecimiento del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Ley 1523 de 2012).

En lo que respecta a los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas-POMCAS, le fue igualmente incorporado el componente de gestión del riesgo, con el único fin de evaluar y zonificar los diferentes eventos amenazantes, estableciendo así, los condicionamientos para el uso y ocupación del territorio.

Esta parte del documento abordará lo que corresponde a la evaluación y zonificación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa para la cuenca del Río Guatapurí, desarrollando la metodología propuesta por el Fondo Adaptación (2014) en el “Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA”. Cabe acotar que los resultados y demás productos, cubren en su totalidad los objetivos y el alcance fijados inicialmente para el presente proyecto; resultados que se alcanzaron gracias a la suma de esfuerzos mancomunados por parte del personal adscrito al consorcio y la comunidad ubicada en la zona de influencia.

7.3.2.2 Introducción

A la fecha de elaboración del presente informe, según los resultados de las fases anteriores del POMCA, en lo que hace referencia a la recopilación de eventos históricos de las fuentes oficiales (bomberos, defensa civil, alcaldías municipales, entre otros), en el municipio de Valledupar, se han registrado eventos de emergencia por movimientos en masa, de moderada magnitud, bastante recurrentes y dispersos por toda el área montañosa, siendo en su mayoría representativos para la comunidad en los sectores rurales. Una importante proporción de estos movimientos en masa han aportado materiales que han alcanzado los cauces del río Guatapurí.

Considerando estos eventos históricos, es posible que la amenaza por movimientos en masa afecte la cuenca, siendo las áreas con presencia de laderas las más perjudicadas por este tipo de fenómenos. El área urbana presenta afectaciones por movimientos en masa en menor medida, estos eventos dejados personas afectadas y damnificados. Sumado a lo anterior, entre los años 2010 y 2011, en donde el fenómeno de La Niña registró los niveles de precipitación máximos históricos, ocasionando daños y pérdidas de vidas humanas, mostraría un panorama vulnerable para el territorio colombiano. Fue así como para el año 2012, el gobierno nacional expidió la Ley 1523 como la Política Nacional para la Gestión

del Riesgo de Desastres, y posteriormente, el Decreto 1077 de 2015 (Decreto 1807 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”.

Con la necesidad en la implementación de estas políticas y la vulnerabilidad de la población en general, la Corporación Autónoma Regional del Cesar – CORPOCESAR, impulsó el presente proyecto, con el objetivo principal de incorporar el componente de gestión del riesgo como determinante ambiental en la organización territorial en la cuenca del Río Guatapurí. El alcance planteado incluye la identificación, evaluación y zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa; elaboración del mapa de susceptibilidad a escala 1:25.000; evaluación y zonificación de la amenaza por movimientos en masa en las zonas de susceptibilidad definidas; desarrollar el mapa de amenaza a escala 1:25.000, bajo los factores detonantes extremos como lluvia (periodos de retorno de 2, 20, 50 y 100 años) y sismo para los mismos periodos de retorno.

Como se ha citado en líneas anteriores, la metodología aplicada en el presente proyecto corresponde a la planteada por el Fondo Adaptación (2014) en el “Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA”; y el Servicio Geológico Colombiano-SGC (2015), en la “Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa”. Para el caso de la susceptibilidad, se emplean técnicas estadísticas de tipo discriminante, en donde los posibles factores causantes de deslizamientos, fueron sometidos a análisis estadísticos con la finalidad de generar un discriminante que mejor clasifique las áreas estables e inestables. Por su parte, la evaluación de la amenaza se realiza sobre las zonas definidas como de susceptibilidad media y alta, efectuando un análisis determinístico de estabilidad (método de equilibrio límite), que para el caso de suelos se realiza calculando el factor de seguridad para una serie de escenarios propuestos (se asume el método del talud infinito); y, para el caso de las unidades de roca, se emplea el índice SMR.

Seguidamente se presentan los resultados de la metodología descrita, sus análisis respectivos y la formulación de una serie de recomendaciones encaminadas a la prevención y mitigación de la amenaza.

7.3.2.3 Variables Temáticas para evaluación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa

La **Tabla 7.7** describe las variables temáticas empleadas en la zonificación y evaluación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa.

Tabla 7.7. Variables temáticas empleadas en la evaluación y zonificación de la susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa.

VARIABLE		TIPO	DESCRIPCIÓN
MDT y Variables asociadas	Modelo Digital Del Terreno y variables asociadas a la topografía	Derivados de la topografía	Elevaciones sobre el nivel del mar, pendiente, longitudinal, pendiente transversal, rugosidad, orientación, área de la cuenca, longitud de la cuenca, etc
UGS	Unidades Geológicas Superficiales	Suelos/Geología	Geología superficial cartografiada en el área de estudio (escala 1:25.000).

VARIABLE		TIPO	DESCRIPCIÓN
COBERTURA	Coberturas Vegetales	Suelos/Geología	Coberturas vegetales presentes en la zona de estudio según clasificación Corine Land Cover (escala 1:25.000).
REGISTRO HISTÓRICO DE EVENTOS	Registro Histórico De Eventos	Recopilación histórica	Eventos históricos de la ocurrencia de fenómenos por remoción en masa recopilados en fases anteriores directamente de fuentes oficiales o secundarias.
COHESIÓN, FRICCIÓN, PESO UNITARIO	Parámetros Geológicos-Geotécnicos	Suelos/Geología	Parámetros como cohesión, fricción y peso unitario por cada Unidad Geológica Superficial susceptible a movimientos en masa.
NIVEL FREÁTICO	Nivel Freático	Suelos/Geología	Variación del nivel freático para periodos de retorno de 2, 20, 50 y 100 años.
SISMO	Aceleración Máxima Horizontal		Determinación de la aceleración sísmica horizontal en la zona de estudio para periodos de retorno de 2, 20, 50 y 100 años.

Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

7.3.2.4 Evaluación y Zonificación de la Susceptibilidad por Movimientos en Masa

La Guía Técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCAS)-Anexo B menciona la susceptibilidad como el primer paso para el análisis y zonificación de la amenaza. A su vez, la define como “(...) la predisposición de un territorio a presentar determinados fenómenos amenazantes. De acuerdo con la naturaleza de los eventos amenazantes, cada uno de ellos tiene una fuente y una forma como se materializa en un espacio geográfico.

Por lo tanto, se plantea que no se puede configurar un evento de origen natural si no existen determinadas condiciones ya sean geológicas, geográficas, meteorológicas, atmosféricas, ambientales y sociales para que se puedan materializar. Los mapas de susceptibilidad para cada evento deben delimitar áreas de acuerdo con unas características específicas que dan lugar a uno de los tipos de eventos determinados (...). ”.

El análisis y zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:25.000 para la cuenca, plantea el uso de métodos estadísticos multivariados de tipo discriminante con base en lo planteado inicialmente por Carrara (1991), modificado por Santa Ana (2002) y Cardona (2013).

Los movimientos en masa se pueden presentar o manifestar de múltiples formas, considerando el tipo de movimiento, el material y otros factores. Entre los más representativos se encuentran: caídas, vuelcos o volcamientos, deslizamientos (rotacional, translacional, en cuña), flujos, reptaciones, deformaciones laterales y movimientos complejos y/o compuestos (Ver **Figura 7.2**).

Figura 7.2. Tipos de movimientos en masa.

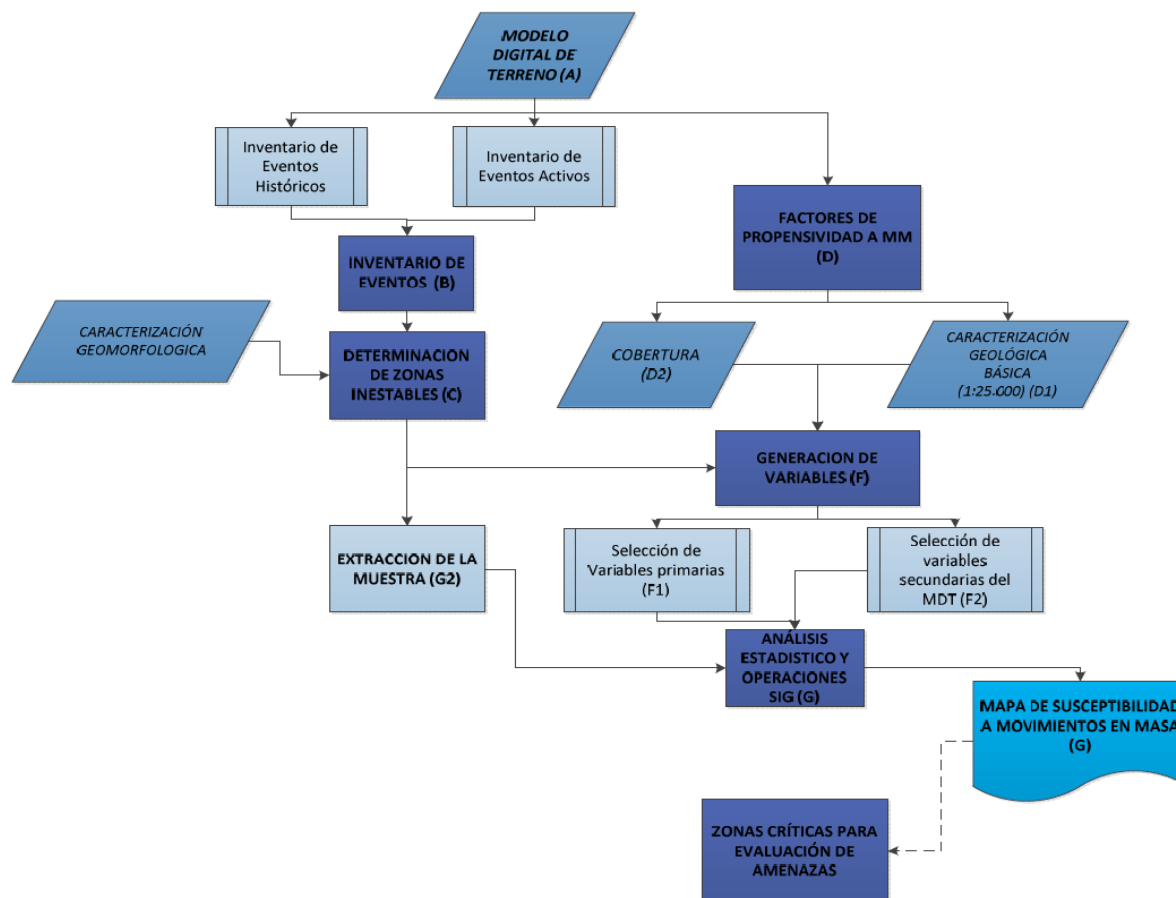


Fuente: USGS (U.S. Geological Survey). The Landslide Handbook - A Guide to Understanding Landslides. Circular 1325. Virginia, 2008. (2008) y PMA4 (2007)

7.3.2.4.1 Metodología Empleada

La metodología desarrollada para la zonificación de la susceptibilidad se resume en la **Figura 7.3** El procedimiento involucra: cálculo de la muestra representativa, estimación de variables, análisis estadístico, selección función discriminante, generación del mapa y validación de los resultados obtenidos.

Figura 7.3. Metodología para la obtención de la susceptibilidad a movimientos en masa.



Fuente: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, Fondo Adaptación, 2014.

7.3.2.4.2 Aplicación de la Metodología: Análisis Multivariado de Tipo Discriminante

Se detalla a continuación paso a paso los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología propuesta. El análisis efectuado se apoya en el proyecto de tesis para optar al título de doctorado denominado “Análisis de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales y grandes deslizamientos mediante el uso de sistemas de información geográfica. Aplicación a la cuenca alta del Río Llobregat”, presentado por Santacana Quintas Núria (2001); y adicionalmente, en el informe técnico del “Plan Piloto de Asistencia técnica para incorporar la gestión integral del riesgo hidrológicos en el ordenamiento territorial municipal”, llevado a cabo por Cardona Omar Darío (2013).

Es importante anotar que este tipo de metodologías estadísticas tienen ciertas ventajas, pero también importantes limitaciones. La principal ventaja es que los análisis son objetivos y pueden reproducirse a partir de la información de entrada pues se determina una ecuación lineal que representa el mejor ajuste de las variables que intervienen en la estabilidad de las laderas y a partir de ella se pueden estimar las zona potencialmente estables o inestables. La principal limitación de la metodología es que se requiere de una abundante base de datos de eventos y que los mismos estén muy bien caracterizados y distribuidos dentro del área. Por estas razones, los análisis de susceptibilidad se deben tomar como una primera aproximación a las condiciones de estabilidad de un territorio y no como la condición definitiva del mismo y es así que los resultados sirven de insumo para los posteriores análisis de amenaza.

7.3.2.4.2.1 Determinación de Zonas Inestables

Los resultados de las fases exploratorias para las temáticas de geología y geomorfología permitieron cartografiar una serie de procesos morfodinámicos activos. Es así como se identificaron un total de 31 eventos, entre los cuales se encuentran flujos de detritos, caídas (detritos y rocas), deslizamientos (en cuña, por flujo, rotacional, translacional, planar), reptación y socavación. Estos eventos activos son los que permiten definir las zonas inestables que entrarán en el análisis de susceptibilidad. No obstante, se debe tener en cuenta en el estudio de la cuenca del río Guatapurí que la concepción que tiene la población indígena local sobre los efectos adversos de los movimientos en masa no necesariamente coincide con la concepción general que se tiene en los ámbitos técnico o académicos convencionales, por tal razón, no es sencillo identificar y reconocer todos los eventos de inestabilidad que pueden haberse presentado. Igualmente, como ya se ha indicado, la baja densidad de población hace que muchos eventos puedan pasar desapercibidos por la gente y que por sus dimensiones sean difíciles de identificar.

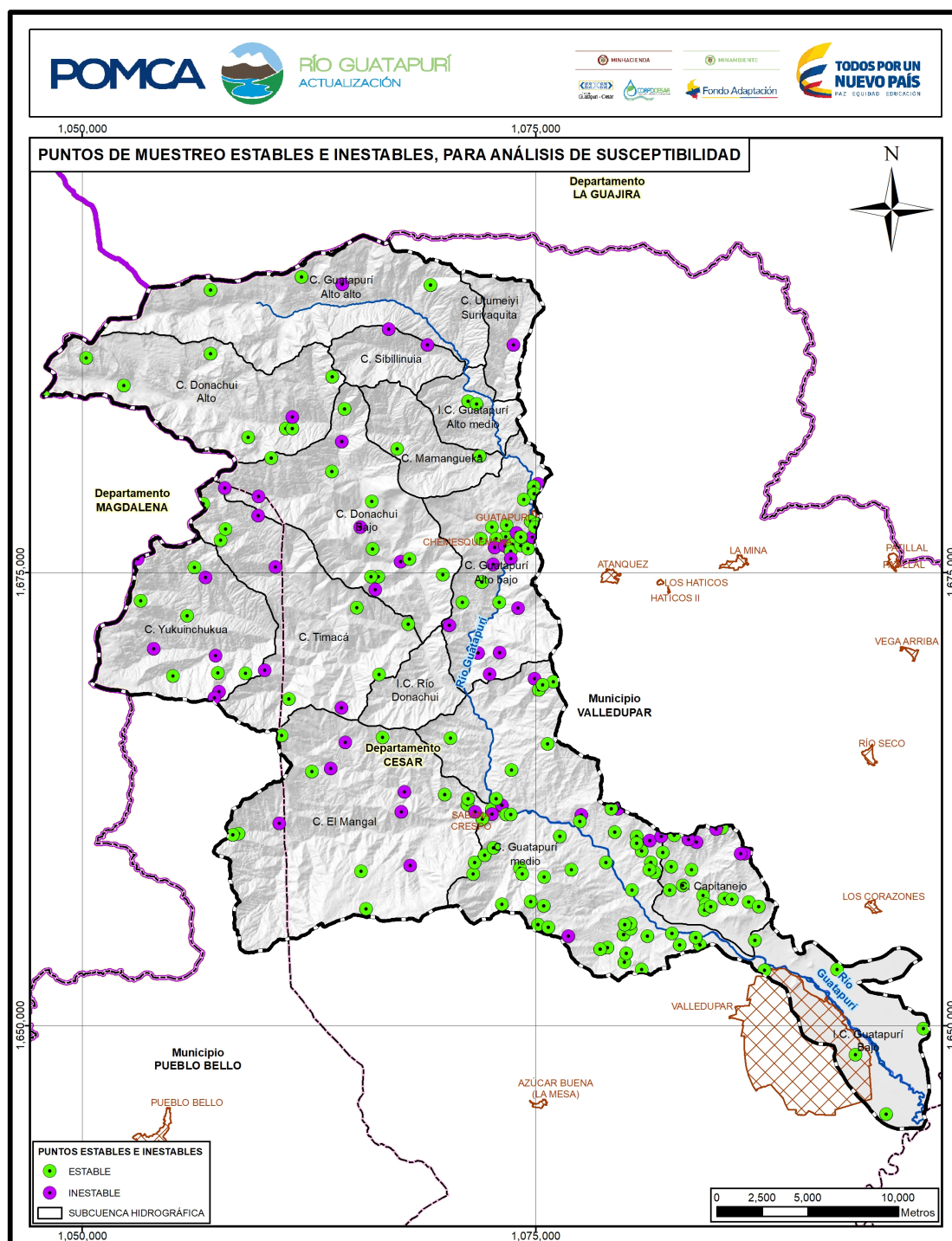
Por otra parte, aunque siempre se contó con el apoyo de la comunidad local, no se tuvo permiso de acceder en campo a todos los sectores de la cuenca para la revisión geológica y geomorfológica debido a motivos étnicos, culturales o religiosos, de tal manera que para complementar la identificación de los eventos se recurrió a sensores remotos (fotografías aéreas e imágenes de satélite) y a criterio experto. Estos registros, aunque no se reportan en las estadísticas anteriores porque no fue posible realzar la correspondiente validación que especifica la Guía de POMCAS, son importantes para poder lograr una muestra representativa en los análisis de susceptibilidad por movimientos en masa. Obtención de la Muestra (Zonas Estables e Inestables) Utilizada para el Análisis

Cuando en un área el número de eventos es muy grande se hace necesario obtener una muestra representativa de los mismos para proceder con el análisis. No obstante, si el número de eventos es relativamente escaso, como ocurre en la cuenca del río Guatapurí, resulta conveniente tomara para el análisis la totalidad de los eventos ya que si se se toman menos puntos se reduce significativamente la representatividad de los análisis. Este tipo de metodologías de selección de muestra completa para los análisis se ha reportado por autores como Santacana et al (2015).

El análisis discriminante trabaja bien cuando las dos poblaciones (celdas estables e inestables) tienen un tamaño similar en la muestra extraída (Baeza, 1994) de forma que ninguna de las dos poblaciones tenga una mayor influencia en los resultados finales (dependencia estadística). Teniendo en cuenta lo anterior y conocido el número de sitios inestables, se generará aleatoriamente la misma cantidad de puntos en sisitios estables dentro del área de la cuenca. El Mapa 7.7 ilustra los puntos inestables y los puntos estables

generados aleatoriamente para el análisis discriminante. La generación aleatoria de la se efectuó mediante el software ArcGis, a través de la función Create random points, ubicada en el ArcToolbox.

Mapa 7.7 Puntos de muestreo estable e inestable para análisis de susceptibilidad



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.3.2.4.2.2 Estimación de Variables

Se entiende por variables aquellos factores intrínsecos que determinan qué zona puede ser propensa a sufrir inestabilidad, los cuales han de ser cuantificables y representados en un mapa. Para el caso en estudio, se generará un total de dieciséis variables (16), adoptando aquellas establecidas por el Protocolo, y adicionalmente, otras sugeridas en la bibliografía disponible (Cardona, 2013; Santacana, 2001, 2003). Estas pueden ser agrupadas de la siguiente manera: derivados de la topografía, suelo/geología y distancia a elementos claves.

La **Tabla 7.8** contiene las variables empleadas en el modelo de susceptibilidad.

Tabla 7.8. Variables utilizadas en el análisis discriminante

VARIABLE		TIPO	DESCRIPCIÓN
MDT	Modelo Digital de Terreno	Derivados de la topografía	Elevaciones sobre el nivel del mar.
UGS ajustada	Unidades Geológicas Superficiales	Suelos/Geología	Geología superficial cartografiada en el área de estudio (escala 1:25.000).
COBERTURA	Coberturas Vegetales	Suelos/Geología	Coberturas vegetales presentes en la zona de estudio según clasificación Corine Land Cover (escala 1:25.000).
DFRAC	Densidad De Fracturamiento	Suelos/Geología	Presencia o ausencia de fracturas o fallas por unidad de área.
PEND	Pendiente De La Ladera	Derivados de la topografía	Pendiente de la ladera
PENDS	Pendiente Senoidal De La Ladera	Derivados de la topografía	Esta variable se ajusta mejor al comportamiento de la pendiente. Existe una relación proporcional entre el aumento de la pendiente con la susceptibilidad a la rotura superficial. Sin embargo, se ha establecido que a partir de 45° ocurre lo contrario, siendo la pendiente de la ladera demasiado empinada para retener la formación superficial.
ORIENT	Orientación De Las Laderas	Derivados de la topografía	Indica de forma indirecta la ocurrencia de insolación sobre la ladera.
INSOL	Insolación	Derivados de la topografía	Coefficiente de iluminación de la ladera
CURVAR	Curvatura	Derivados de la topografía	Grado de concavidad/convexidad del terreno
PLA	Pla	Derivados de la topografía	Grado de concavidad/convexidad en

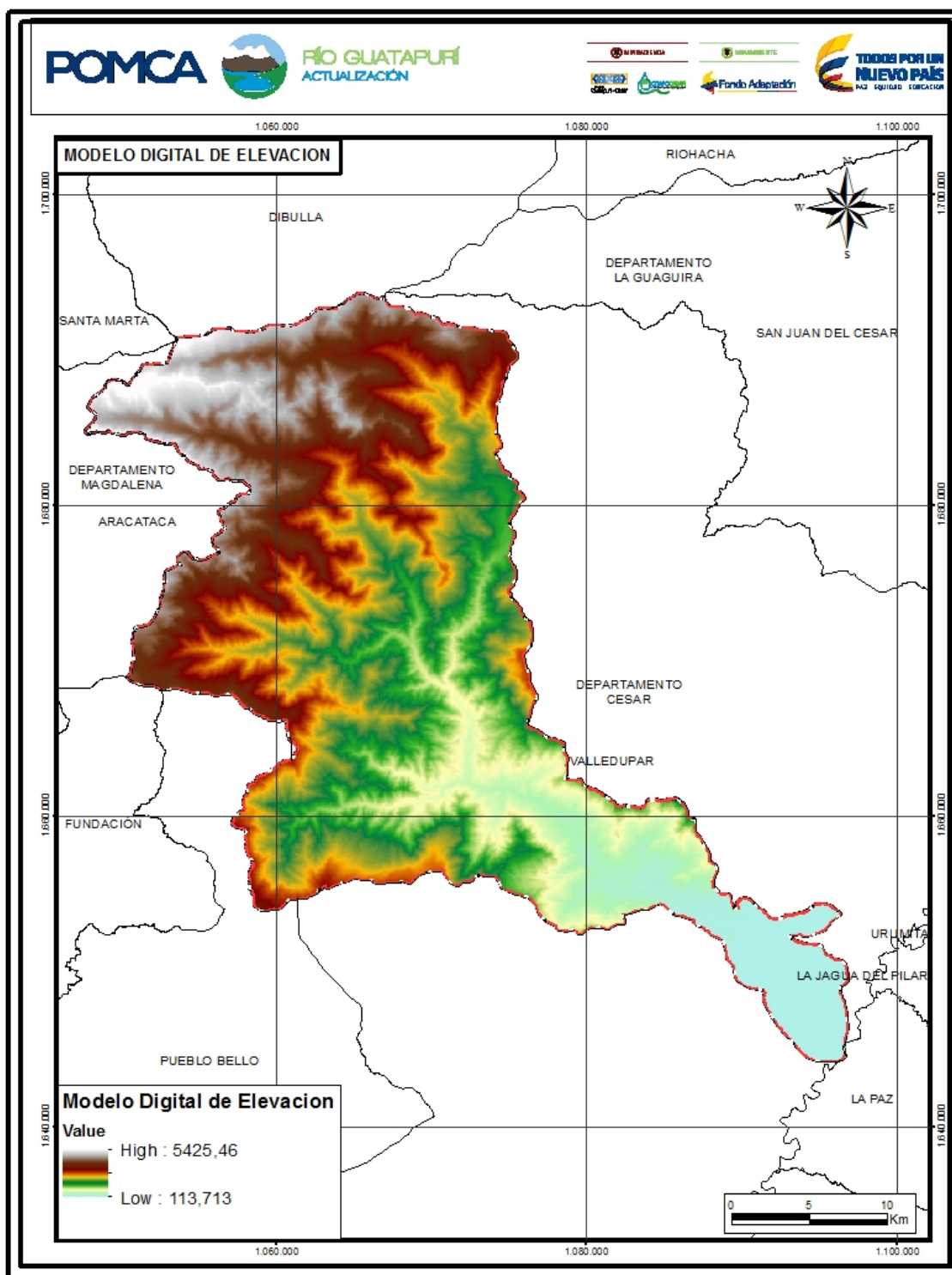
VARIABLE		TIPO	DESCRIPCIÓN
			dirección transversal de la pendiente
ACUENCA	Área De La Cuenca	Derivados de la topografía	Área de la cuenca acumulada
LONG	Longitud De La Cuenca	Derivados de la topografía	Longitud máxima de la cuenca acumulada ponderada con la pendiente
DVIAS	Distancia A Vías Y Carreteras	Distancia a elementos claves Derivados de la topografía	Distancia euclidiana desde cada punto del terreno hasta la vía más cercana. Al crear la función cuadrática de la pendiente, se pretende ajustar el comportamiento real de esta variable, evitando la relación lineal entre la pendiente y la susceptibilidad.
DCAUCES	Distancia A Ríos Y Cauces Principales	Distancia a elementos claves	Distancia euclidiana desde cada punto del terreno hasta el cauce, quebrada o río más cercano. Distancia euclidiana desde cada punto del terreno hasta la vía más cercana

Fuente: Tomado de Santacana Quintas Nurida, 2001, p.68; Cardona Arboleda, 2013.

Modelo Digital del Terreno-MDT:

Esta variable representa la altitud en metros sobre el nivel del mar de los puntos que componen la zona de estudio. Cabe resaltar que con ayuda de la herramienta SIG, se han efectuado una serie de correcciones, en las que básicamente se pretende eliminar las depresiones y sumideros que puede llegar a contener el modelo de elevaciones. Presenta un rango de valores numéricos continuos que varían dependiendo de la zona en estudio, como se puede ver en el Mapa 7.8.

Mapa 7.8 Modelo Digital del Terreno.

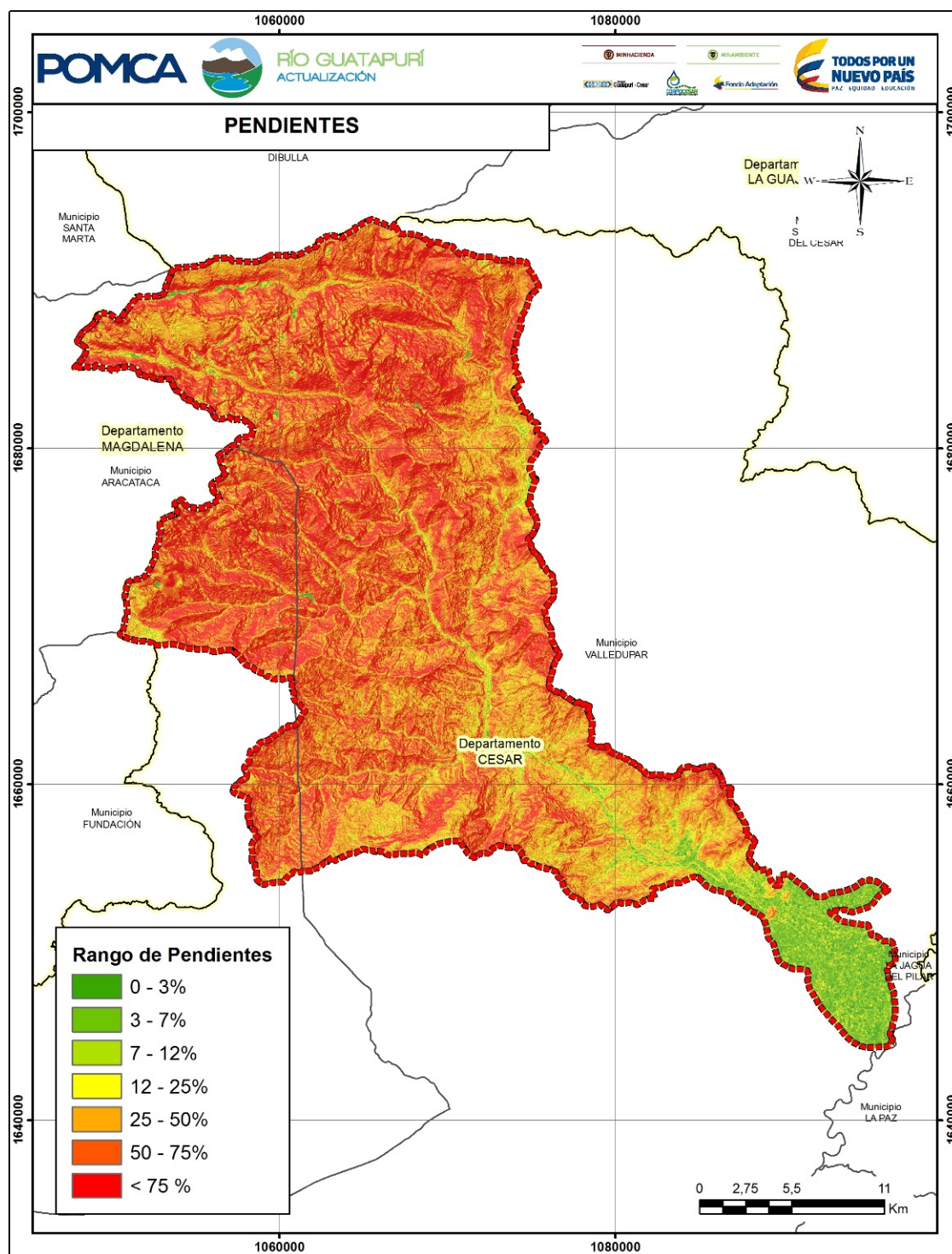


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Pendiente-PEND:

Esta variable, derivada del MDT, corresponde a la pendiente de las laderas definida como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal. Se ha establecido una relación proporcional directa entre la estabilidad de las laderas con su grado de inclinación, siendo considerado como el factor principal en el desarrollo de este tipo de análisis (Mulder, 1991). La cuenca del Río Guatapurí presenta una pendiente máxima de 493.6% (78.5°). Ver Mapa 7.9

Mapa 7.9 Pendiente.

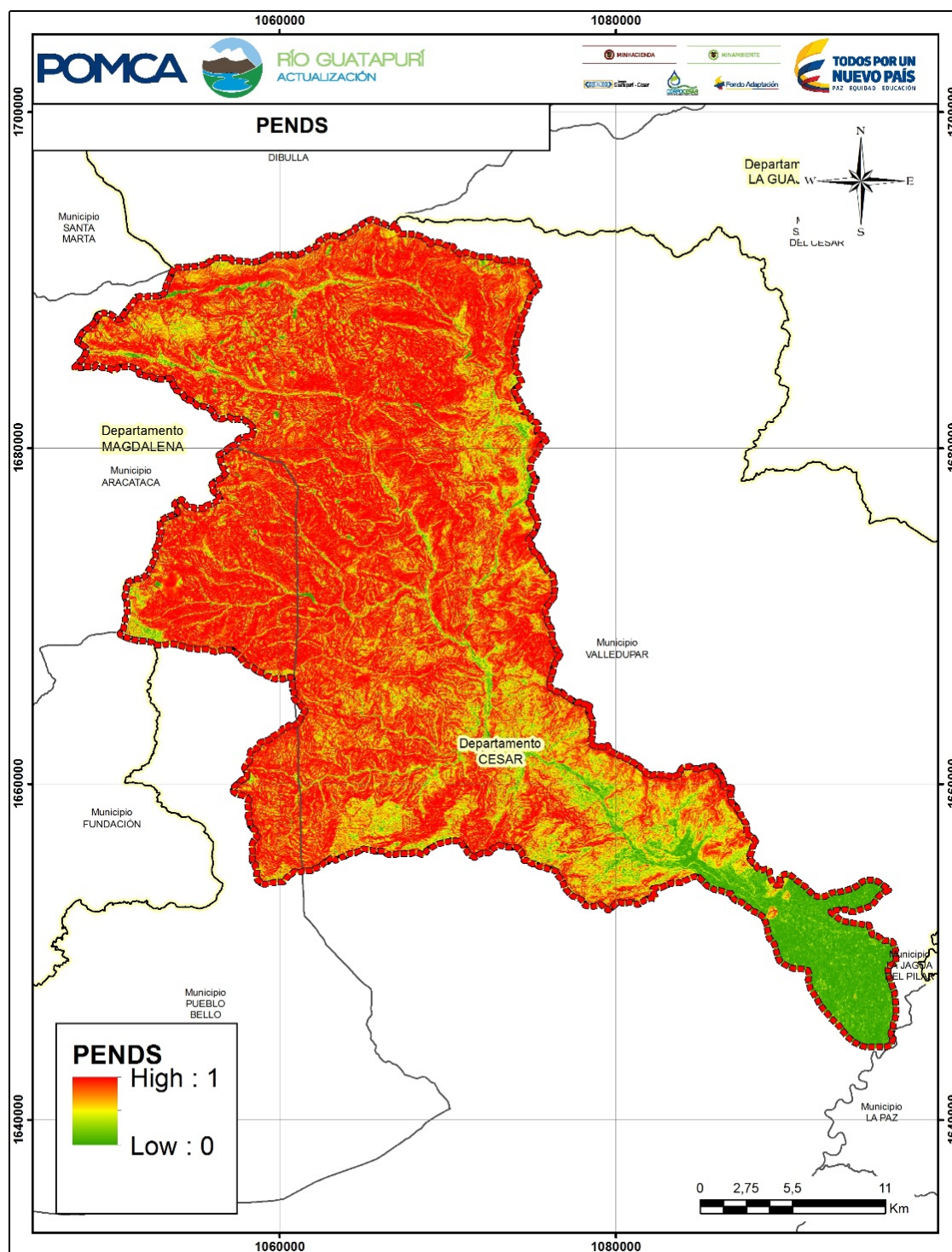


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Pendiente senoidal-PENDS:

Como su nombre lo indica, hace referencia al seno del producto de la pendiente multiplicado por un valor numérico constante 2, convirtiéndose en la transformación matemática de las variable PEND, construida con el fin de suprimir la relación lineal entre la pendiente y la susceptibilidad a la rotura de las laderas, dado que a partir de 45° esta relación se invierte, en donde la pendiente de la ladera es lo suficientemente inclinada para sostener la unidad superficial (Ver Mapa 7.10).

Mapa 7.10 Pendiente senoidal.

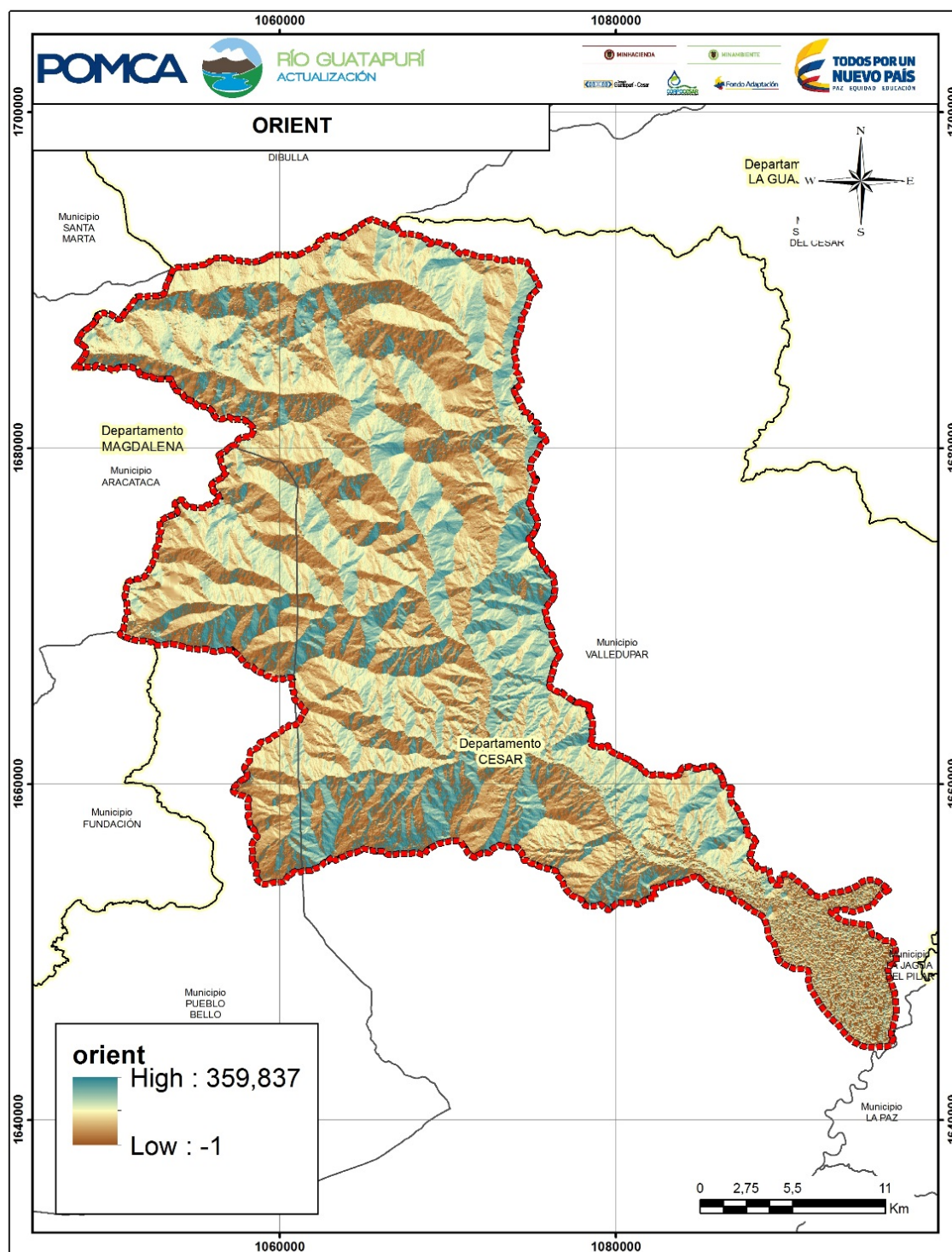


Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

Orientación-ORIENT:

Esta variable, también derivada del MDT, representa la dirección de exposición y de máxima pendiente de la ladera para cada unidad de trabajo (pixel). Generalmente comprende un rango de valores de 1 a 360°. Esta variable se ha incorporado en el análisis estadístico que sigue, entendiendo que esta puede indicar la situación de una ladera en cuanto a su insolación, o bien, se puede interpretar en términos de cantidad de vegetación (Ver Mapa 7.11).

Mapa 7.11 Orientación de las laderas.

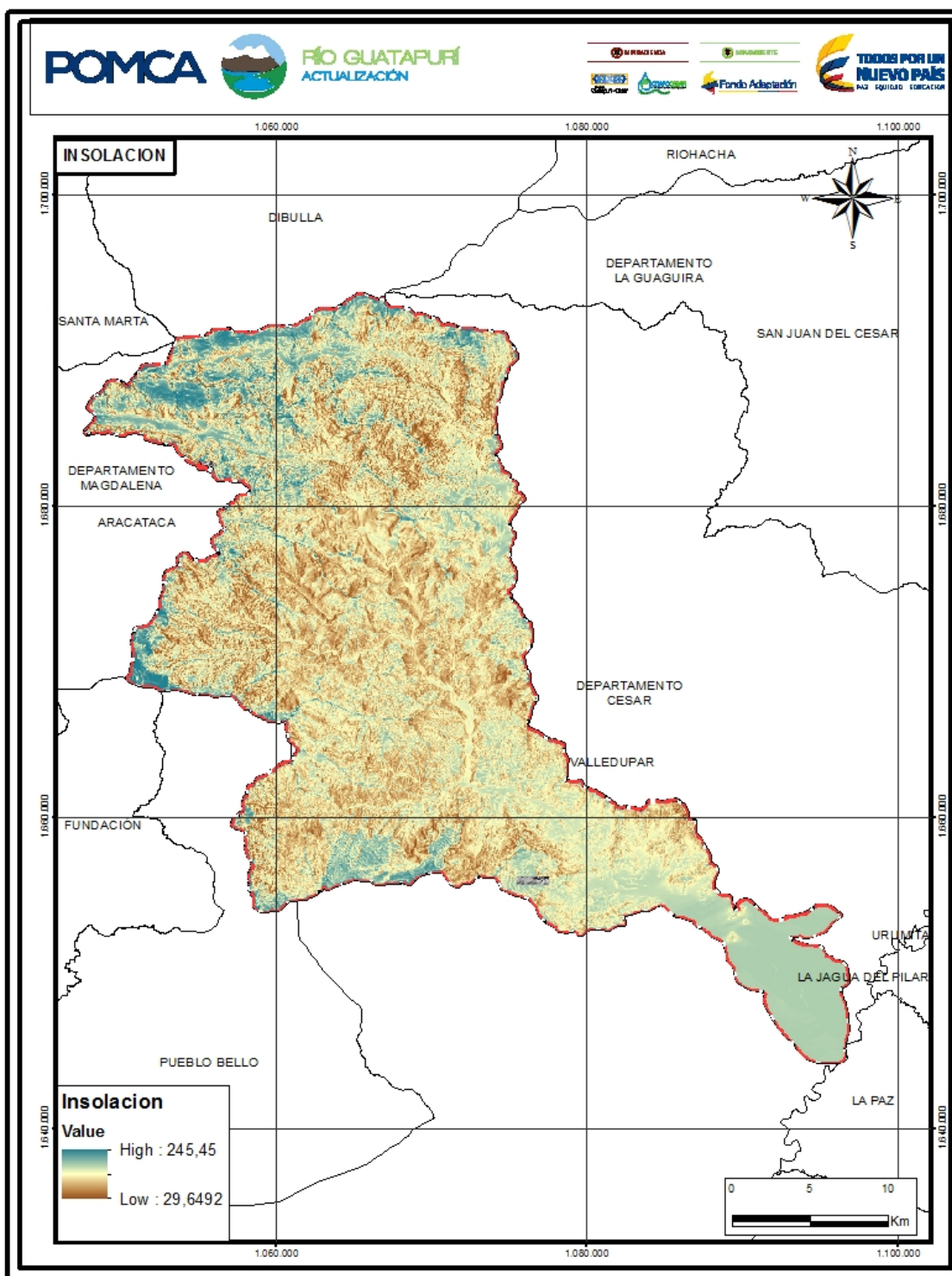


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Insolación-INSOL:

Explica el coeficiente de iluminación o intensidad reflejada sobre las laderas de la zona en estudio. Adopta un rango de valores que oscilan entre los 0 y 255, en donde el nivel 0 corresponde al grado más bajo (sombra) y 255 como las zonas con la iluminación máxima. Su función es la de representar el grado de humedad (Ver Mapa 7.12).

Mapa 7.12 Insolación de las laderas.

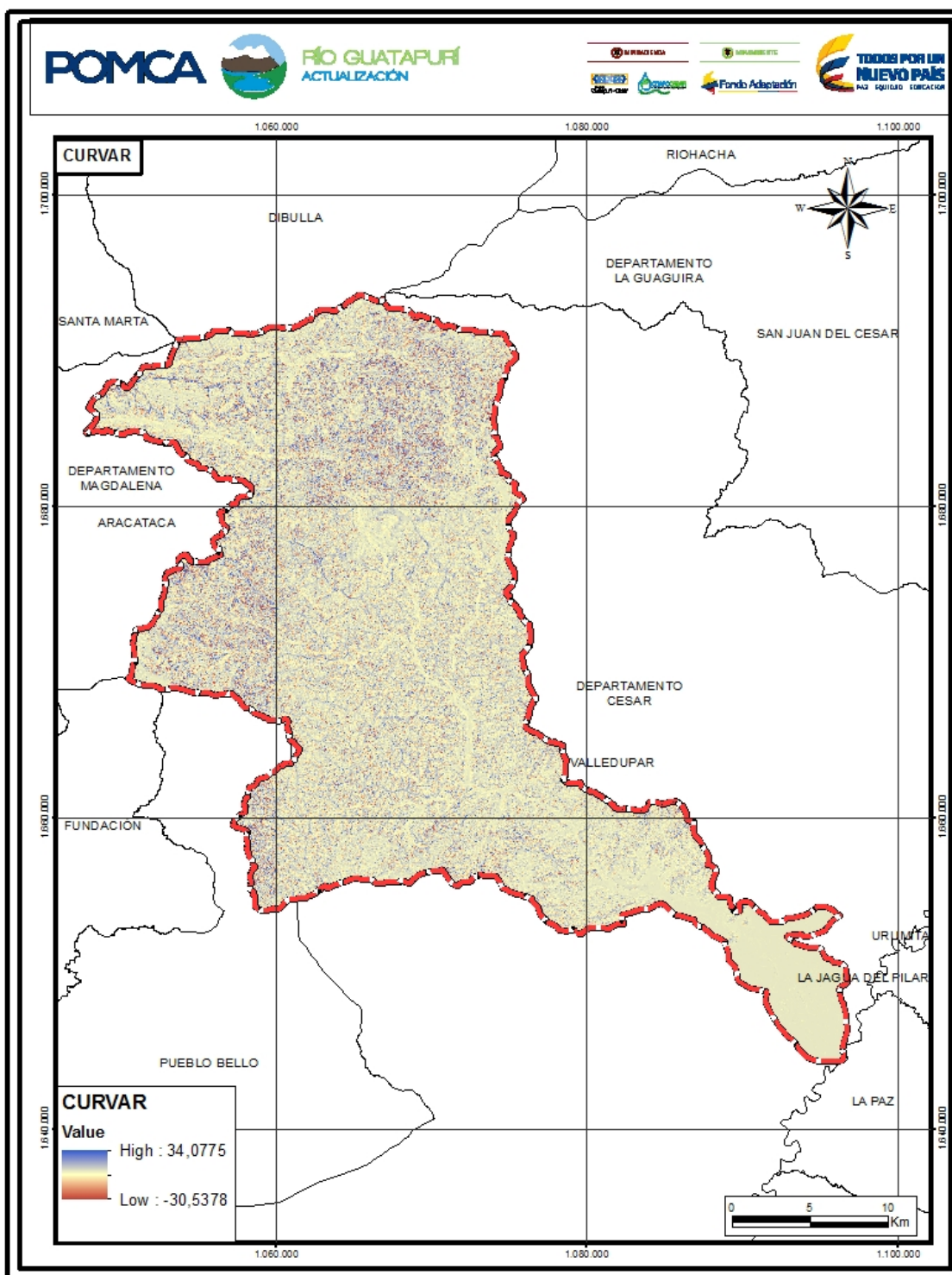


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Curvatura-CURVAR

La variable curvatura representa el grado de convexidad o concavidad del terreno. Se determina con ayuda de la herramienta SIG, mediante el radio de curvatura de la celda según un plano vertical. Para la cuenca del Río Guatapurí, esta variable presenta un rango de valores entre -30.53 a 34.08 de unidades 1/100 metros, en donde el valor cero (0) de un pixel corresponde a una superficie plana, valores positivos indican que la superficie es convexa y valores negativos representan la concavidad hacia la celda. Dicha variable se ha incorporado en el análisis de susceptibilidad entendiendo el grado de concentración o dispersión del drenaje superficial (Gao, 1993). Su distribución se presenta en el Mapa 7.13.

Mapa 7.13 Curvatura

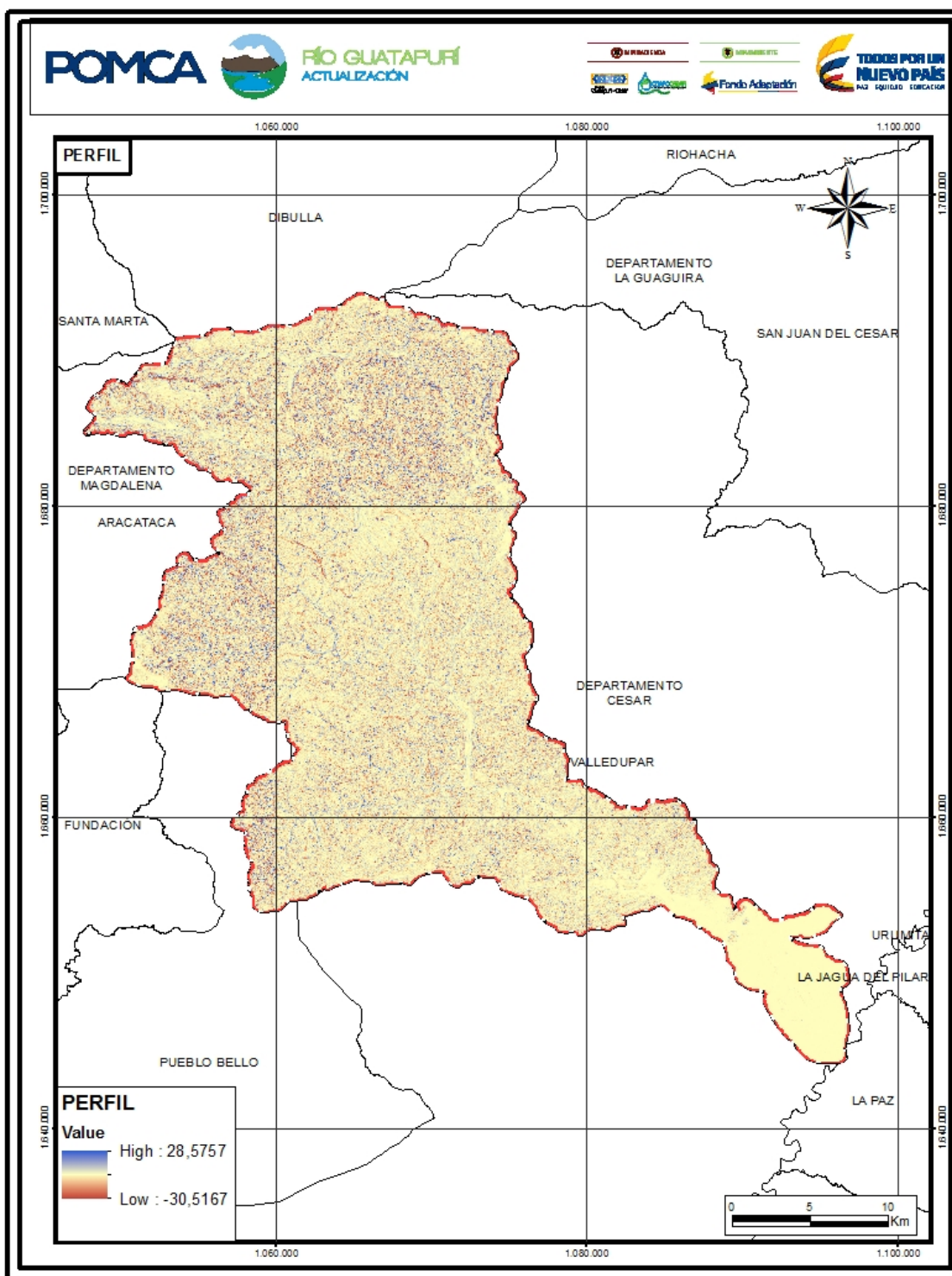


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Perfil

A diferencia de la variable CURVAR, esta determina el grado de convexidad o concavidad de la superficie en la dirección longitudinal de la pendiente. Sus valores oscilan entre -30.51 y 73.98 de unidades 1/100 metros, en donde valores positivos indican que la superficie es convexa y valores negativos expresan la concavidad hacia la celda. Presenta una función muy similar a la variable CURVAR, indicando la capacidad de la topografía del terreno para acumular o dispersar las aguas lluvias en un punto determinado. (Ver Mapa 7.14).

Mapa 7.14 Perfil.

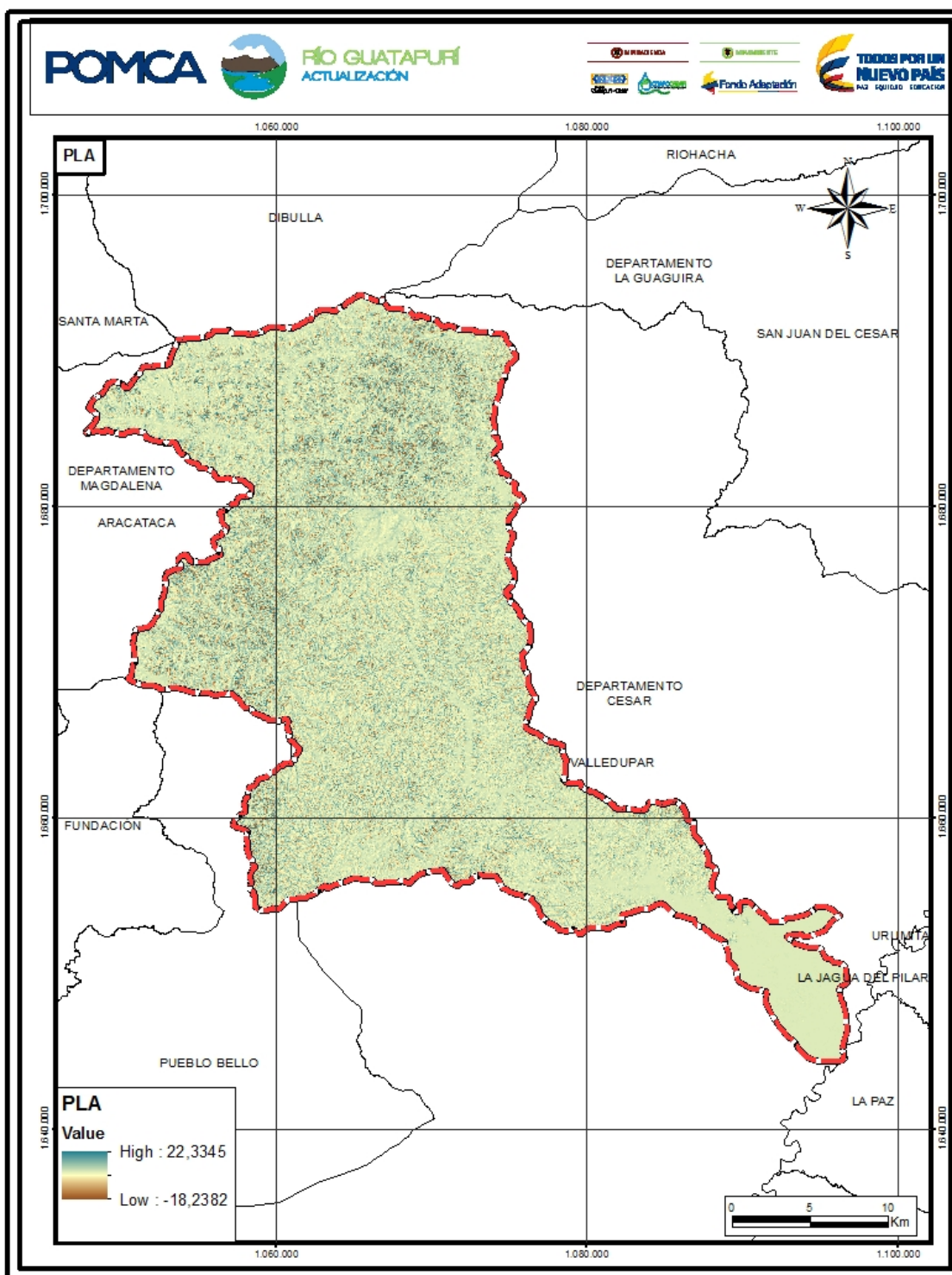


Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

PLA

Al igual que las variables anteriores, indica el grado de concavidad o convexidad del terreno, pero de forma transversal a la superficie. Esta variable derivada del MDT presenta unos valores comprendidos entre los -18.2 a 22.3 de unidades 1/100 metros. Su función es similar a las variables CURVAR y PERFIL (Ver Mapa 7.15).

Mapa 7.15 PLA.

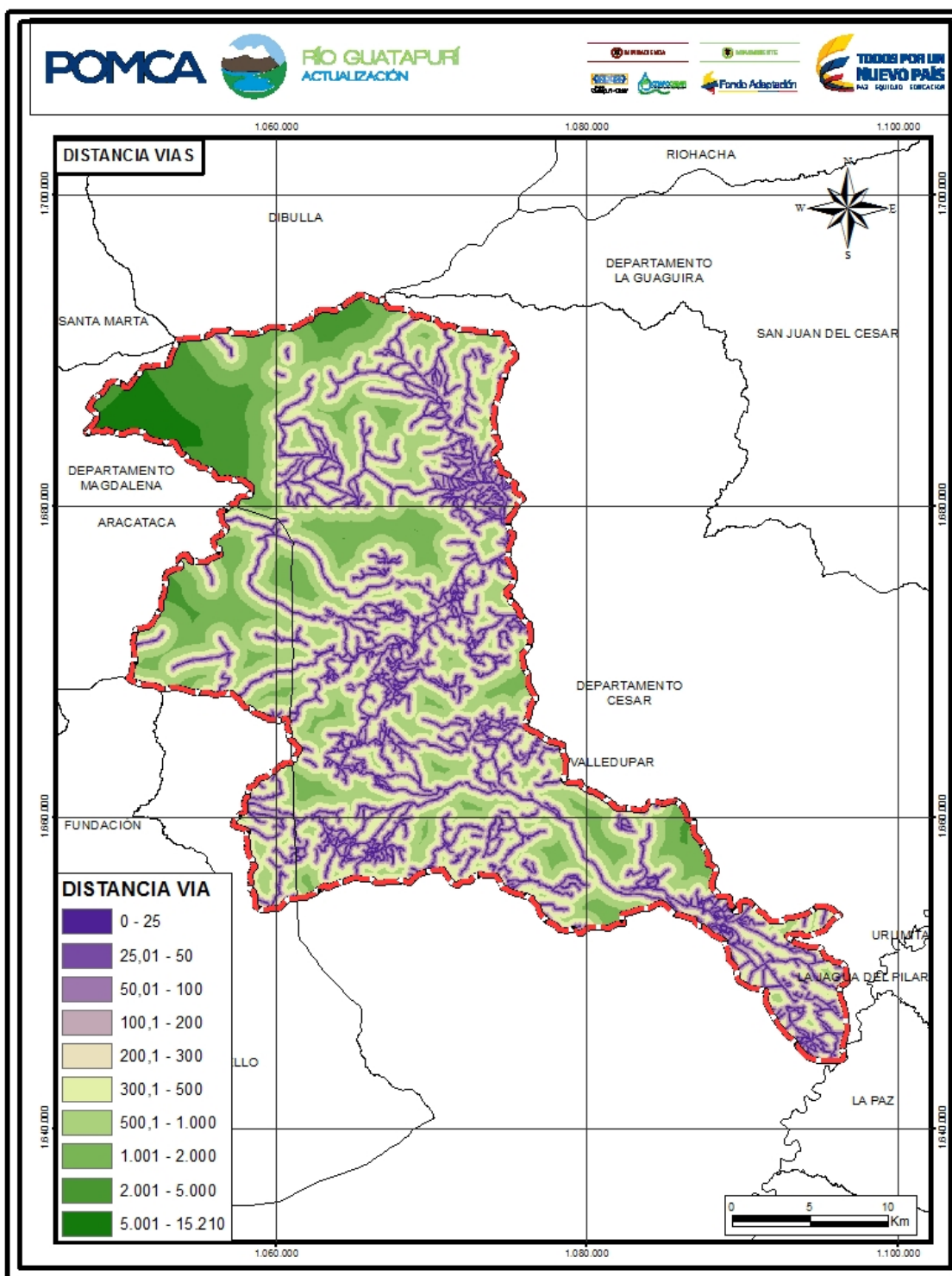


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Distancia a vías DVÍAS:

Esta variable representa la distancia euclidiana desde cada punto del terreno hasta la vía o carretera más cercana. Indica la distancia a elementos clave que pueden llegar a verse afectados ante la ocurrencia de un evento de inestabilidad en las laderas (Ver Mapa 7.16).

Mapa 7.16 Distancia a vías.

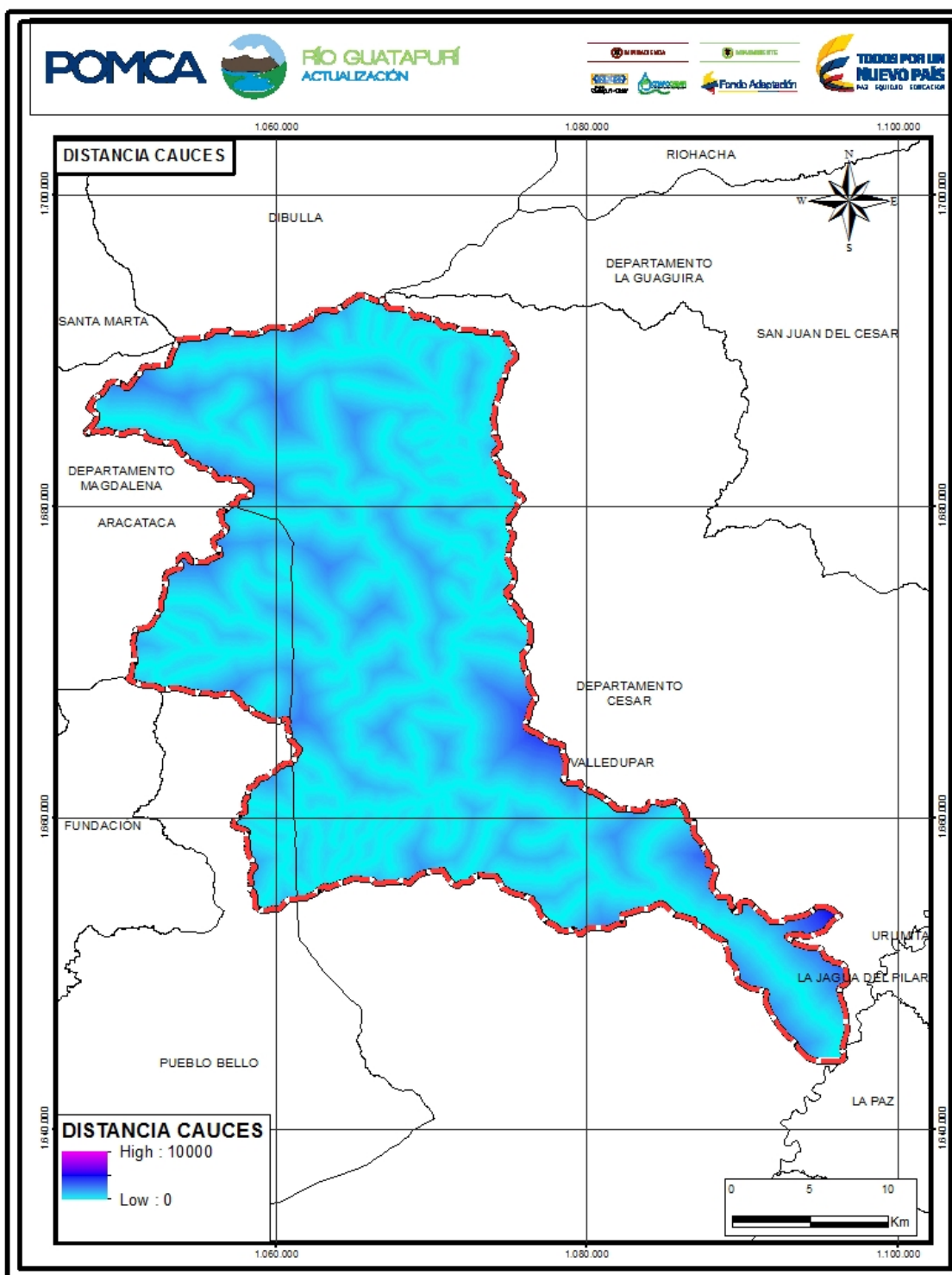


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Distancia a cauces -DCAUCES:

Esta variable representa la distancia euclidiana desde cada punto del terreno hasta el cauce, quebrada o río más cercano. Se incorpora en el análisis con la finalidad de conocer la distancia de elementos clave que podían desencadenar o verse afectados ante el desencadenamiento de un deslizamiento. El mapa de distancia a cauces (en m) se presenta en el Mapa 7.17

Mapa 7.17 Distancia cauces.



Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

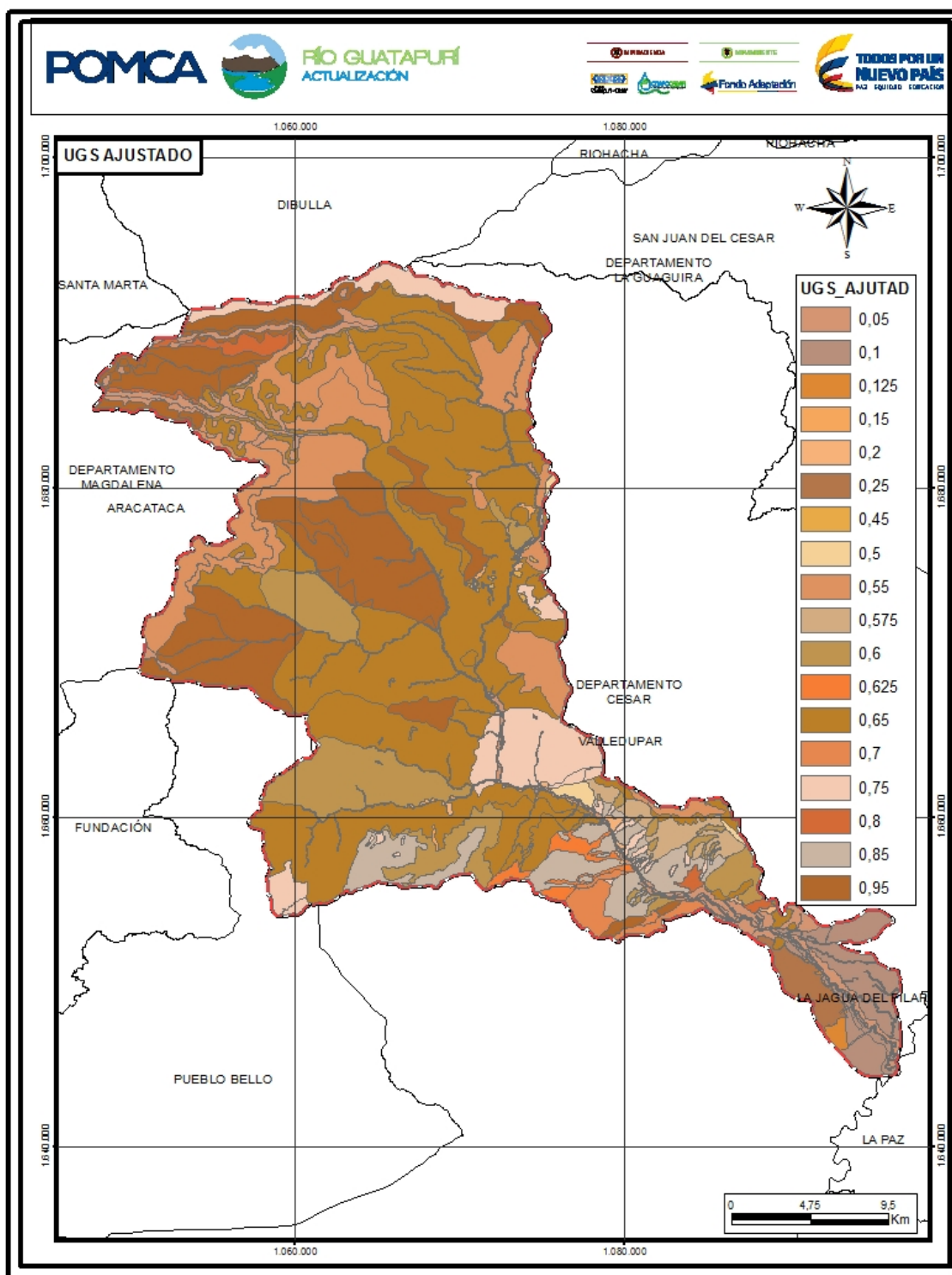
7.3.2.4.2.3 Categorización y Ajuste de Variables

A partir de ciertos criterios, le fueron asignadas a las variables cualitativas de tipo suelos/geología (UGS, COBERTURA, DFRAC) un valor numérico el cual representa su incidencia en la estabilidad de la ladera.

7.3.2.4.2.4 Categorización y ajuste variable UGS

Las UGS de la cuenca del río Guatapurí representan áreas bastante uniformes y de gran extensión y esto es así debido a la uniformidad geológica y al poco espesor de los suelos allí presente, de tal manera que, desde el punto de vista metodológico, para el análisis de susceptibilidad, se hace necesario realizar una mayor subdivisión de unidades y para ello resulta conveniente incluir aspectos morfológicos. En este sentido se realizó una recategorización o ajuste de las UGS, combinando la información original con las unidades geomorfológicas que se derivan de la metodología del Servicio Geológico Colombiano. Este tipo de análisis se justifica en razón de que existe una estrecha relación entre las unidades geomorfológicas y el comportamiento geotécnico, en términos de estabilidad de las laderas, especialmente porque los tipos de movimientos predominantes corresponden a deslizamientos traslacionales de muy poca profundidad, de tal manera que los parámetros de los suelos, más que aquellos de las rocas, son los que determinan las condiciones generales de estabilidad. En el **Mapa 7.18** se presenta el mapa de UGS ajustadas y se presentan allí los parámetros de ponderación empleados para los análisis a partir de un ajuste de criterio experto. Es así que donde se presentan rocas o suelos duros, los valores de la variable UGS ajustada son altos (0.95) mientras que en los sectores donde se presentan suelos blandos arcillosos o arenas sueltas, los valores son bajos (0.2 a 0.05).

Mapa 7.18 Unidad Geológica Superficial Ajustada.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Categorización y ajuste variable COBERTURA

En la Tabla 7.9 se presenta el mapa de coberturas. A las coberturas vegetales cartografiadas en la zona de estudio le fueron asignados rangos de valores comprendidos entre cero (0) y quince (15) puntos, los cuales reflejan el grado de permeabilidad del terreno y su acción fijadora. Los valores aumentan indicando que se favorece la infiltración de agua sobre el terreno, y con ello, la fijación del terreno (Baeza, 1994).

Los valores inicialmente fijados fueron redefinidos (entre 0 y 1), con el objetivo de garantizar la igualdad entre las categorías previamente establecidas (Ver **Tabla 7.9**).

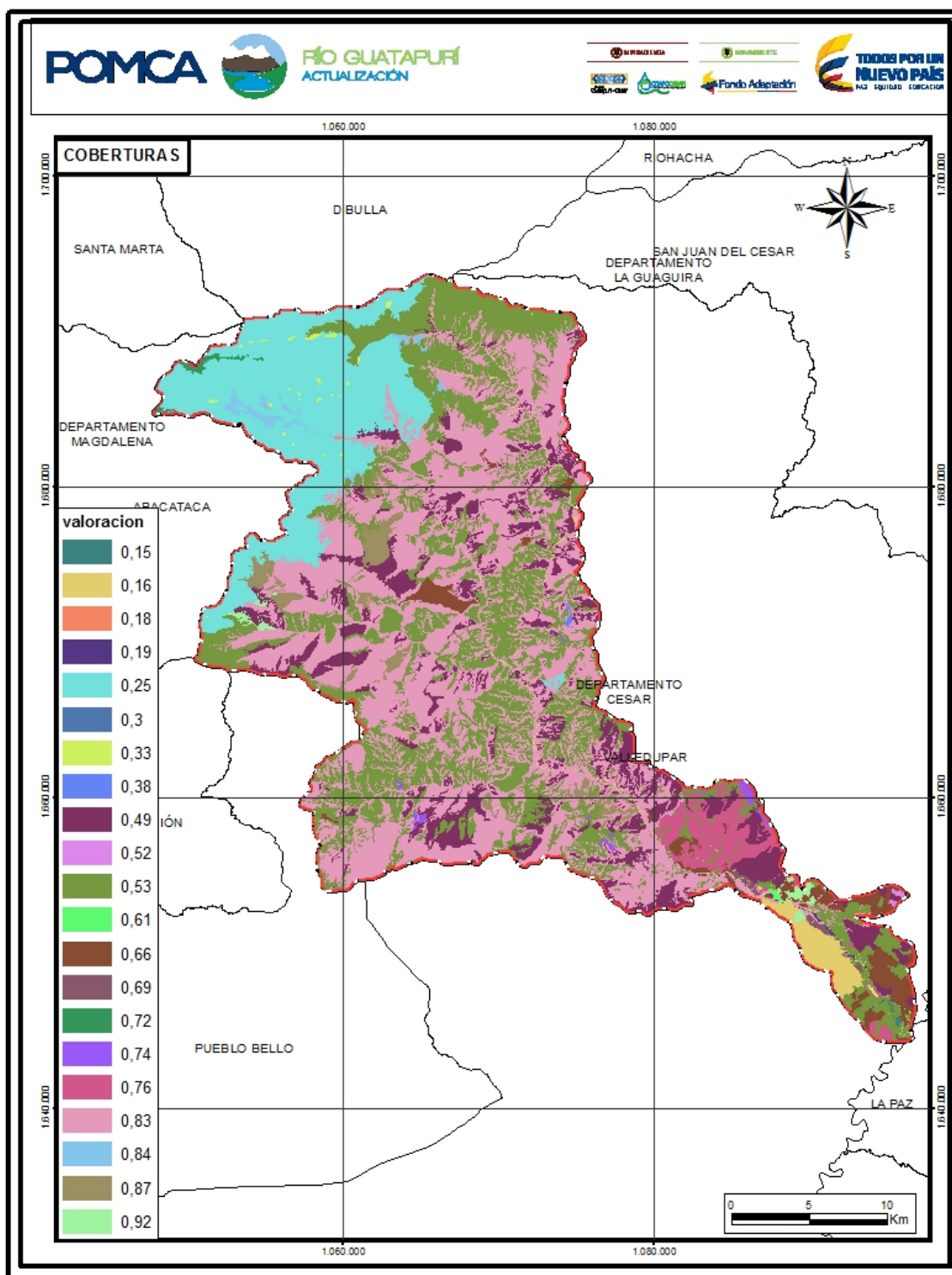
Tabla 7.9. Ponderación variable cobertura

NOMENCLATURA	NOMBRE	CAL_COBERT
111	Tejido urbano continuo	0,16
112	Tejido urbano discontinuo	0,16
121	Zonas industriales o comerciales	0,3
222	Cultivos permanentes arbustivos	0,38
224	Cultivos agroforestales	0,52
231	Pastos limpios	0,53
232	Pastos arbolados	0,66
233	Pastos enmalezados	0,49
241	Mosaico de cultivos	0,61
242	Mosaico de pastos y cultivos	0,61
243	Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	0,69
314	Bosque de galería y/o ripario	0,83
331	Zonas arenosas naturales	0,19
333	Tierras desnudas y degradadas	0,74
335	Zonas glaciares y nivales	0,72
411	Zonas pantanosas	0,15
412	Turberas	0,18
511	Ríos (50 m)	0,33
512	Lagunas lagos y ciénagas naturales	0,33
513	Canales	0,19

NOMENCLATURA	NOMBRE	CAL_COBERT
514	Cuerpos de agua artificiales	0,33
1221	Red vial y territorios asociados	0,16
3132	Bosque fragmentado con vegetación secundaria	0,83
3222	Arbustal abierto	0,84
3231	Vegetación secundaria alta	0,92
3232	Vegetación secundaria baja	0,87
31111	Bosque denso alto de tierra firme	0,66
31211	Bosque abierto alto de tierra firme	0,76
32122	Herbazal abierto rocoso	0,25

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

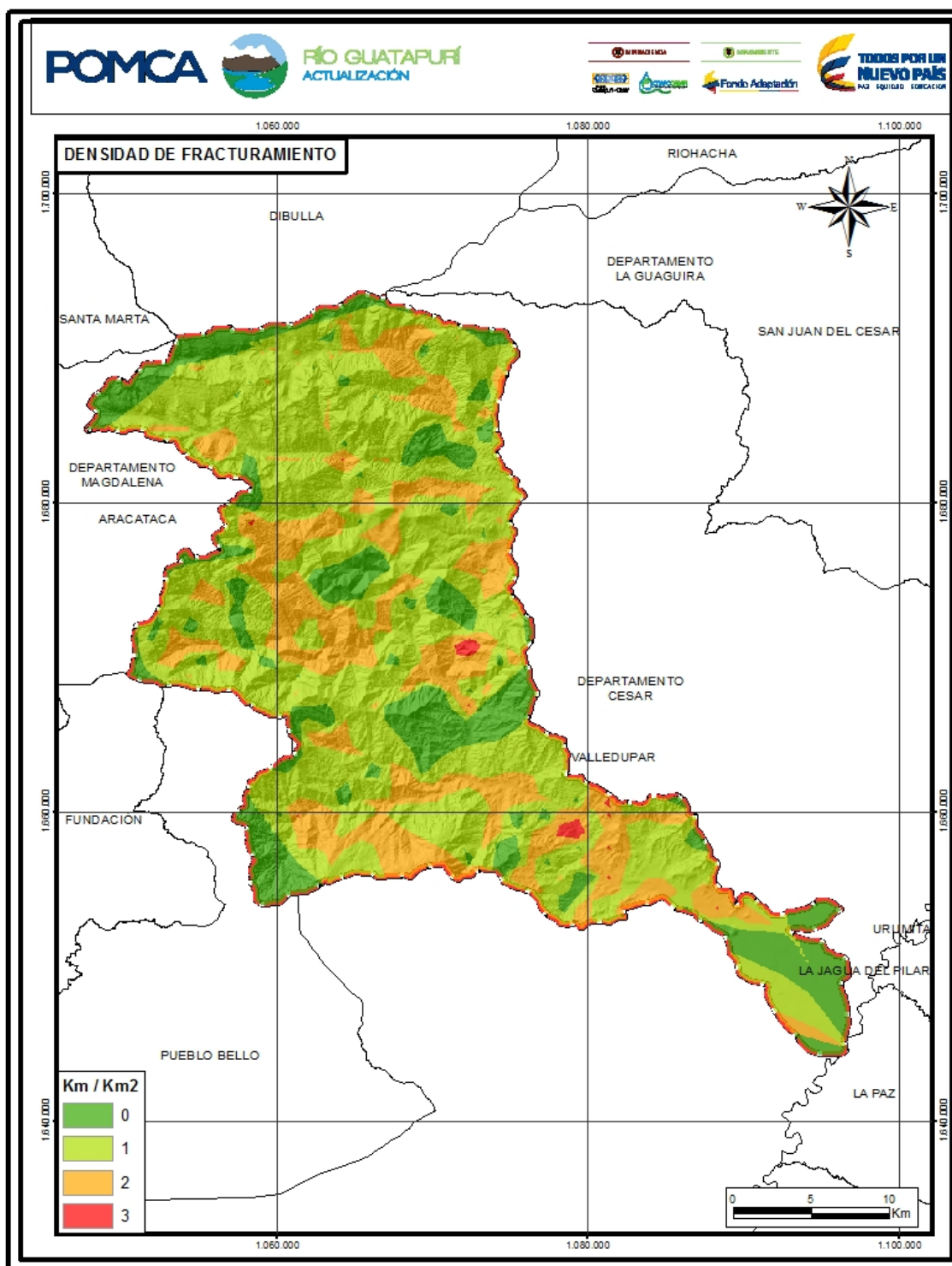
Mapa 7.19 Coberturas.



Categorización y ajuste variable DFRAC

La variable DFRAC hace referencia al estado y grado de fracturamiento de las rocas; y adicionalmente, la presencia de fallas geológicas en la zona de estudio. En sectores puntuales se puede determinar la densidad de fracturas de un macizo midiendo la longitud de las discontinuidades por unidad de área. Sin embargo, para grandes áreas, como la cuenca del río Guatapurí, esta extrapolación se hace bastante indefinida y requiere de múltiples puntos de afloramiento del macizo, que no se encuentran fácilmente, de tal manera que resulta mejor identificar la longitud de fallas geológicas cartografiadas por unidad de área, considerando que dichas fallas guardan relación con las fracturas que pueden presentar los macizos rocos. En la zona se identificaron sectores de baja densidad de fracturamiento (0 km/km^2) a sectores de alta densidad de fracturamiento (3 km/km^2), como se muestra en el Mapa 7.20. Estas valoraciones se emplearon en los análisis de susceptibilidad.

Mapa 7.20 Densidad de fracturamiento.



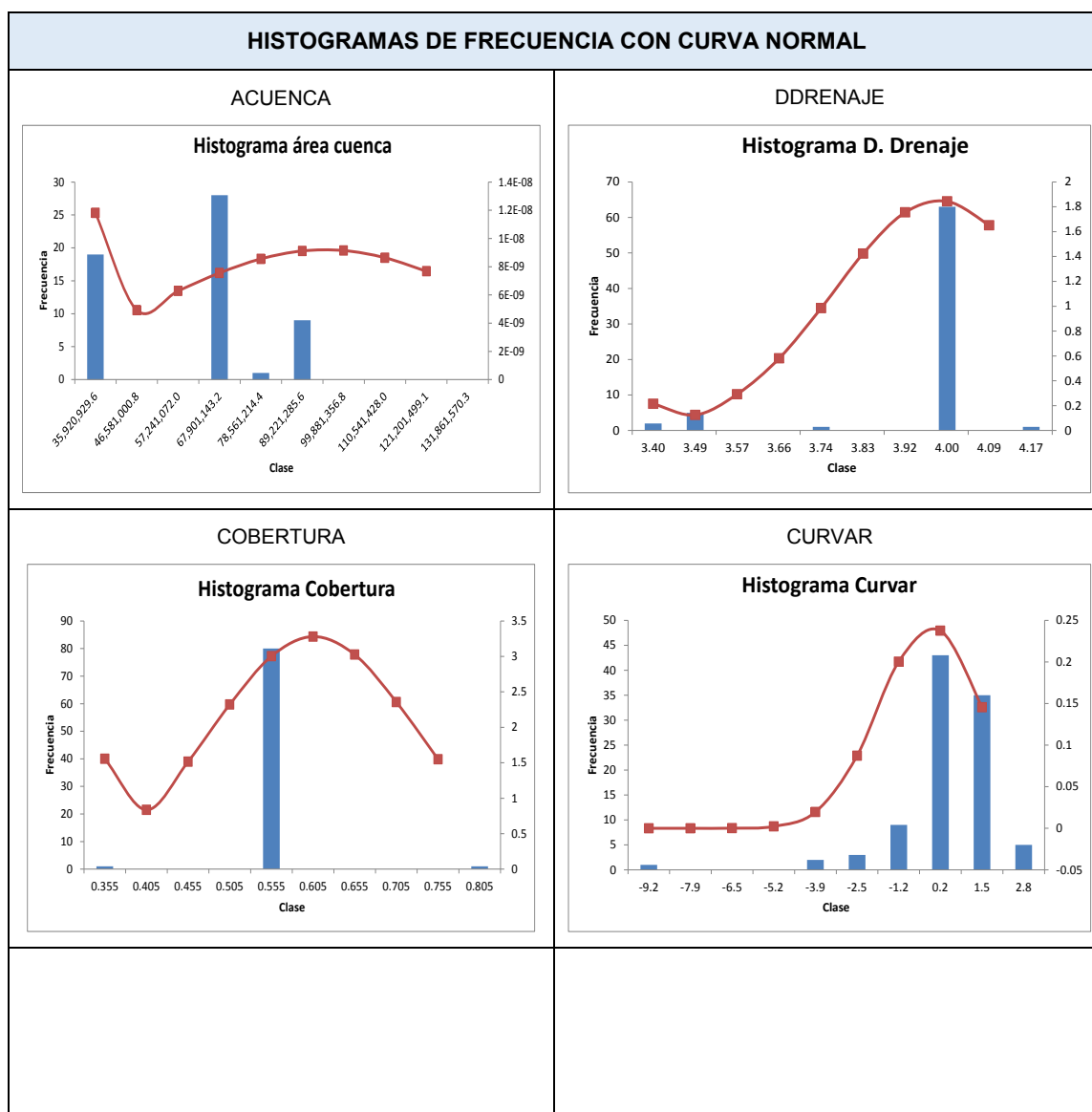
Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.3.2.4.2.5 Análisis Estadísticos de las variables

En la **Tabla 7.10** se presentan los histogramas de frecuencia de las variables analizadas para evaluar susceptibilidad por moimientos en masa. En cada una de estas gráficas se incluye además la curva de distribución normal de tal manera que sea fácil comparar visualmente si la distribución de frecuencias se ajusta razonablemente o no a una distribución normal ya que los análisis parten de la hipótesis de que las distribuciones de los datos son normales.

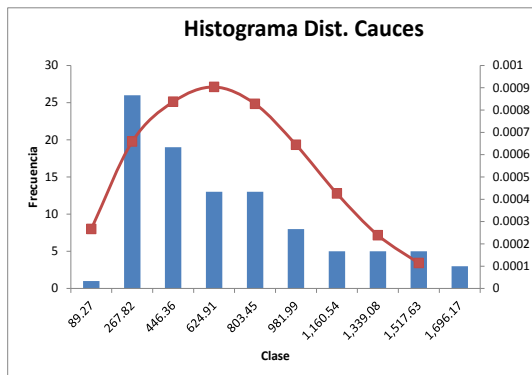
Claramente se puede observar que muchas de las variables no se ajustan a este tipo de distribución, pero para su verificación numérica se aplicó la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov (Prueba K-S).

Tabla 7.10. Histogramas de frecuencia con la curva normal de las variables en estudio.

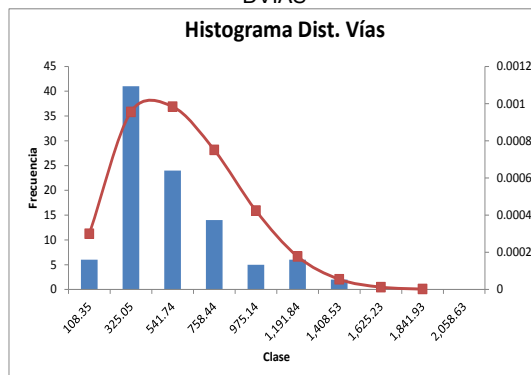


HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA CON CURVA NORMAL

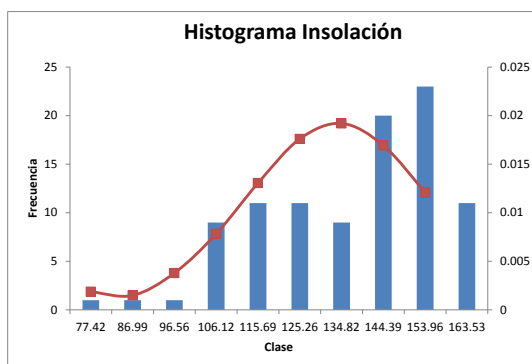
DCAUCES



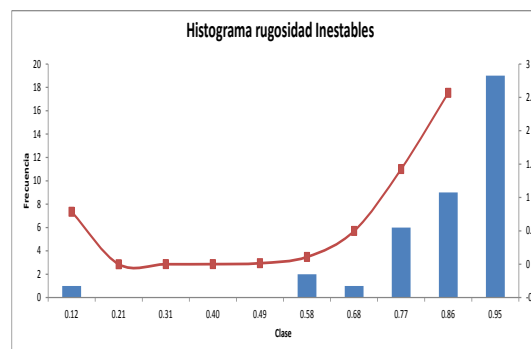
DVIAS



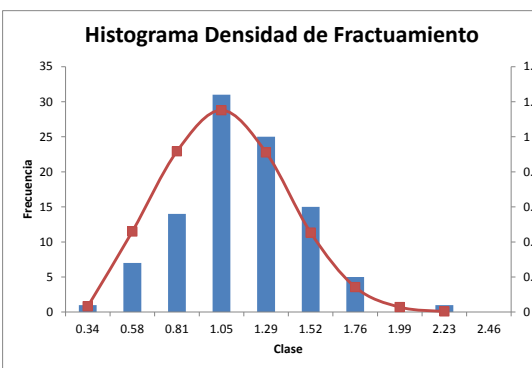
INSOL



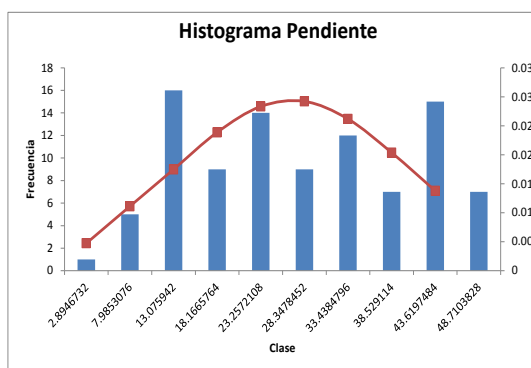
RUGOS

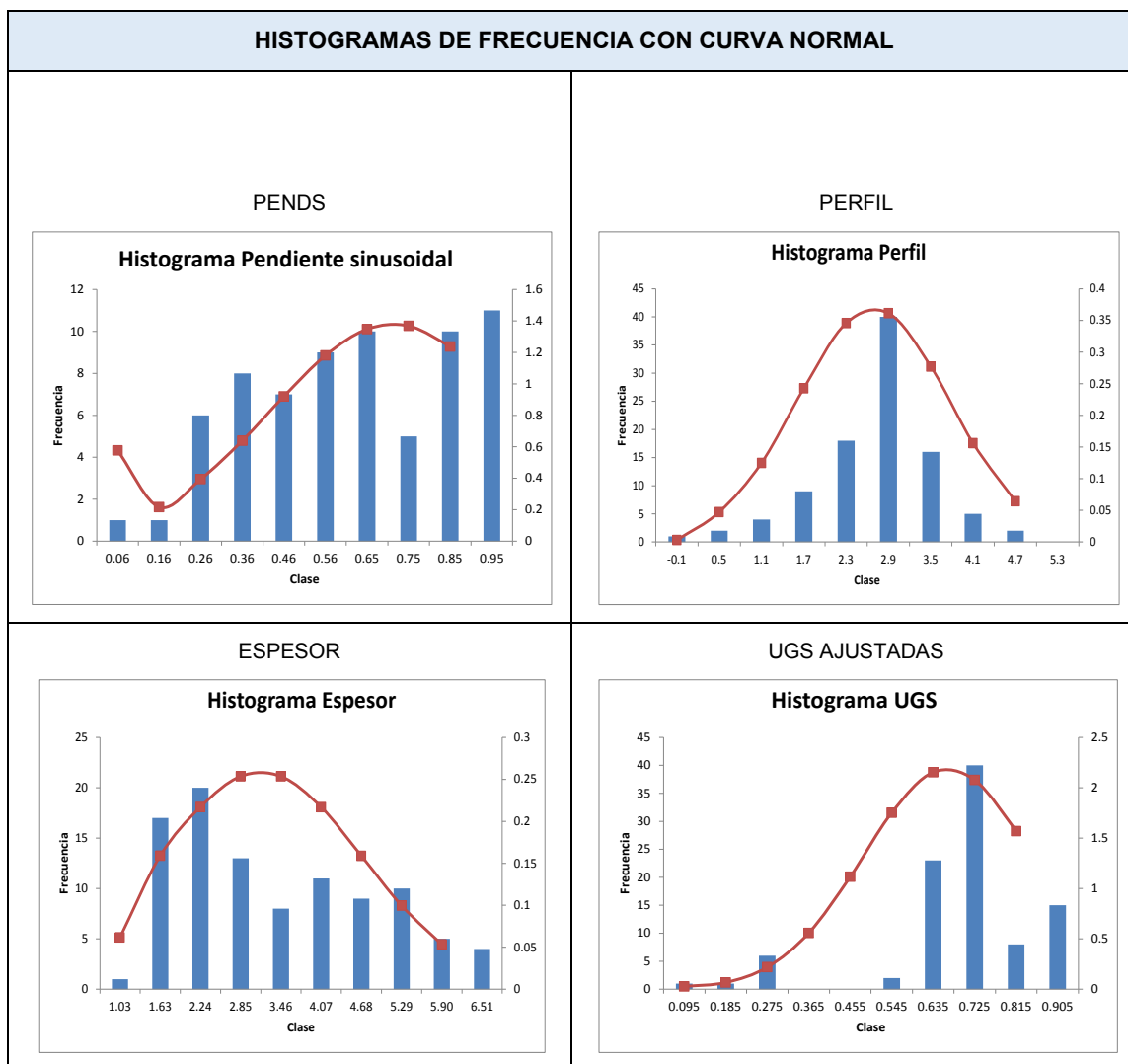


DFRAC



PEND





Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Tabla 7.11. Resultados Test Kolmogorov-Smirnov.

VARIABLE	Dn max
MOD	0.207
COBERTURA	0.534
DENSIDAD	0.605
PEND	0.115
PENDS	0.32
CURVAR	0.32
PERFIL	0.391
DVIAS	0.327
DCAUCES	0.232
ACUENCA	0.506
DDRENAJE	0.638
UGSAJUST	0.206
ESPESOR	0.205
RUSGOS	0.732
INSOL	0.159

Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

A partir de la prueba K-S se determina un valor máximo absoluto de dispersión de la distribución de los datos, denominado Dn max el cual no debe superar un cierto valor dado por la misma prueba, conocido como Dn alfa, que se obtiene de la tabla de la distribución K-S en función del número de datos y del intervalo de confianza requerido. En este caso, que la muestra supera los 50 datos y con un intervalo de confianza de 0.05, Dn alfa es igual a 0.136. Como se puede apreciar en la **Tabla 7.10** y como era previsible de la simple inspección de los datos en los histogramas de la **Tabla 7.11**, prácticamente ninguna de las variables se ajustó a una distribución normal. Para tratar de mejorar los ajustes se realizaron pruebas con distribución logarítmica de los datos, pero no se lograron mejoras significativas incluso en algunos casos las dispersiones tendían a ser mayores, de tal manera que se optó por trabajar con las variables originales.

Análisis Factorial

Este es un método estadístico multivariado que busca identificar cuales son las variables más significativas en función de su interdependencia y de su varianza. Para el cálculo se empleó el programa Real Statistics de acceso libre.

Una primera etapa de este análisis consiste en evaluar la dependencia de las Variables cuyo resultado se muestra en la matriz de correlaciones indicada en la **Tabla 7.12**.

Se puede apreciar en esta matriz que las variables que mayor correlación presentan son la pendiente (pend) y la pendiente sinusoidal (PENDS), con valor de 0.95, este resultado es muy lógico porque una variable se deduce en función de la otra. Otras correlaciones relativamente altas son PERFIL y CURVAR con valor de -0.851 (la correlación negativa indica que cuando una aumenta la otra disminuye), PLA y CURVAR, con valor de 0.778. Con menores coeficientes de correlación se tienen: DVÍAS y MDT, con valor de 0.449, ACUENCA y MDT con valor de -0.397, ESPESOR y PEND con valor de -0.47, ESPESOR y UGSajustada, con valor de -0.372 y RUGOS y ESPESOR con valor de 0.37. Los demás coeficientes de correlación son bastante menores y muestran cierta independencia de las variables, lo cual resulta favorable para los análisis.

Después de realizado el análisis de interdependencia de variables, se efectúa el correspondiente análisis factorial, en el que se analizan las variables en los diferentes ejes o factores con el fin de lograr la mejor diferenciación posible entre ellas. Los resultados de este proceso se muestran en la **Tabla 7.13** y en ella se puede identificar que las variables se agrupan en 7 factores que presentan las mayores variaciones. De estos 7 factores se seleccionan aquellos de mayor varianza, con lo cual se determinan las principales variables que se deben considerar en el análisis. En este caso se identifica que, de las 15 variables inicialmente consideradas, nueve permiten realizar los análisis sin perder significancia. Las nueve variables o variables reducidas son: MODT, COBERTURA, FRACTURAMIENTO, PENDIENTE, PENDIENTE SINUSOIDAL, CURVAR, DISTANCIA A VÍAS, DISTANCIA A CAUCES, ÁREA, DENSIDAD DE DRENAJE y UGS ajustadas

Tabla 7.12. Matriz de correlaciones entre variables

	MODT	COBERTURA	FRACTURAMIENTO	PEND	PENDS	CURVAR	PERFIL	PLA	DVIAS	DCAUCES	AREA	DDREN	UGSAJUS	ESPESOR	RUGOS
MODT	1.000	-0.209	-0.177	0.408	0.405	0.061	-0.084	0.009	0.449	-0.111	-0.397	0.055	0.225	-0.280	-0.160
COBERTURA	-0.209	1.000	0.164	-0.006	0.060	-0.106	0.124	-0.041	-0.244	-0.069	-0.107	0.197	0.099	-0.070	-0.092
FRACTURAMIENTO	-0.177	0.164	1.000	-0.078	-0.019	-0.085	0.148	0.025	-0.131	-0.009	-0.121	0.091	-0.037	-0.067	-0.052
PEND	0.408	-0.006	-0.078	1.000	0.950	-0.123	0.059	-0.151	0.053	0.061	-0.127	0.187	0.286	-0.471	-0.173
PENDS	0.405	0.060	-0.019	0.950	1.000	-0.089	0.061	-0.088	0.066	0.036	-0.123	0.254	0.323	-0.482	-0.172
CURVAR	0.061	-0.106	-0.085	-0.123	-0.089	1.000	-0.851	0.778	0.073	0.009	-0.064	-0.007	0.044	0.046	0.086
PERFIL	-0.084	0.124	0.148	0.059	0.061	-0.851	1.000	-0.333	-0.042	-0.095	0.061	-0.001	-0.018	-0.031	-0.089
PLA	0.009	-0.041	0.025	-0.151	-0.088	0.778	-0.333	1.000	0.081	-0.097	-0.043	-0.014	0.058	0.046	0.049
DVIAS	0.449	-0.244	-0.131	0.053	0.066	0.073	-0.042	0.081	1.000	-0.293	-0.181	-0.102	0.089	-0.038	0.032
DCAUCES	-0.111	-0.069	-0.009	0.061	0.036	0.009	-0.095	-0.097	-0.293	1.000	-0.118	-0.079	-0.064	0.039	0.033
AREA	-0.397	-0.107	-0.121	-0.127	-0.123	-0.064	0.061	-0.043	-0.181	-0.118	1.000	0.131	-0.052	0.147	0.100
DDREN	0.055	0.197	0.091	0.187	0.254	-0.007	-0.001	-0.014	-0.102	-0.079	0.131	1.000	0.273	-0.327	-0.111
UGSAJUS	0.225	0.099	-0.037	0.286	0.323	0.044	-0.018	0.058	0.089	-0.064	-0.052	0.273	1.000	-0.332	-0.067
ESPESOR	-0.280	-0.070	-0.067	-0.471	-0.482	0.046	-0.031	0.046	-0.038	0.039	0.147	-0.327	-0.332	1.000	0.370
RUGOS	-0.160	-0.092	-0.052	-0.173	-0.172	0.086	-0.089	0.049	0.032	0.033	0.100	-0.111	-0.067	0.370	1.000

Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

Tabla 7.13. Resultados de la aplicación del Análisis Factorial.

FACTORES	1	2	3	4	5
MODT	0.07178	0.02005	0.18983	-0.1711	0.30261
COBERTURA	0.05633	-0.0324	-0.3644	-0.0229	-0.0295
FRACTURAMIENTO	0.00488	-0.0268	-0.3631	-0.0081	0.07955
PEND	0.40926	0.01271	0.22008	0.18589	-0.0187
PENDS	0.4053	-0.0045	0.06483	0.10238	-0.0458
CURVAR	0.09145	-0.9689	0.00883	0.0402	-0.0611
PERFIL	0.00547	0.01529	-0.1551	-0.128	0.00235
PLA	0.00962	-0.0346	-0.142	-0.1156	-0.0009
DVIAS	-0.0362	0.02572	0.26309	-0.3992	0.21756
DCAUCES	-0.0768	0.0233	0.13594	0.65948	0.14739
AREA	0.08016	0.00993	0.40384	-0.1196	-0.7127
DDREN	0.16291	-0.0315	-0.1961	-0.119	-0.2172
UGSAJUS	0.10136	-0.0134	-0.0595	-0.0923	-0.074
ESPEJOR	-0.1607	0.02257	0.19712	0.06113	0.00718
RUGOS	-0.0415	0.01144	0.14834	0.02393	-0.0458

Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

Análisis Discriminante y Selección de la Mejor Función

El análisis discriminante lineal es una técnica estadística cuya utilidad fundamental es identificar, a partir de una serie de parámetros, a qué conjunto pertenece un determinado elemento. En este caso se busca si una cierta celda con datos de UGS, pendiente, altura, densidad de fracturamiento, cobertura, etc, se clasifica en la categoría de estable o inestable y esto se logra a partir de unos datos iniciales que previamente se le dan al modelo, conocidos como datos de entrenamiento. Para el presente análisis los datos de entrenamiento correspondieron a 70 puntos estables y 70 puntos inestables seleccionados aleatoriamente y se dejaron 30 puntos restantes de cada clase como datos de verificación de los resultados.

El modelo, al igual que el análisis factorial antes descrito, se corrió en el programa Real Statistics, haciendo pruebas con distinto número de variables y evaluando la bondad de ajuste de sus resultados. La mejor función discriminante fue el resultado de realizar todas

las combinaciones que se requirieron entre las variables originales seleccionadas en los análisis previos, satisfaciendo los siguientes criterios:

- Sensibilidad: Mayor porcentaje de acierto en celdas inestables (%R)
- Precisión: Mayor porcentaje de acierto total (%T)
- Rendimiento: Mayor porcentaje de acierto en celdas estables (%S)
- Menor número de variables en la función (N)

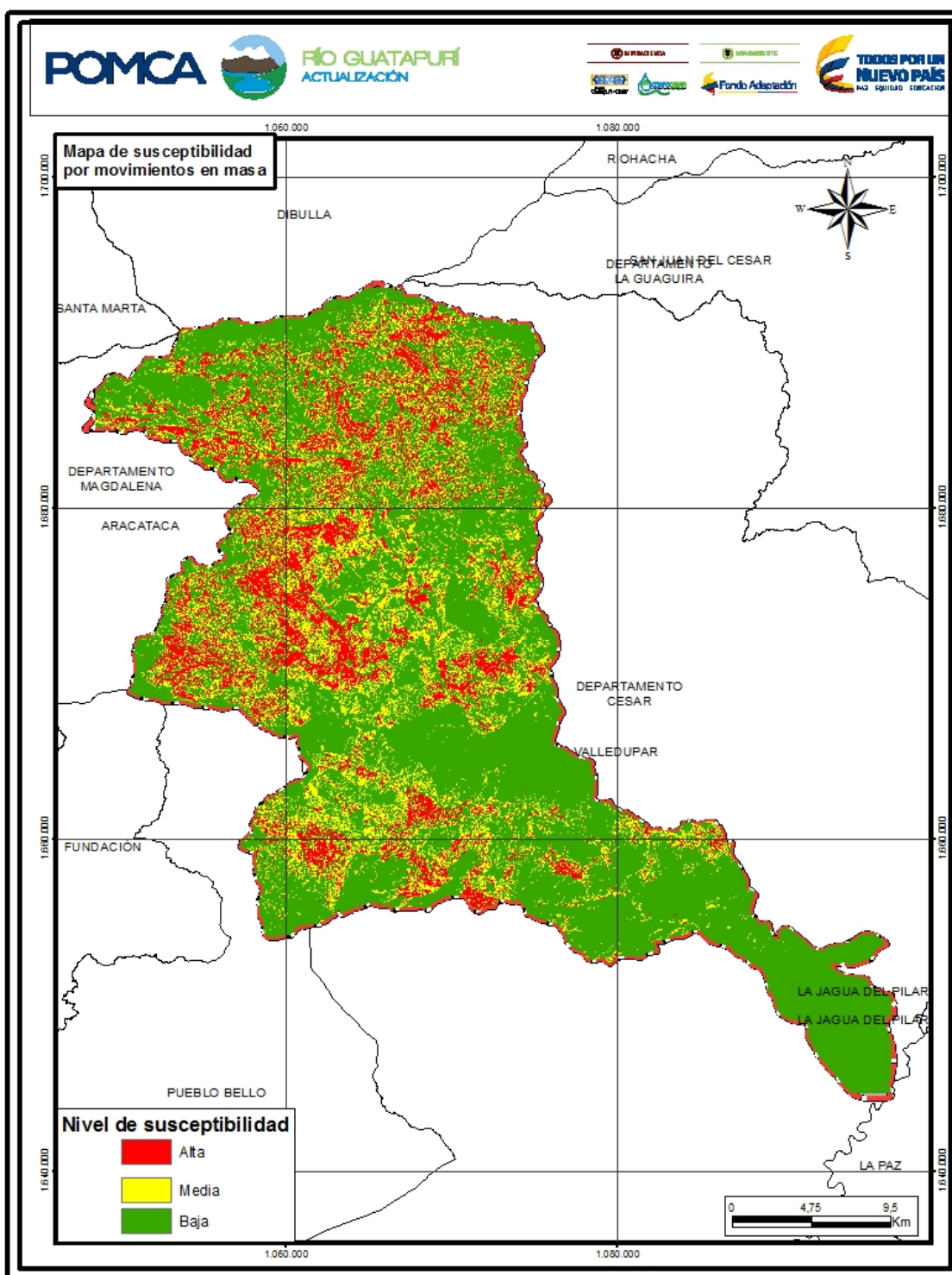
Así las cosas, el discriminante final es el siguiente:

$DIS = -22.907 - 0.000505 \times MDT - 5.098 \times COBERTURA - 5.744 \times DFRAC + 0.6001 \times PEND + 0.395 \times CURVAR - 0.0085 \times DVIAS - 0.00321 \times DCAUCES - 9.88E-08 \times ACUENCA - 17.2183 \times UGSAJUS$

7.3.2.4.2.6 Generación del Mapa de Susceptibilidad

La ecuación anterior se incorporó en el SIG y en formato raster se operó con cada uno de los mapas que conforman las variables involucradas, usando la herramienta de álgebra de mapas y como resultado se obtuvo el mapa de susceptibilidad que se presenta en el Mapa 7.21 para el cual se definieron las categorías de susceptibilidad con base en el criterio del “punto crítico” del discriminante, por medio de los valores promedio de cada una de las variables.

Mapa 7.21 susceptibilidad a los movimientos en masa en la cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Los puntajes mayores al punto crítico son considerados en susceptibilidad alta y los menores son estimados en susceptibilidad baja. Para crear la categoría de susceptibilidad media se asumió la normalidad en los puntajes de la discriminante y se calculó el intervalo que deja el 10% de los datos por encima del punto crítico como se presenta en la **Tabla 7.14**.

Tabla 7.14. Categorización del mapa de susceptibilidad.

NIVEL SUSCEPTIBILIDAD	LEYENDA	RANGO DE VALORES
BAJA		<-18
MEDIA		-18 a -10
ALTA		> -10

Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

7.3.2.4.2.7 Validación y Comprobación de los Resultados

Una primera validación consiste en analizar si el mapa final de susceptibilidad se ajusta de manera razonable a las variables involucradas y si los efectos de ellas están en la correlación adecuada. Para ello, al observar el mapa se puede identificar que como era de esperarse, que en las zonas más planas o de menor pendiente, la susceptibilidad es baja, mientras que se incrementa en las zonas de mayor pendiente. También se puede apreciar una correlación razonable con las características geológicas del área, pues en zonas de rocas duras y de bajos espesores de suelo, la susceptibilidad tiende a ser baja, mientras que en materiales más blandos, la susceptibilidad aumenta. Se aprecia también que las vías y caminos tienden a generar mayores condiciones de susceptibilidad.

Un segundo criterio de validación es analizar si los eventos identificados se ajustan a las zonas de susceptibilidad obtenidas. Esta validación no siempre muestra buenos resultados, debido a que el método se basa en eventos que ya han ocurrido pero su propósito es la extrapolación a procesos que no se han presentado pero que dadas las condiciones existentes se puede presentar. La dificultad radica en que en las zonas donde se han presentado eventos la morfología difiere de la condición original. Adicionalmente cuando la base de datos de eventos es muy baja, como en este caso y además hay incertidumbre en la exacta localización de los eventos, los resultados también pueden tener baja coincidencia con eventos pasados, pero puede ser alta con eventos potenciales o futuros. Este es un aspecto que debe evaluarse en el tiempo. De manera indicativa y teniendo en cuenta las salvedades antes indicadas en la **Tabla 7.15** se muestra la clasificación de los 19 eventos obtenidos de fuentes oficiales. Estos resultados también ponen de manifiesto la necesidad de basar los procesos de ordenamiento del territorio en los resultados de la amenaza más que en los de la susceptibilidad.

Tabla 7.15. Resultados índices de confiabilidad.

NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD	Nº EVENTOS (N)
Baja	15
Media	11

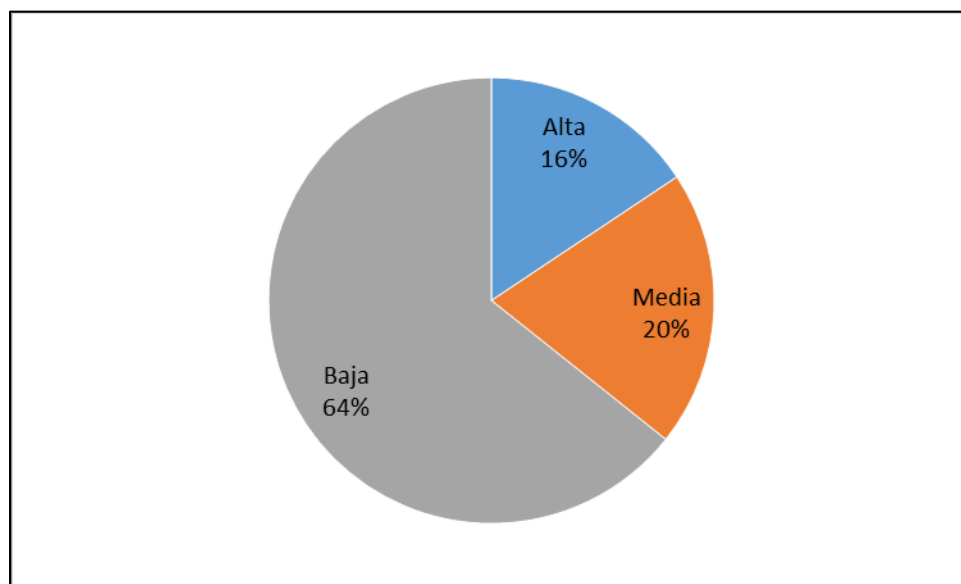
NIVEL DE SUSCEPTIBILIDAD	Nº EVENTOS (N)
Alta	3

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Análisis de Resultados

La susceptibilidad es la base inicial para el análisis y zonificación de la amenaza, que como su nombre lo indica, proporciona las zonas con cierta predisposición por presentar fenómenos de inestabilidad. Los resultados de la zonificación de la susceptibilidad por los movimientos en masa en la cuenca del Río Guatapurí, permitieron definir que el 28% del área de la cuenca hidrográfica no es susceptible a dicho evento amenazante. Por su parte el 49% y 23% fue catalogada como zonas de susceptibilidad media y alta respectivamente (Ver Gráfica 7.27).

Mapa 7.22 Porcentaje de área de la cuenca en condición de susceptibilidad baja, media y alta.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Las zonas susceptibles fueron sometidas a un análisis de amenaza detallado, del cual se podrá establecer con mayor certeza los condicionamientos para el uso y ocupación del territorio.

Análisis de susceptibilidad por Municipios

La **Tabla 7.16** contiene el porcentaje de área por municipio definida como de susceptibilidad baja, media y alta.

Tabla 7.16. Análisis niveles de susceptibilidad por Municipios.

SUSCEPTIBILIDAD	PUEBLO BELLO	VALLEDUPAR	TOTAL GENERAL
Alta	3.57%	12.08%	15.65%
Media	3.47%	16.59%	20.05%
Baja	6.81%	57.49%	64.30%
Total general	13.85%	86.15%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de susceptibilidad por Veredas

De las siete (7) veredas identificadas en la zona de estudio, la vereda de Chemesquemena presenta el mayor porcentaje de su territorio bajo condición de susceptibilidad alta a los movimientos en masa, con un 37.63% (Ver **Tabla 7.17**)

Tabla 7.17. Análisis niveles de susceptibilidad por Veredas.

CENTRO POBLADO	ALTA	MEDIA	BAJA	TOTAL GENERAL
Atanquez	4.33%	10.97%	84.70%	100.00%
Chemesquemena	18.00%	22.18%	59.82%	100.00%
Guatapuri	16.58%	22.24%	61.18%	100.00%
Nabusimake	37.23%	62.76%	0.01%	100.00%
Resguardo Indígena Kogui-Malayo Arhuaco	0.00%	100.00%	0.00%	100.00%
Rio Seco	2.31%	7.65%	90.03%	100.00%
San Sebastian	25.80%	25.03%	49.18%	100.00%
Valencia De Jesus	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
Valledupar Cabecera Municipal	7.26%	13.07%	79.67%	100.00%

Fuente: Elaboración Propia

7.3.2.4.3 Evaluación y Zonificación de la Amenaza por Movimientos en Masa

La amenaza por movimientos en masa de una ladera puede entenderse como un evento natural, humano o combinado, potencialmente destructivo de vidas, bienes, economía y/o cultura de una comunidad (INGEOMINAS, 2006).

Como paso seguido, partiendo de las zonas definidas como de susceptibilidad media y alta, se establece la evaluación de la amenaza. Esta evaluación se basa en efectuar un análisis determinístico de estabilidad, que para el caso de suelos se realiza asumiendo el método del talud infinito, y, para el caso de las unidades en roca, se emplea el método Slope Mass Rating (SMR) (Romana, 1985), teniendo como resultado final, la elaboración de una salida cartográfica, la cual representa un elemento clave para la planificación del uso del territorio

de la cuenca y constituye un insumo imprescindible para el análisis de los riesgos actuales y potenciales.

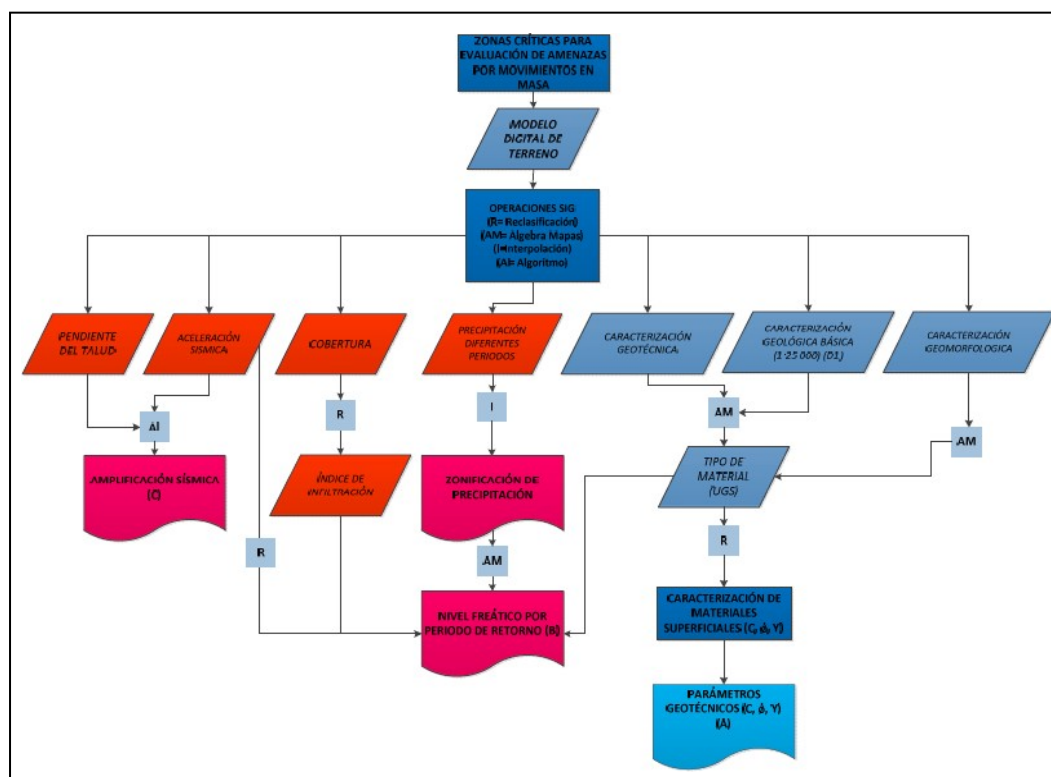
Dicha evaluación permitirá establecer los condicionamientos para el uso y ocupación del territorio, que sin duda garantizará una notable mejora en la calidad de vida de las comunidades allí asentadas.

7.3.2.4.3.1 Metodología Empleada para la Zonificación de la Amenaza

La metodología trazada para realizar la evaluación y zonificación de la amenaza se resume en las **Figura 7.4** y **Figura 7.5**. A manera general, consiste en la implementación de métodos semicuantitativos con base en el factor de seguridad, los cuales integran las variables que inciden en el desencadenamiento de los fenómenos de inestabilidad.

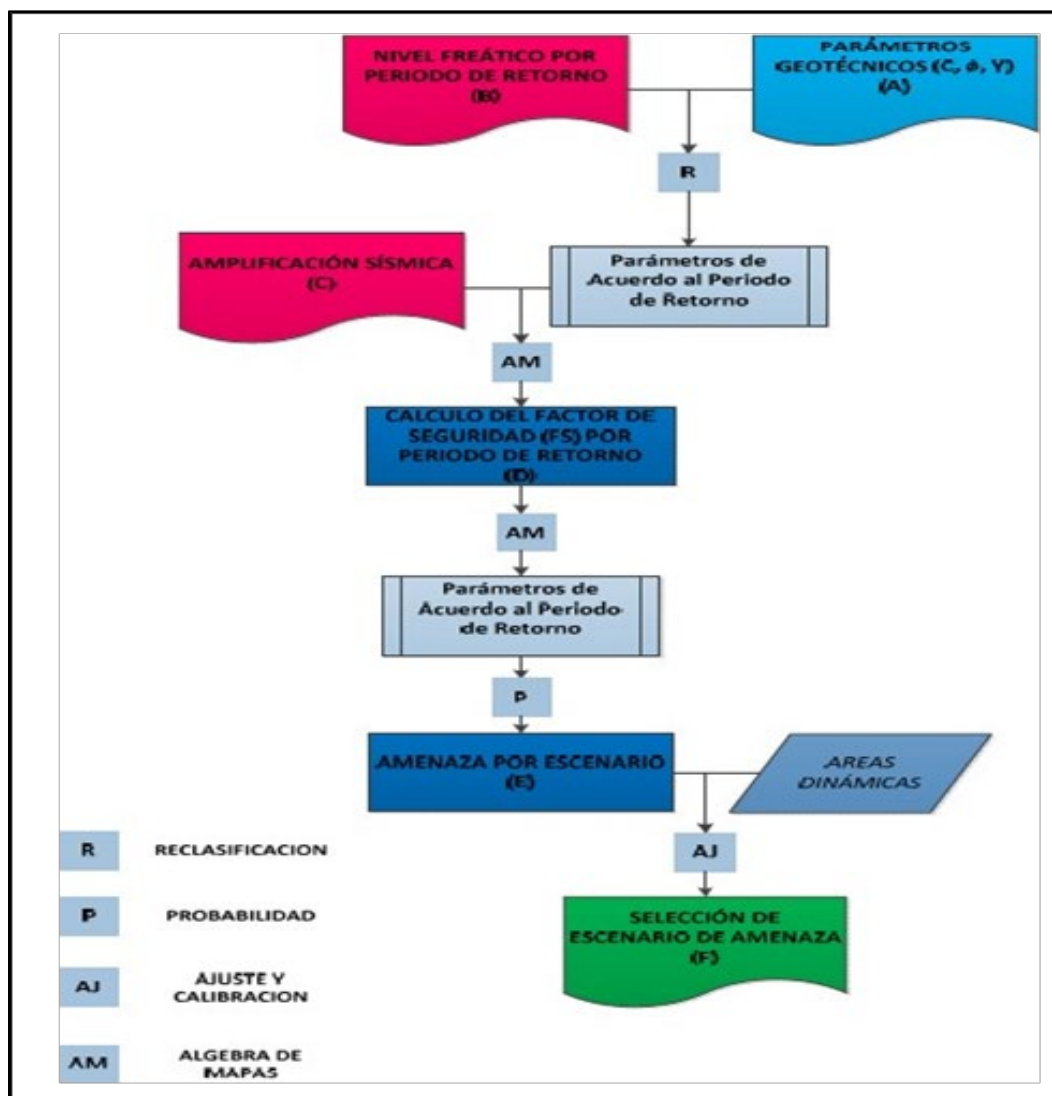
Entendiendo la amenaza como la probabilidad de ocurrencia de un evento, en este caso de inestabilidad, se determina la probabilidad de ocurrencia de dicho evento, debido a la variación en el factor de seguridad (Alzate, 2012).

Figura 7.4. Metodología para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa (Parte I).



Fuente: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, Fondo Adaptación, 2014.

Figura 7.5. Metodología para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa (Parte II).



Fuente: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, Fondo Adaptación, 2014.

Determinación de los Parámetros Geológicos y Geotécnicos

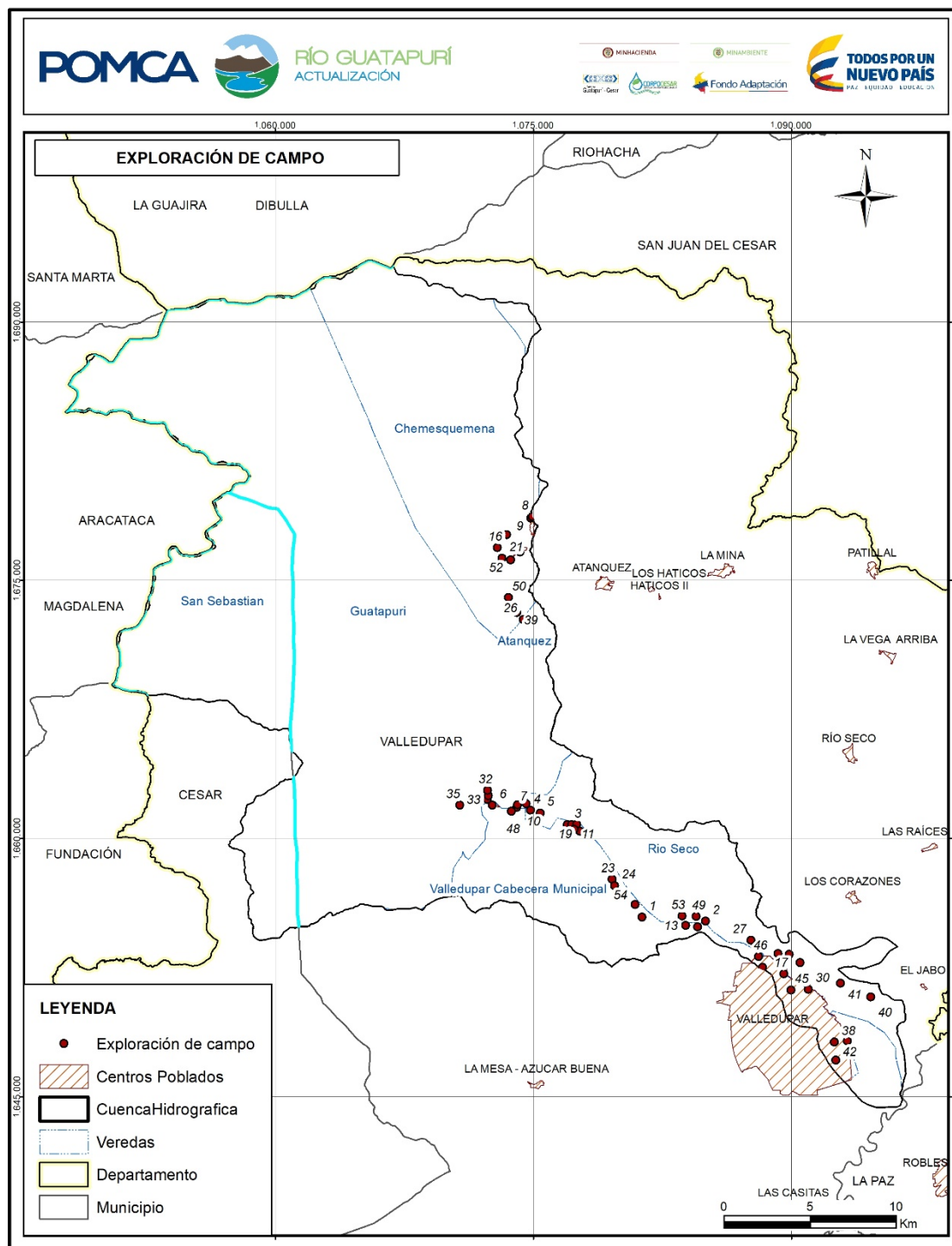
Para realizar los análisis de estabilidad que permitan evaluar la amenaza por el método de equilibrio límite se requiere conocer los parámetros geomecánicos básicos como son el intercepto de cohesión (C), el peso unitario del suelo (γ) y ángulo de fricción interna (ϕ') de los materiales. Para determinar estos parámetros se realizó la exploración geotécnica cuya ubicación se muestra en la Figura 7.5. Se resalta que, en las labores de campo para la toma de muestras no se pudo acceder a toda la cuenca por las condiciones particulares de resguardo indígena que tiene el área, de tal manera que para la población existen sitios sagrados o que no pueden tener acceso y allí no es posible explorar. Por esta razón, en los sectores norte y occidental de la cuenca no fue posible obtener muestras ni parámetros

geomecánicos directamente, en vista de lo cual se realizó un mapa de UGS ajustado, que como ya se indicó en el numeral de susceptibilidad, corresponde a un mapa que combina las unidades geológicas superficiales con las unidades geomorfológicas, de tal forma que se puede obtener un mapa de tipo geotécnico, que considera tanto las propiedades mecánicas generales como el comportamiento de los materiales superficiales en términos de estabilidad. Este cruce de mapas permite definir unas subdivisiones más detalladas de las UGS a las que se les identifican parámetros geomecánicos medios, tomando como base los resultados de los ensayos de laboratorio representativos de cada tipo de material.

Para estimar los parámetros de resistencia de las rocas se utilizó el criterio de Hoek y Brown. Estos resultados se presentan en la **Tabla 7.18**.

Para estimar los parámetros de los suelos superficiales en total se identificaron 389 polígonos o unidades geotécnicas independientes, cuyos resultados se presentan en los anexos de geología.

Mapa 7.23 Espacialización de la exploración de campo por medio de apiques en la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Tabla 7.18. Resultados determinación parámetros c y ϕ para rocas.

NOMENCLAT	GSI	RESISTENCIA (MPa)	Mi	D	C(kN/m ²)	ϕ (°)	Γ (kN/m ³)	h (m)
RmbJg	40	(0.25-1)	0	1	17	32	14	<0,06
RmbTJg	50	(0.25-1)	0	1	14	35	19	<0,06
RbEa	40	(1 - 5)	1	1	21	25	25	<0,06
RbJa	50	(5 - 25)	2	1	15	32	17	<0,06
RbJgp	60	(1 - 5)	1	1	14	30	18	<0,06
RbPEm	45	(1 - 5)	1	1	15	31	22	<0,06
RbTJg	40	(25-50)	4	1	15	30	20	<0,06
RiDCc	60	(25-50)	13	1	16	34	20	<0,06
RiEa	60	(25-50)	26	1	15	33	20	<0,06
RiJa	60	(25-50)	26	1	15	33	20	<0,06
RiJg	60	(25-50)	20	1	16	34	20	<0,06
RiJlc	50-70	(25-50)	20	1	16	34	20	<0,06
RiJt	60	(25-50)	20	1	16	34	20	<0,06
RiPEm	50-60	(50-100)	20	1	16	34	20	<0,06
RiPTc	50-60	(50-100)	10	1	16	34	20	<0,06
RiTJg	70-80	(50-100)	12	1	14	32	20	<0,06
RiTJp	60-70	(25-50)	20	1	14	32	20	<0,06
RdJc	(70-80)	(50-100)	26	1	18	36	22	<0,06
RdJbp-cm	(70-80)	(50-100)	15	1	20	37	22	<0,06
RdPEm	(70-80)	(50-100)	20	1	20	37	22	<0,06
RdTJg	(70-80)	(50-100)	12	1	18	36	22	<0,06
RdTJp	70-80	>250	20	1	18	36	22	<0,06
CONVENCIONES								
GSI: Índice geológico de resistencia								
mi: Valor constante								
D: Factor de perturbación en laderas								
h: Espesor								

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Tabla 7.19. Muestra de parámetros geomecánicos por unidad geotécnica.

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Roca blanda	Aluvial reciente	2.4	29	18.2
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca dura	Escarpe	2.9	31	17.6
Roca intermedia	Escarpe	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Ladera denudada	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Colinas	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Lomeríos	1.5	28	16.5
Roca muy blanda	Ladera denudada	1.9	28.5	16.9
Roca muy blanda	Abanico	1.9	28.5	16.9
Roca muy blanda	Ladera denudada	1.9	28.5	16.9
Suelo antropico	Zonas antrópicas	0.5	28	16.5
Suelo antropico	Zonas antrópicas	0.5	28	16.5
Suelo antropico	Aluvial reciente	0.5	28	16.5
Suelo antropico	Cerros	0.5	28	16.5
Suelo antropico	Aluvial reciente	0.5	28	16.5
Suelo antropico	Aluvial reciente	0.5	28	16.5
Aluvial	Abanico	0.2	31	18.5
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Ladera	1.8	30	17.5
Roca blanda	Aluvial reciente	1.8	29	18
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Ladera	2.2	29	17.5

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Aluvial reciente	2.4	29	18.2
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca dura	Escarpe	2.9	31	17.6
Roca intermedia	Escarpe	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Ladera denudada	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Colinas	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Lomeríos	1.5	28	16.5
Roca muy blanda	Ladera denudada	1.9	28.5	16.9
Roca muy blanda	Abanico	1.9	28.5	16.9
Roca muy blanda	Ladera denudada	1.9	28.5	16.9
Suelo antropico	Zonas antrópicas	0.5	28	16.5
Suelo antropico	Zonas antrópicas	0.5	28	16.5
Suelo antropico	Aluvial reciente	0.5	28	16.5
Suelo antropico	Cerros	0.5	28	16.5
Suelo antropico	Aluvial reciente	0.5	28	16.5
Suelo antropico	Aluvial reciente	0.5	28	16.5
Aluvial	Abanico	0.2	31	18.5
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Ladera	1.8	30	17.5
Roca blanda	Aluvial reciente	1.8	29	18
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Roca blanda	Ladera	2.2	29	17.5
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Ladera	2.2	29	17.5
Roca blanda	Ladera	1.8	30	17.5
Roca blanda	Lomeríos	1.7	29	18
Roca blanda	Ladera	1.8	30	17.5
Roca blanda	Aluvial reciente	1.8	29	18
Roca blanda	Aluvial reciente	1.8	29	18
Roca blanda	Ladera	2.2	29	17.5
Roca blanda	Ladera	1.8	30	17.5
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Ladera denudada	2.9	31	17.6
Roca dura	Aluvial reciente	2.9	31	17.6
Roca dura	Ladera denudada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Lomo estructural	2.9	31	17.6
Roca dura	Aluvial reciente	2.9	31	17.6
Roca dura	Ladera denudada	2.9	31	17.6
Roca dura	Ladera	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Ladera denudada	2.9	31	17.6
Roca dura	Lomo estructural	2.9	31	17.6

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Roca dura	Sierra	2.9	31	17.6
Roca dura	Cerros	2.9	31	17.6
Roca dura	Aluvial reciente	2.9	31	17.6
Roca dura	Ladera denudada	2.9	31	17.6
Roca dura	Escarpe	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Lomeríos	2.9	31	17.6
Roca dura	Lomeríos	2.9	31	17.6
Roca intermedia	Lomeríos	1.5	28	16.5
Roca intermedia	Abanico	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Ladera denudada	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Lomos	1.5	28	16.5
Roca intermedia	Escarpe	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Ladera denudada	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Zonas antrópicas	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Cerros	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Aluvial reciente	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Cerros	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Aluvial reciente	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Cerros	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Ladera denudada	1.9	31	17.4

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Roca intermedia	Terraza aluvial	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Aluvial reciente	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Ladera denudada	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Aluvial reciente	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Ladera denudada	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Aluvial reciente	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Ladera	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Ladera	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Ladera	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Aluvial reciente	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Aluvial reciente	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Ladera denudada	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Escarpe	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Ladera	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Ladera	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Sierra	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Lomeríos	1.5	28	16.5
Roca intermedia	Lomeríos	1.5	28	16.5
Roca intermedia	Escarpe	2.7	30.5	17.9
Suelo Residual	Ladera denudada	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Ladera denudada	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Ladera denudada	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Ladera denudada	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Ladera denudada	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Zonas antrópicas	0.8	27	16.4

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Suelo Residual	Aluvial reciente	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Ladera denudada	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Sierra	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Ladera denudada	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Sierra	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Ladera denudada	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Sierra	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Escarpe	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Ladera denudada	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Sierra	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Ladera denudada	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Aluvial reciente	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Sierra	0.8	27	16.4
Suelo Residual	Sierra	0.8	27	16.4
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Ladera	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Terraza aluvial	0.2	30	18.5
Aluvial	Ladera denudada	0.2	30	18.5

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Aluvial	Lomo estructural	0.2	30	18.5
Aluvial	Sierra	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Cerros	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Ladera denudada	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Laguna glaciar	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Ladera	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Terraza aluvial	0.2	30	18.5
Aluvial	Ladera denudada	0.2	30	18.5
Aluvial	Lomo estructural	0.2	30	18.5
Aluvial	Sierra	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Cerros	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Ladera denudada	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Laguna glaciar	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Glaciar	Sierra glaciada	0.1	33	19
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Ladera	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Terraza aluvial	0.2	30	18.5
Aluvial	Ladera denudada	0.2	30	18.5
Aluvial	Lomo estructural	0.2	30	18.5
Aluvial	Sierra	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Cerros	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Coluvial	Terraza aluvial	0.4	33	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Ladera denudada	0.3	29	17.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Zonas antrópicas	0.4	30	17
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Coluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Coluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Coluvial	Terraza aluvial	0.2	30	17
Coluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Coluvial	Ladera denudada	0.3	31	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.4	31	18.5
Coluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Coluvial	Ladera denudada	0.3	29	17.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Coluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Coluvial	Depósitos coluviales	0.3	32	17.5
Aluvial	Zonas antrópicas	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Aluvial	Aluvial reciente	0.2	30	18.5
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Ladera denudada	0.1	33	18.2
Fluvial	Depósitos coluviales	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Ladera denudada	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Ladera denudada	0.1	33	18.2
Fluvial	Zonas antrópicas	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Colinas	0.1	33	18.2
Fluvial	Zonas antrópicas	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Fluvial	Terraza aluvial	0.1	33	18.2
Fluvial	Aluvial reciente	0.1	33	18.2
Coluvial	Ladera denudada	0.3	29	17.5
Coluvial	Ladera denudada	0.3	29	17.5
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Colinas	1.8	29	18
Roca blanda	Sierra glaciada	1.8	29	18
Roca blanda	Colinas	1.8	29	18
Roca blanda	Colinas	1.8	29	18

UGS	UNIDAD_GEOMORF	C'(KN/M2)	FI'(GRADOS)	P. UNIT (KN/M3)
Roca blanda	Ladera denudada	1.8	30	17.5
Roca blanda	Sierra	1.8	29	18
Roca blanda	Escarpe	1.8	29	18
Roca blanda	Zonas antrópicas	1.7	29	18
Roca blanda	Cerros	1.8	29	18
Roca blanda	Aluvial reciente	1.8	29	18
Roca blanda	Aluvial reciente	1.8	29	18
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca dura	Sierra glaciada	2.9	31	17.6
Roca intermedia	Sierra glaciada	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Sierra glaciada	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Ladera denudada	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Sierra glaciada	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Ladera denudada	1.9	31	17.4
Roca intermedia	Sierra	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Sierra glaciada	2.7	30.5	17.9
Roca intermedia	Aluvial reciente	1.9	31	17.4

Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar.

Espesor del Suelo (h)

La asignación de los espesores promedio de las unidades de suelo y/o depósitos se realizó teniendo en cuenta los resultados de la fase exploratoria de la caracterización de las Unidades Geológicas superficiales (UGS) en la zona de estudio, no obstante, como ya se indicó, este espesor no se pudo identificar en grandes áreas de la cuenca tanto por permisos de acceso como porque no hay afloramientos suficientes que permitan su identificación. Como método de aproximación se correlacionó el espesor de los suelos con la pendiente, teniendo en cuenta que en las pendientes muy pronunciadas el espesor es bajo o nulo porque el material superficial no tiene capacidad mecánica de permanecer allí, mientras que en zonas de menor pendiente los espesores tienden a aumentar. Este tipo de correlaciones se ha adelantado en otros sectores del mundo y del país con resultados razonables. En este caso se empleó la ecuación de ajuste obtenida por Sepúlveda y Patiño (2016):

$$d = 6.9149e^{-0.043\alpha}$$

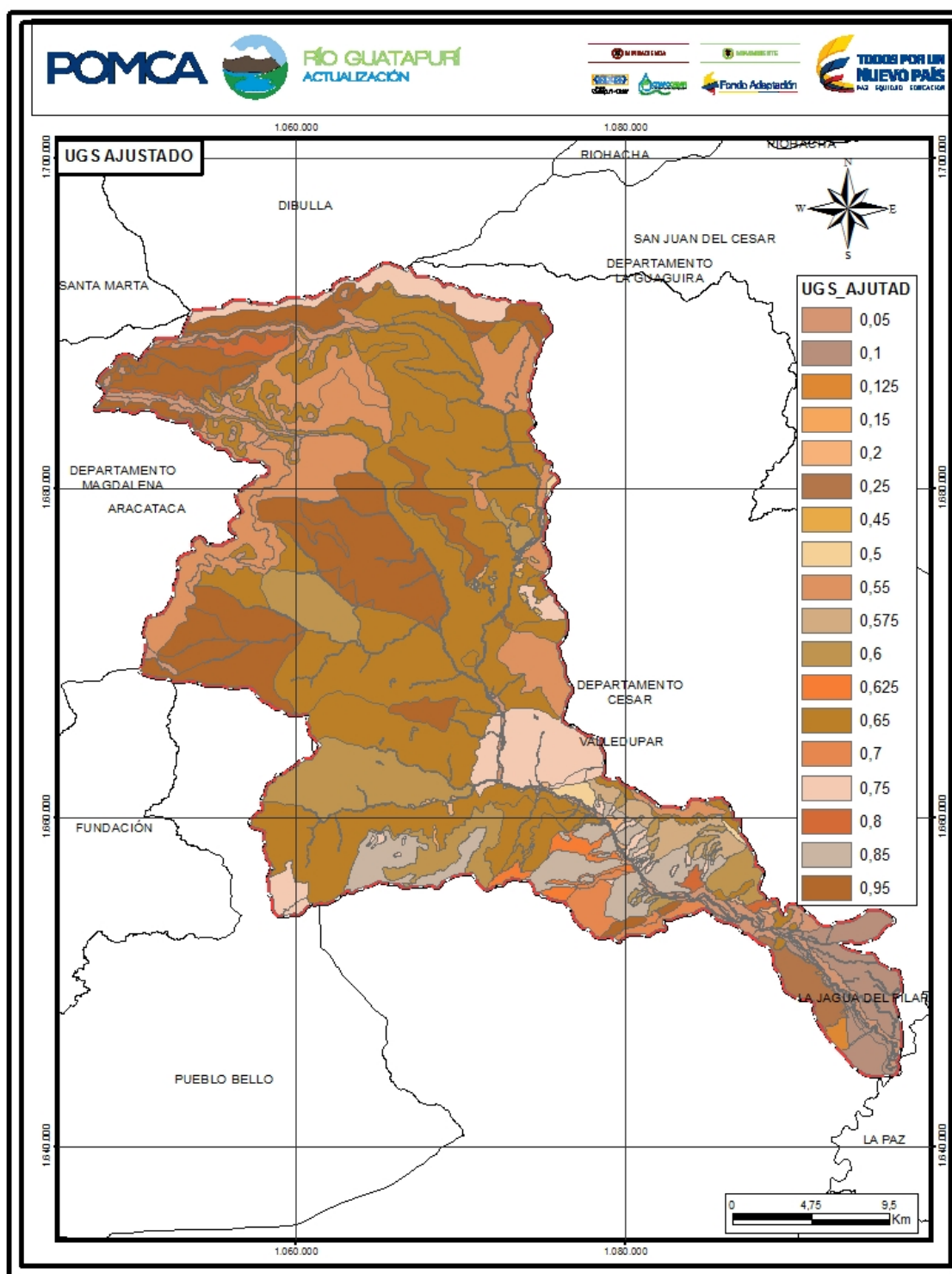
Donde:

d= Espesor del estrato superficial (m)

C= Constante = 6.9149

α = pendiente del terreno (grados)

Mapa 7.24 Geológico-Geotécnico de la Cuenca Rio Guatapurí



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

7.3.2.4.3.2 Reclasificación de las Pendientes del Área de la Cuenca

A partir de las características propias del área y del modelo digital del terreno, se presenta continuación el mapa de pendientes del terreno, el cual se realizó teniendo en cuenta los rangos propuestos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC (Véase **Tabla 7.20**) para unidades de medida en porcentaje, y su equivalencia en grados.

Tabla 7.20. Descripción de rangos de pendientes.

PENDIENTE EN PORCENTAJE (%)	PENDIENTE EN GRADOS (°)	DESCRIPCIÓN
0 – 3	0 - 2	Plano
3 – 7	2 – 4	Ligeramente inclinado
7 – 12	4 – 7	Moderadamente inclinado
12 – 25	7 – 14	Fuertemente inclinado
25 – 50	14 - 27	Ligeramente escarpado
50 – 75	27 - 37	Moderadamente escarpado
>75	> 37	Fuertemente escarpado

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2013.

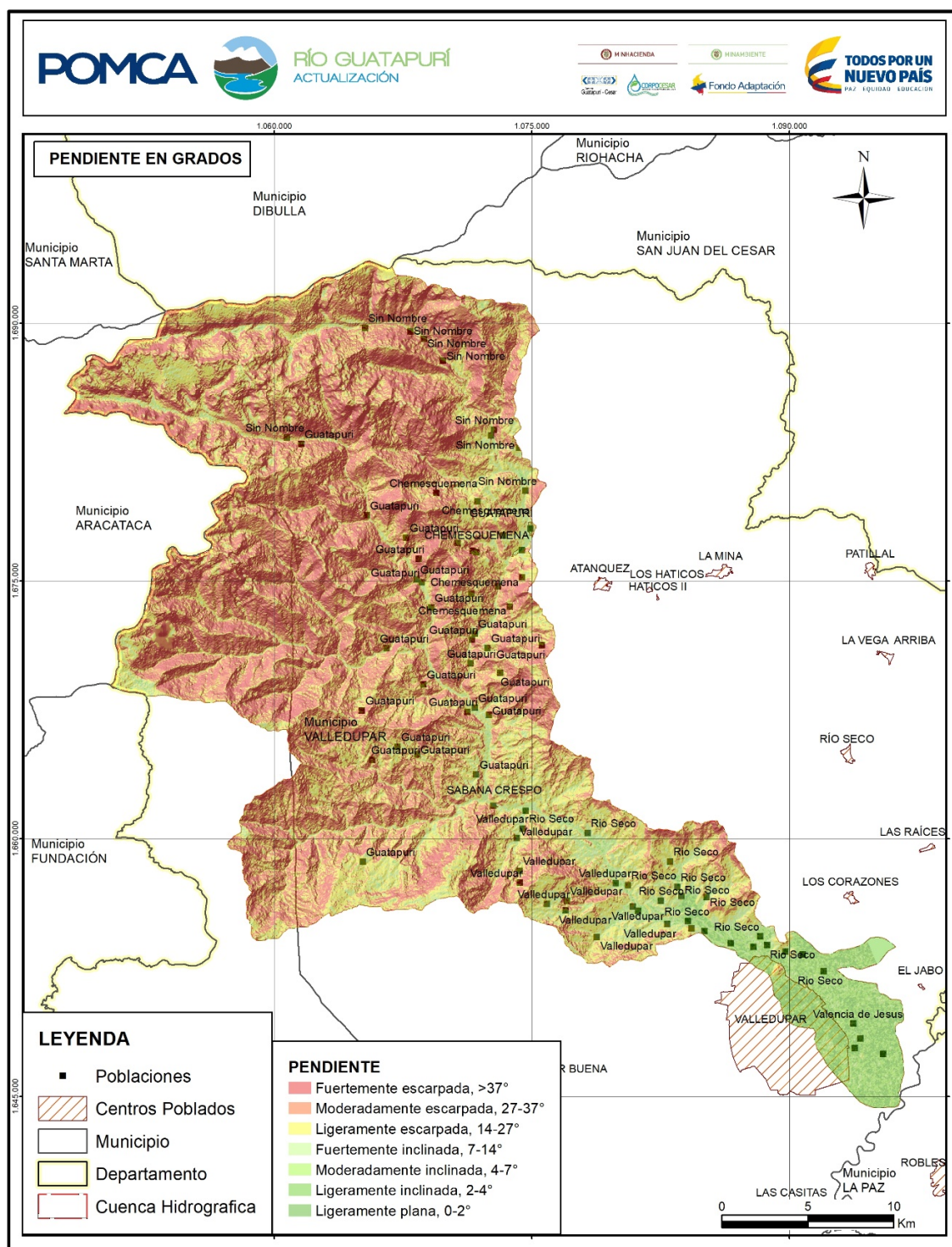
De esta reclasificación se observa que la Cuenca del Río Guatapurí se caracteriza por ser montañosa, por lo tanto, un 56.06% de su área tiene inclinaciones que van desde moderadamente a fuertemente escarpado (50->75%).

Se destaca que en aproximadamente el 40.93% del área total de la cuenca se tienen terrenos fuertemente inclinados a ligeramente escarpados con pendientes que varían de 12 – 50% (7° – 27°). Por otra parte, se encuentran los terrenos ligeramente a moderadamente inclinado (2 – 4%) con un 3 % del área de estudio.

La Cuenca del Río Guatapurí, presenta en la mayoría de su área pendientes elevadas que varían de 27° a 37°, lo que confirma que el paisaje predominante en la cuenca es de montaña, por encima de lomerío y valle.

Como resultado final de la descripción del relieve y su respectiva espacialización en la Cuenca del Río Guatapurí, en el Mapa 7.25 se presenta la salida cartográfica de pendientes.

Mapa 7.25 pendientes de la cuenca hidrográfica del Río Guatapurí

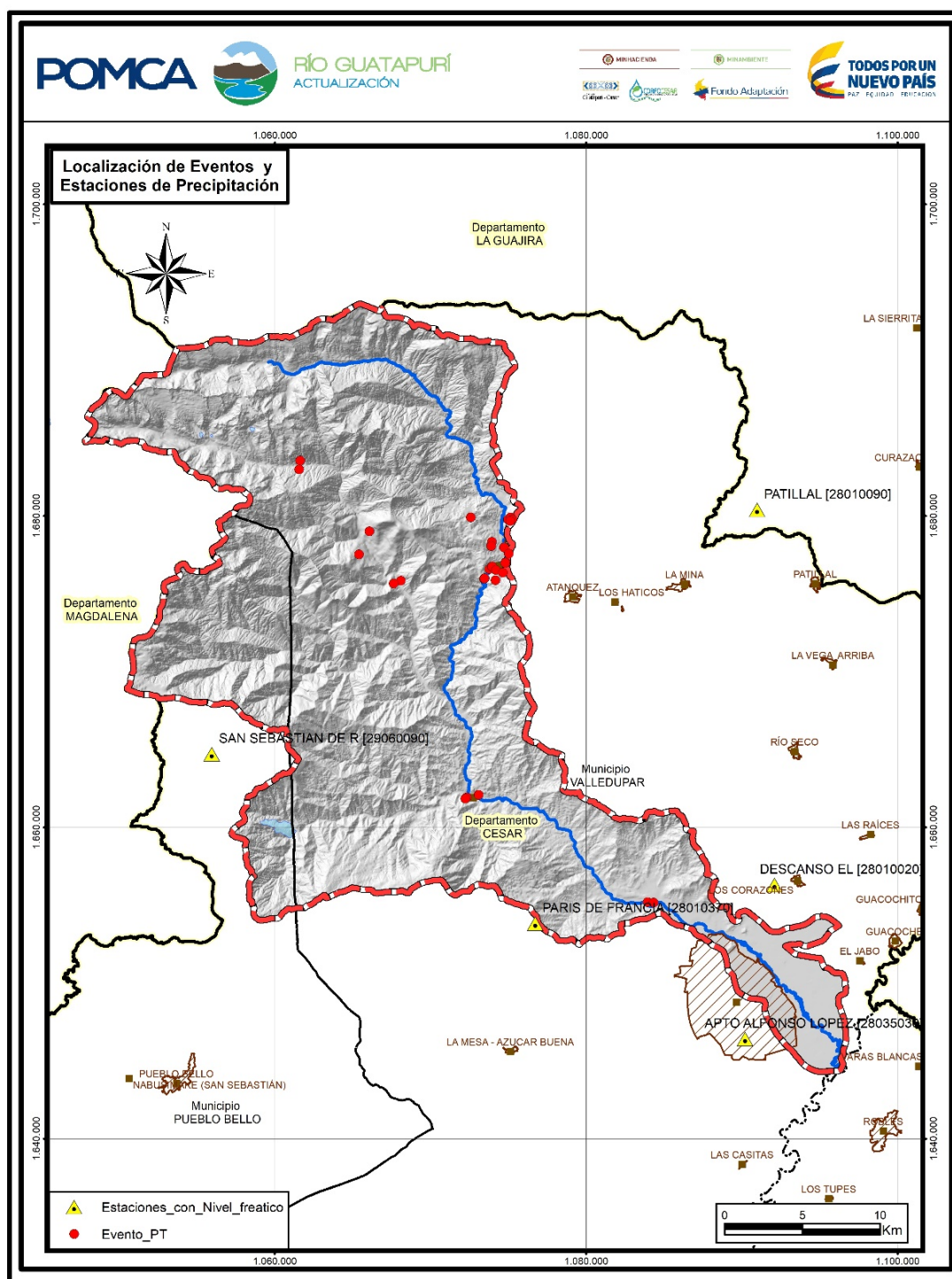


Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

7.3.2.4.3.3 Definición Periodos de Retorno a Partir del Inventario Histórico de Eventos

Debido a la amplia distribución espacial de los eventos de movimientos en masa registrados en las diferentes bases de datos, al igual que a la variable relieve y clima de la Cuenca del Río Guatapurí, se procedió asignar a los movimientos en masa registrados una estación meteorológica específica mediante análisis de polígonos de Thiessen, tal y como se puede apreciar en el Mapa 7.26.

Mapa 7.26 Localización de eventos por movimientos en masa y estaciones de precipitación.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Con el fin de conocer la recurrencia de eventos en cada uno de los municipios se presenta la **Tabla 7.21**, la cual expone la cantidad de sucesos de tipo movimiento en masa en cada uno de los municipios que conforman la Cuenca Hidrográfica del Río Guatapurí.

Tabla 7.21. Eventos históricos por movimientos en masa registrados en la cuenca.

NO. DE EVENTOS	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
10	Cesar	Valledupar/Guatapurí
9	Cesar	Valledupar/Sabana Cresso
9	Cesar	Valledupar/Chemesquemena
3	Cesar	Valledupar/Besotes

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

En la **Tabla 7.22**, a manera de ejemplo, se pueden apreciar algunos registros de los eventos de lluvia asociados a algunos deslizamientos en 4 estaciones meteorológicas operadas por el IDEAM, cada una con registro diario en la Cuenca del Río Guatapurí. Los registros de precipitación presentados para cada evento en una estación se deben interpretar como se muestra a continuación.

- Los registros que se encuentren en cero indican que no hubo lluvia para esa fecha, por lo que se asume que el suceso detonante del deslizamiento no se encuentra asociado a factor climático.
- Los registros que se encuentren señalados con un guion (-) son aquellos en los que la estación meteorológica presenta ausencia de la información, es decir, la estación no generó registro alguno ese día.

Los registros que se encuentran en blanco corresponden a los eventos que no están relacionados con la estación meteorológica, ya que el deslizamiento presentado no se encuentra dentro del polígono de Thiessen obtenido para la estación.

Tabla 7.22. Relación eventos de lluvia con la fecha de los deslizamientos.

AÑO	DPTO	MUNP	ESTACIONES /PRECIPITACIONES (MM)			
			PATILLAL	SAN SEBASTIÁN DE R	PARIS DE FRANCIA	DESCANSO EL
1998	Cesar		1118.00	1462.00	1891.00	1900.00
1999	Cesar		1318.00	1463.00	1664.00	1616.00
2000	Cesar		1395.50	1240.00	1963.00	893.00
2001	Cesar		1206.00	1227.00	1442.00	729.00
2002	Cesar		776.00	1193.00	1313.00	1197.00
2003	Cesar		1206.00	1276.00	1552.00	650.00
2004	Cesar		1269.00	1271.96	1195.00	810.00
2005	Cesar		1521.73	1337.00	1386.50	926.00
2006	Cesar		1034.00	1363.96	1436.00	801.00
2007	Cesar		847.45	1400.00	1440.00	1285.00
2008	Cesar		1061.00	1469.50	1533.00	782.00
2009	Cesar	Valledupar/Guatapurí	774.00	1430.00	1205.00	607.00

			ESTACIONES /PRECIPITACIONES (MM)			
AÑO	DPTO	MUNP	PATILLAL	SAN SEBASTIÁN DE R	PARIS DE FRANCIA	DESCANSO EL
2010	Cesar	Valledupar/Guatapurí	1876.00	1598.00	1916.00	854.00
2011	Cesar		1543.00	1481.00	1689.00	797.00
2012	Cesar		1251.00	1360.00	1093.00	540.25
2013	Cesar		516.00	1221.00	1289.40	604.00
2014	Cesar	Valledupar/Guatapurí/Chesquemena	507.00	1201.00	1250.00	826.00

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Una vez agrupada la información de movimientos en masa, por estación, según los polígonos de Thiessen obtenidos, y posteriormente descartado todos aquellos eventos en donde no se encontró valor de lluvia o la misma fue igual a cero, se procede a el cálculo de periodo de retorno asociado a cada uno de los eventos mediante las ecuaciones empíricas presentadas en la temática de hidrología. En la **Tabla 7.23**, a manera de ejemplo, se presentan los resultados de periodos de retornos obteniendo para los eventos de deslizamiento generados por las precipitaciones registradas por la estación Pte. Santander.

Tabla 7.23. Periodos de retorno estimados en la estación Apto Alfonso López.

ESTACIÓN APTO. ALFONSO LÓPEZ										
DTR	PERIODOS DE RETORNO									
	2	5	10	15	20	25	30	50	100	500
5	158,06	193.36	225.22	246.23	262.32	275.52	286.79	320.91	373.77	532.57
10	111.77	136.73	159.25	174.11	185.49	194.82	202.79	226.91	264.30	376.58
15	91.26	111.64	130.03	142.16	151.45	159.07	165.58	185.27	215.80	307.48
20	79.03	96.68	112.61	123.12	131.16	137.76	143.40	160.45	186.88	266.29
25	70.69	86.48	100.72	110.12	117.31	123.22	128.26	143.51	167.15	238.17
30	64.53	78.94	91.95	100.52	107.09	112.48	117.08	131.01	152.59	217.42
35	59.74	73.09	85.12	93.07	99.15	104.14	108.40	121.29	141.27	201.29
40	55.88	68.36	79.63	87.06	92.74	97.41	101.40	113.46	132.15	188.29
45	52.69	64.45	75.07	82.08	87.44	91.84	95.60	106.97	124.59	177.52
50	49.98	61.15	71.22	77.87	82.95	87.13	90.69	101.48	118.20	168.41
55	47.66	58.30	67.91	74.24	79.09	83.07	86.47	96.76	112.70	160.58
60	45.63	55.82	65.01	71.08	75.73	79.54	82.79	92.64	107.90	153.74
65	43.84	53.63	62.46	68.29	72.75	76.42	79.54	89.00	103.67	147.71
70	42.24	51.68	60.19	65.81	70.11	73.64	76.65	85.77	99.89	142.34
75	40.81	49.93	58.15	63.58	67.73	71.14	74.05	82.86	96.51	137.51
80	39.52	48.34	56.30	61.56	65.58	68.88	71.70	80.23	93.44	133.14

ESTACIÓN APTO. ALFONSO LÓPEZ										
DTR	PERIODOS DE RETORNO									
	2	5	10	15	20	25	30	50	100	500
85	38.34	46.90	54.62	59.72	63.62	66.82	69.56	77.83	90.65	129.17
90	37.26	45.58	53.08	58.04	61.83	64.94	67.60	75.64	88.10	125.53
95	36.26	44.36	51.67	56.49	60.18	63.21	65.80	73.62	85.75	122.18
100	35.34	43.24	50.36	55.06	58.66	61.61	64.13	71.76	83.58	119.09
105	34.49	42.20	49.15	53.73	57.24	60.12	62.58	70.03	81.56	116.22
110	33.70	41.23	48.02	52.50	55.93	58.74	61.14	68.42	79.69	113.54
115	32.96	40.32	46.96	51.34	54.70	57.45	59.80	66.91	77.94	111.05
120	32.26	39.47	45.97	50.26	53.55	56.24	58.54	65.50	76.30	108.71

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

Por lo anterior, se concluye que los periodos de retorno se encuentran, hasta máximo 60 años y en el rango establecido en el anexo técnico.

7.3.2.4.3.4 Determinación de los Detonantes

Nivel Freático por Periodo de Retorno

Lluvia

De acuerdo con la Guía Metodológica para evaluación amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del SGC (Ávila et al, 2015) la profundidad del nivel freático se puede estimar con base en el método de lluvia-escorrentía propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS), es decir, a partir del conocimiento de la precipitación y de la posible infiltración que se evalúa en función de las características de cobertura del suelo, mediante un parámetro denominado número de curva (CN).

Con base en lo anterior, la profundidad del nivel freático para diferentes periodos de retorno se puede estimar con la siguiente ecuación, cuyos parámetros se ilustran en la **Figura 7.6**.

$$Pf_{tr} = (\overline{Pf} - Z * CV * \overline{Pf}) - In_{tr}$$

Dónde:

Pf_{tr} : Corresponde a la profundidad del nivel freático asociado a un tiempo de retorno Tr .

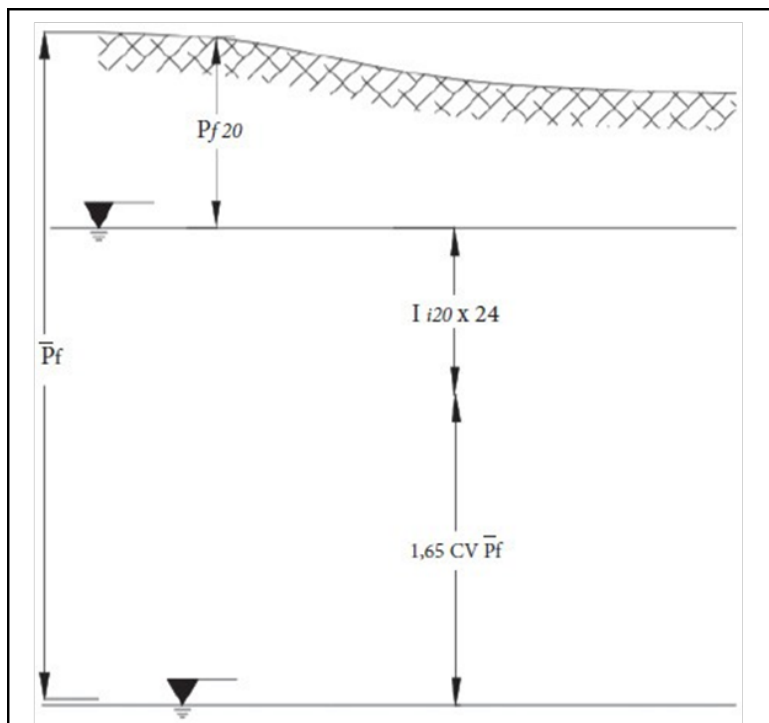
Z : Valor Z de la distribución normal correspondiente al valor de probabilidad del tiempo de retorno Tr para este caso con un nivel de significancia del 0.05

CV : Coeficiente de variación de la infiltración acumulada anual.

In_{Tr} : Infiltración para un tiempo de retorno Tr y una duración de 24 horas

$\overline{Pf}$: Profundidad media del nivel freático.

Figura 7.6. Representación de los términos utilizados para calcular la profundidad del nivel freático asociado a un tiempo de retorno de 20 años.



Fuente: Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. Servicio Geológico Colombiano (2015).

Características Climáticas

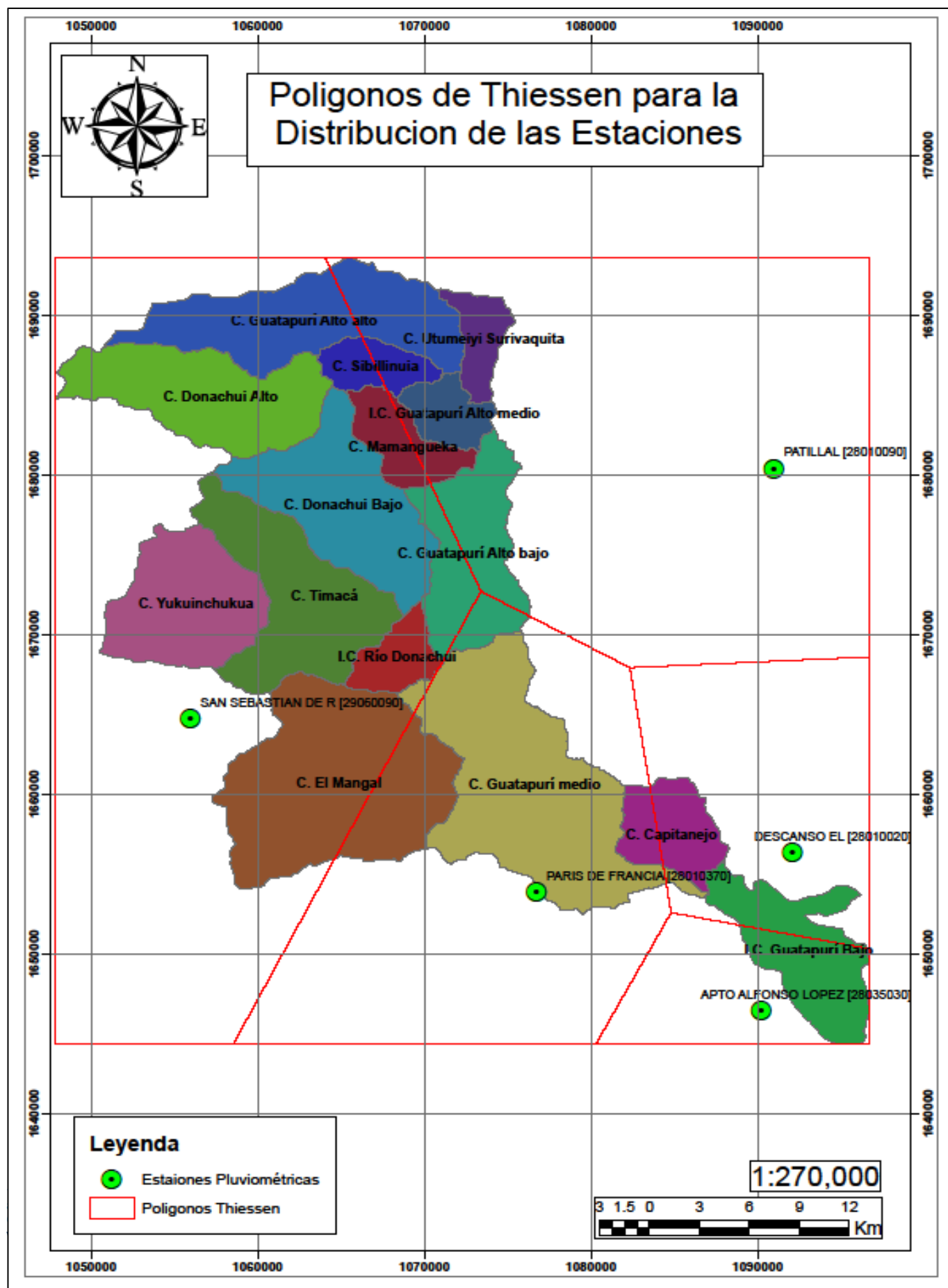
Las características climáticas de una región pueden presentar alta variabilidad y por esto se hace necesario proponer modelos matemáticos que permitan, con cierto grado de confianza en algún rango de interés, hacer inferencias del comportamiento de la variable en estudio. Para el caso de la precipitación, en lo temporal, se propone la creación de curvas que relacionen la intensidad, la frecuencia de ocurrencia y el tiempo de duración de un evento de precipitación, configurando así las curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia).

Espacialización de la Precipitación

Considerando que para el área de estudio se tienen diferentes estaciones climatológicas adyacentes, se debe espacializar esta precipitación de tal manera que se pueda conocer que información climatológica sería la más adecuada para las diferentes áreas presentes en toda la extensión de la cuenca. En el presente caso corresponde a los polígonos de las diferentes coberturas dentro de la cuenca. El

Mapa 7.27 presenta las estaciones consideradas para el análisis de precipitación del área de interés.

Mapa 7.27 Estaciones adyacentes a la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Considerando lo anterior, se utiliza la herramienta Spatial Join en los polígonos que corresponden a la curva número dentro de la cuenca, de tal manera que se asigne la estación más cercana a este y así desarrollar el análisis de la precipitación en esta. Dichas estaciones se consigan en la **Tabla 7.24.**

Tabla 7.24. Estaciones asignadas por Spatial Join.

ESTACIONES PLUVIOMETRICAS	SUBCUENCA	ÁREA ASIGNADA (HA)	ÁREA CUENCA (HA)
DESCANSO EL [28010020]	C. Capitanejo	2053.905503	3059.08941
PARIS DE FRANCIA [28010370]	C. Capitanejo	1005.183901	
SAN SEBASTIAN DE R [29060090]	C. Donachui Alto	7384.051787	7384.05179
SAN SEBASTIAN DE R [29060090]	C. Donachui Bajo	7843.30026	7843.30026
SAN SEBASTIAN DE R [29060090]	C. El Mangal	9517.208883	13185.5136
PARIS DE FRANCIA [28010370]	C. El Mangal	3668.304679	
SAN SEBASTIAN DE R [29060090]	C. Guatapuri Alto alto	5132.358307	8332.14689
PATILLAL [28010090]	C. Guatapuri Alto alto	3199.788585	
SAN SEBASTIAN DE R [29060090]	C. Guatapuri Alto bajo	2100.506245	6219.13646
PATILLAL [28010090]	C. Guatapuri Alto bajo	3195.130683	
PARIS DE FRANCIA [28010370]	C. Guatapuri Alto bajo	923.499528	
SAN SEBASTIAN DE R [29060090]	C. Guatapuri medio	213.540214	13719.1606
DESCANSO EL [28010020]	C. Guatapuri medio	187.802167	
PARIS DE FRANCIA [28010370]	C. Guatapuri medio	13317.81821	
SAN SEBASTIAN DE R [29060090]	C. Mamanguoka	1646.962148	2502.07013
PATILLAL [28010090]	C. Mamanguoka	855.107983	
SAN SEBASTIAN DE R [29060090]	C. Sibillinuia	929.079528	1820.04773
PATILLAL [28010090]	C. Sibillinuia	890.9682	
SAN SEBASTIAN DE R [29060090]	C. Timacá	7827.924801	7827.9248
PATILLAL [28010090]	C. Utumeiyi Surivaquita	1629.079018	1629.07902
SAN SEBASTIAN DE R [29060090]	C. Yukuinchukua	6392.400538	6392.40054
PATILLAL [28010090]	I.C. Guatapuri Alto medio	1773.076463	1773.07646
DESCANSO EL [28010020]	I.C. Guatapuri Bajo	2209.643368	5490.78042

ESTACIONES PLUVIOMETRICAS	SUBCUENCA	ÁREA ASIGNADA (HA)	ÁREA CUENCA (HA)
APTO ALFONSO LOPEZ [28035030]	I.C. Guatapurí Bajo	3281.13706	
SAN SEBASTIAN DE R [29060090]	I.C. Río Donachui	1806.1791	1810.19432
PARIS DE FRANCIA [28010370]	I.C. Río Donachui	4.015222	

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Análisis de la Precipitación

Para las estaciones más cercanas consideradas para los polígonos de cobertura del suelo del presente proyecto, se procede a analizar los datos consignados en estas estaciones, de tal manera que se puedan obtener los parámetros necesarios para el conocimiento de precipitación efectiva, infiltración y construcción de las curvas IDF (ver **Tabla 7.25**).

Tabla 7.25. Datos estación Patillal, San Sebastián de R, Paris de Francia, El Descanso y Apto Alfonso López para polígonos de cobertura de la cuenca.

PATILLAL		SAN SEBASTIÁN DE R		PARIS DE FRANCIA		DESCANSO EL		APTO ALFONSO LÓPEZ	
AÑO	P ANUAL (mm)	AÑO	P ANUAL (mm)	AÑO	P ANUAL (mm)	AÑO	P ANUAL (mm)	AÑO	P ANUAL (mm)
1998	1118.00	1998	1462.00	1998	1891.00	1998	1900.00	1998	1376.10
1999	1318.00	1999	1463.00	1999	1664.00	1999	1616.00	1999	1177.00
2000	1395.50	2000	1240.00	2000	1963.00	2000	893.00	2000	845.70
2001	1206.00	2001	1227.00	2001	1442.00	2001	729.00	2001	851.10
2002	776.00	2002	1193.00	2002	1313.00	2002	1197.00	2002	843.90
2003	1206.00	2003	1276.00	2003	1552.00	2003	650.00	2003	1097.50
2004	1269.00	2004	1271.96	2004	1195.00	2004	810.00	2004	832.40
2005	1521.73	2005	1337.00	2005	1386.50	2005	926.00	2005	1027.70
2006	1034.00	2006	1363.96	2006	1436.00	2006	801.00	2006	969.70
2007	847.45	2007	1400.00	2007	1440.00	2007	1285.00	2007	1108.50
2008	1061.00	2008	1469.50	2008	1533.00	2008	782.00	2008	1353.70
2009	774.00	2009	1430.00	2009	1205.00	2009	607.00	2009	855.74
2010	1876.00	2010	1598.00	2010	1916.00	2010	854.00	2010	1583.20
2011	1543.00	2011	1481.00	2011	1689.00	2011	797.00	2011	1207.50
2012	1251.00	2012	1360.00	2012	1093.00	2012	540.25	2012	953.40

PATILLAL		SAN SEBASTIÁN DE R		PARIS DE FRANCIA		DESCANSO EL		APTO ALFONSO LÓPEZ	
AÑO	P ANUAL (mm)	AÑO	P ANUAL (mm)	AÑO	P ANUAL (mm)	AÑO	P ANUAL (mm)	AÑO	P ANUAL (mm)
2013	516.00	2013	1221.00	2013	1289.40	2013	604.00	2013	1096.20
2014	507.00	2014	1201.00	2014	1250.00	2014	826.00	2014	669.00

Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar.

Curvas Intensidad-Frecuencia-Duración (IDF)

Se elaboran curvas sintéticas IDF para diferentes periodos de retorno, esta información corresponde a las estaciones mencionadas anteriormente. Para el análisis de las intensidades en la zona de estudio se derivaron las curvas sintéticas de Intensidad- Duración-Frecuencia IDF para la estación mencionada utilizando la metodología propuesta por Vargas y Díaz-Granados (1998).

La formulación general para encontrar la intensidad media I en mm/hr se da como sigue:

$$(1) I = a \frac{T^b}{t^c} M^d$$

Dónde:

I = Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h)

T = Período de retorno en años

M = Precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel minutal

t = Duración de la tormenta en horas.

a, b, c, d, e, f = Parámetros de ajuste de regresión, regionalizados

Los valores de los parámetros para las diferentes regiones se muestran en la **Tabla 7.26..**

Tabla 7.26. Datos parámetros de ajuste para las diferentes regiones.

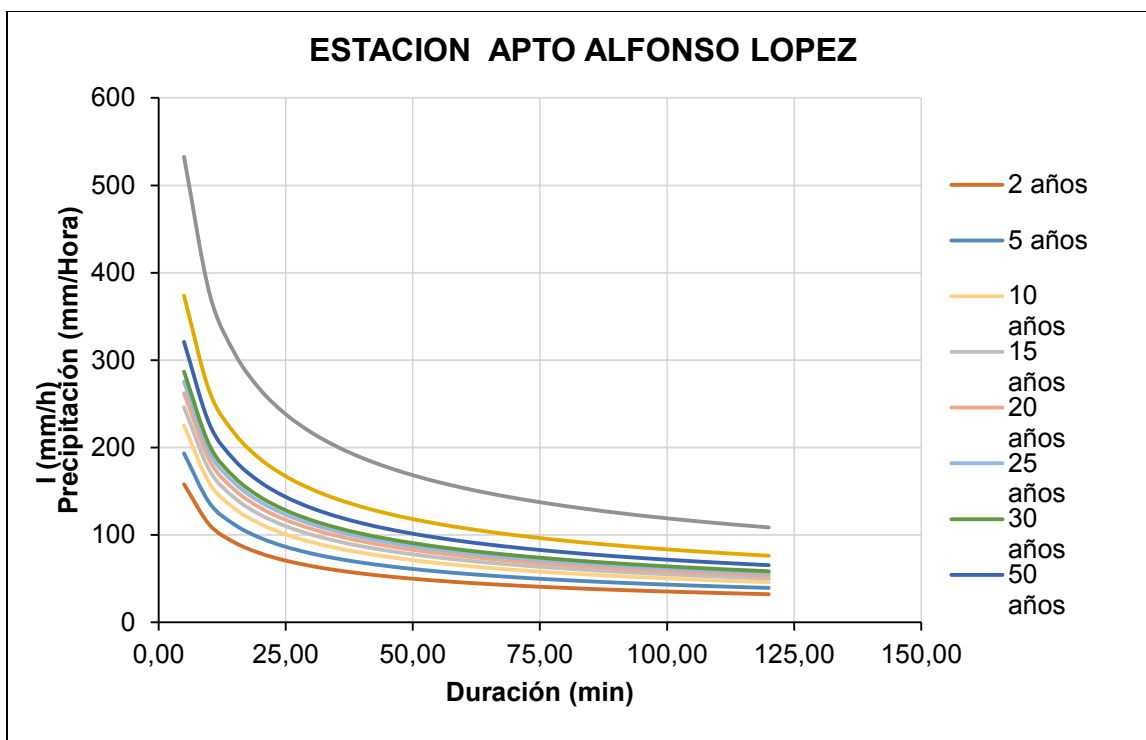
REGIÓN	ECUACIÓN	A	B	C	D	E	F
Andina (R1)	1	0.94	0.18	0.66	0.83		
	2	1.22	0.19	0.66	0.83	-0.05	
	3	1.61	0.19	0.65	0.75	-0.15	0.08
Caribe (R2)	1	24.85	0.22	0.5	0.1		
	2	16.66	0.21	0.5	0.03	0.15	
	3	8.51	0.21	0.5	-0.01	-0.08	0.28
Pacífico (R3)	1	13.92	0.19	0.58	0.2		
	2	3.02	0.19	0.58	0.04	0.44	

REGIÓN	ECUACIÓN	A	B	C	D	E	F
	3	2.31	0.19	0.58	-0.2	0.12	0.4
Orinoquia (R4)	1	5.53	0.17	0.63	0.42		
	2	75.03	0.17	0.63	0.12	-0.23	
	3	1.3E-26	0.19	0.58	1.19	-1.46	8.28

Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar.

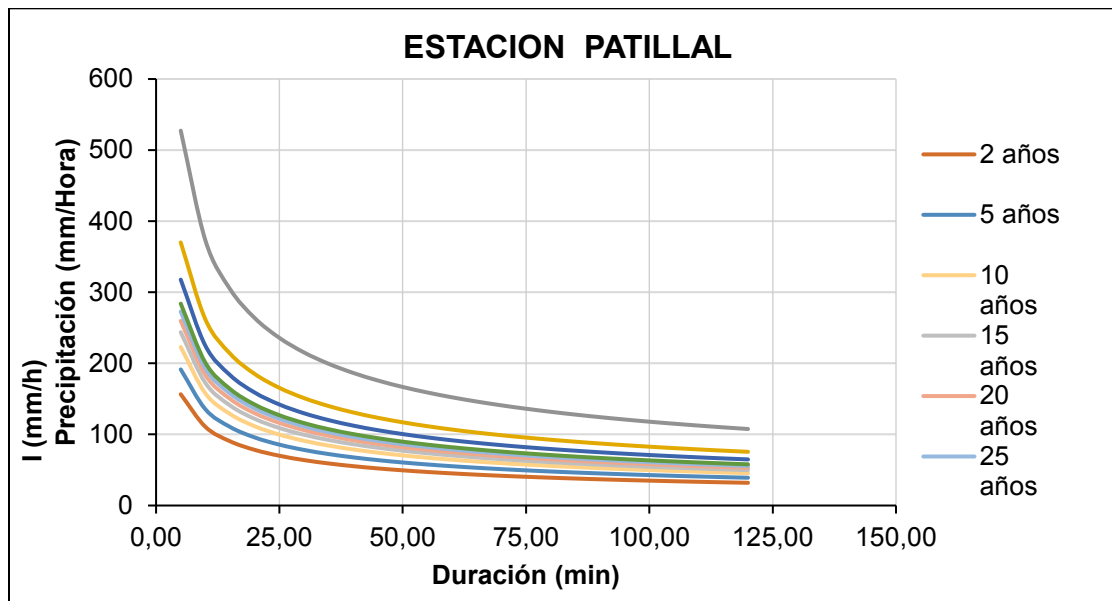
De la Gráfica 7.28 a la Gráfica 7.32, se presentan las diferentes curvas IDF (a) para cada una de las estaciones de interés.

Gráfica 7.28 Curva IDF estación Apto Alfonso López.



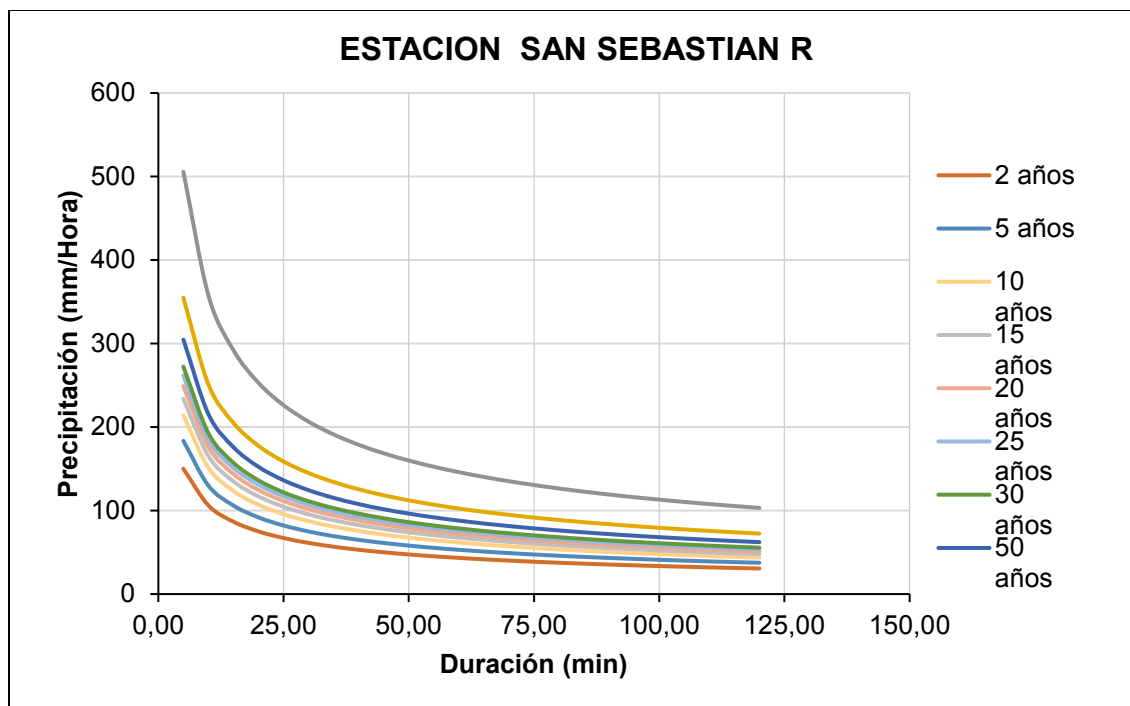
Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar.

Gráfica 7.29 Curva IDF estación Patillal.



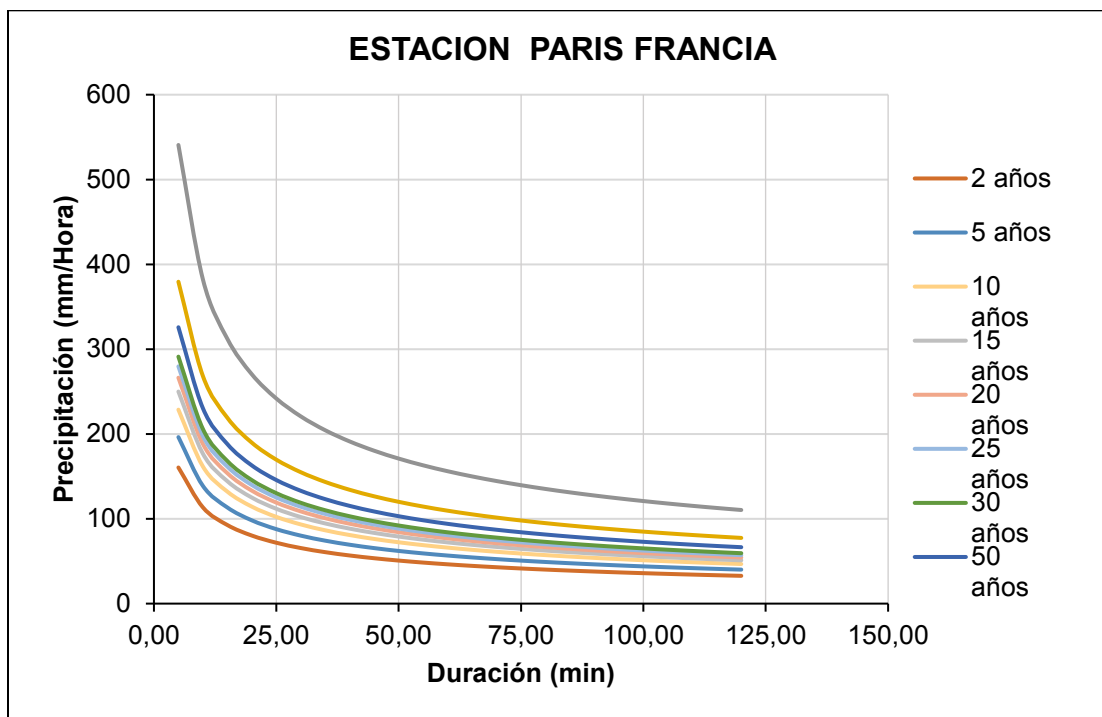
Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Gráfica 7.30 Curva IDF estación San Sebastián R.



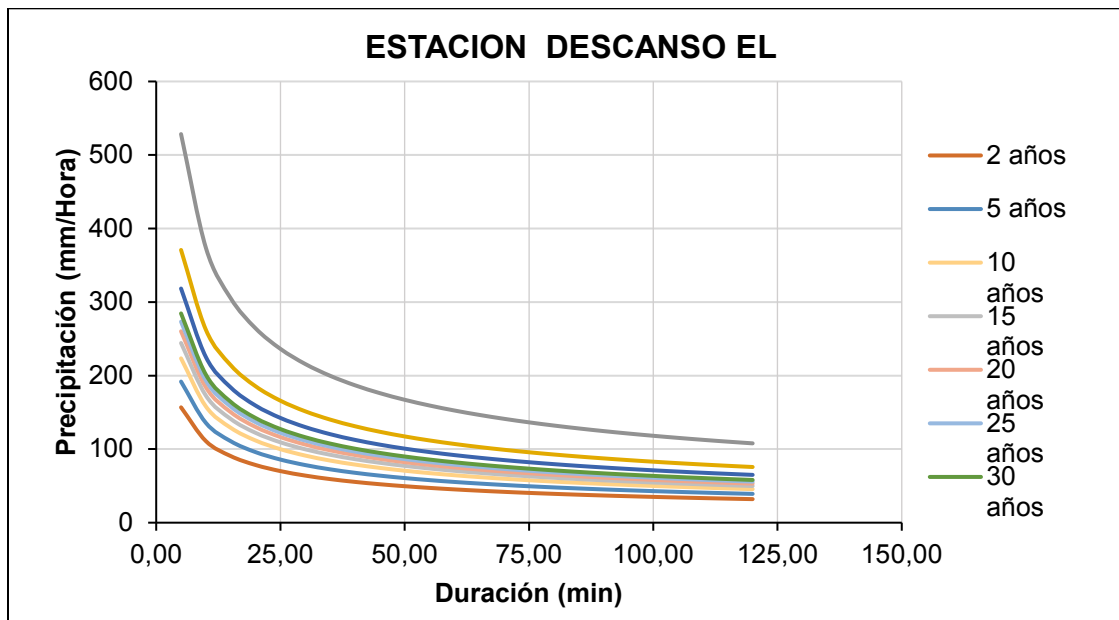
Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Gráfica 7.31 Curva IDF estación Paris Francia.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Gráfica 7.32 Curva IDF estación Descanso El.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Determinación de la Curva Número (CN)

La curva número (CN) es un parámetro propuesto por el S.C.S. para determinar la retención potencial máxima del suelo en una cuenca, y se aplica para valores de humedad antecedente propios de cada cuenca y se obtiene con base en el tipo de suelo y su condición hidrológica.

Los complejos de cubierta hidrológica del suelo describen una combinación específica de los grupos de suelos hidrológicos, el uso y el tratamiento de la tierra, la condición hidrológica superficial y las condiciones de humedad antecedente. Todos estos factores tienen un comportamiento directo sobre la cantidad de escorrentía producida por una hoya hidrográfica.

Condiciones Antecedentes de Humedad

El método del número de curva de escorrentía tiene tres niveles de humedad antecedente, dependiendo de la precipitación total en los cinco días previos a la tormenta que se analiza.

La condición de humedad antecedente seca (AMC I) tienen el menor potencial de escorrentía, con los suelos estando lo suficientemente secos para un arado satisfactorio o para que una siembra se lleve a cabo.

La condición de humedad antecedente promedio (AMC II) tiene un potencial de escorrentía promedio.

La condición de humedad antecedente húmeda (AMC III) tiene el mayor potencial de escorrentía, con la hoya hidrográfica prácticamente saturada de precipitaciones anteriores.

Del análisis de los registros de precipitación máxima en 24 horas, no se encontraron registros de condiciones de humedad antecedentes mayores a los 5 cm en los cinco días anteriores al evento extremo. De acuerdo con este análisis y con la clasificación de condición de humedad antecedente propuesta por el SCS (ver **Tabla 7.27**) la microcuenca se clasifica dentro del Tipo (AMC II).

Tabla 7.27. Clasificación de las clases de humedad antecedente para el método SCS.

GRUPO AMC	LLUVIA ANTECEDENTE TOTAL DE 5 DÍAS (PULG)	
	ESTACIÓN INACTIVA	ESTACIÓN DE CRECIMIENTO
I	Menor que 0,5	Menor que 1,4
II	0,5 a 1,1	1,4 a 2,1
II	Sobre 1,1	Sobre 2,1

Fuente: Soil Conservation Service (1972), Tabla 4.2.

Clasificación Hidrológica de los Suelos

Los grupos hidrológicos en que se pueden dividir los suelos, son utilizados en el planteamiento de cuencas para la estimación de la escorrentía superficial a partir de la precipitación. Soil Conservation Service define cuatro grupos hidrológicos A, B, C, y D, de acuerdo con el potencial de escurrimiento.

Soil Conservation Service define cuatro grupos hidrológicos A, B, C, y D, de acuerdo con el potencial de escurrimiento. Su explicación se presenta a continuación. **Tabla 7.28**

Tabla 7.28. Grupos hidrológicos del suelo

GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO	INFILTRACIÓN CUANDO ESTÁN MUY HÚMEDOS	CARACTERÍSTICAS	TEXTURA
A	Rápida	Alta capacidad de Infiltración > 76 mm/h	Arenosa Arenosa-limosa
B	Moderada	Capacidad de infiltración 76-38 mm/h	Franca Franco-arcillosa-arenosa Franco-limosa
C	Lenta	Capacidad de infiltración 36-13 mm/h	Franco-arcillosa Franco-arcillo-limosa Arcillo-arenosa
D	Muy Lenta	Capacidad de infiltración < 13 mm/h	Arcillosa

Fuente: SCS, 1964 en Bradbury et al., 2000

- **GRUPO A** (Bajo potencial de escorrentía). Suelos que tienen alta tasa de infiltración incluso cuando estén muy húmedos. Consisten en arenas o gravas profundas, bien a excesivamente drenadas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
- **GRUPO B** (Moderadamente bajo potencial de escorrentía). Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están muy húmedos. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a bien drenados, suelos con texturas moderadamente finas

a moderadamente gruesas, y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderadas.

- **GRUPO C (Moderadamente alto potencial de escorrentía).** Suelos con infiltración lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; suelos de texturas moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a sales o álcalis o suelos con niveles freáticos moderados. Esos suelos pueden ser pobremente drenados o bien a moderadamente bien drenados, con estratos de permeabilidad lenta a muy lenta a poca profundidad (50-100 cm).
- **GRUPO D (Alto potencial de escorrentía).** Suelos con infiltración muy lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos arcillosos con alto potencial de expansión; suelos con nivel freático alto permanente; suelos con estrato arcilloso superficial; suelos con infiltración muy lenta debido a sales o álcalis y suelos poco profundos sobre material casi impermeable. Estos suelos tienen una tasa de transmisión de agua muy lenta.

Según esta clasificación considerando los diferentes suelos que corresponden al área de interés, se clasificaron las cuencas según su grupo representativo.

Uso y Tratamiento del Suelo

El efecto de la condición superficial sobre la hoya hidrográfica se evalúa por medio de las clases de tratamiento y uso del suelo. El uso del suelo pertenece a la cobertura de la hoya, incluyendo todo tipo de vegetación, humus vegetal, tierras en descanso (suelo limpio), así como usos no agrícolas, como superficies de agua (lagos, ciénagas u otras), superficies impermeables (caminos, techos, etc.) y áreas urbanas.

El valor de CN se determinará tomando como base la Tabla 5 tomada de Hidrología aplicada Ven te Chow pág. 154, la cual propone un CN de acuerdo al uso de las tierras (ver **Tabla 7.29**), el grupo hidrológico del suelo y la condición de humedad antecedente ya seleccionada (AMCII).

Tabla 7.29. CN para usos selectos de tierras (condiciones de humedad II).

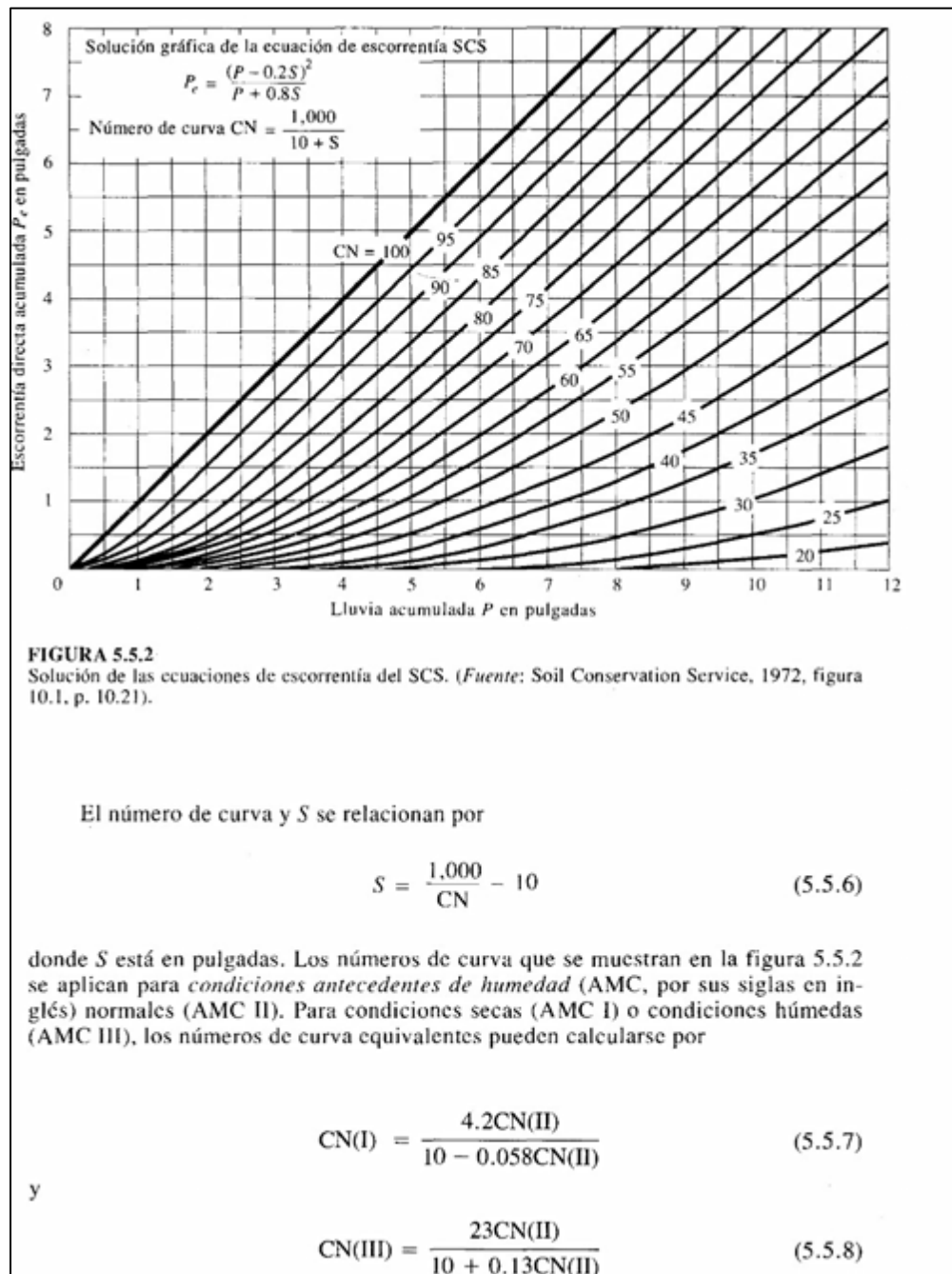
DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA		GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
		A	B	C	D
Tierra cultivada:	Sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	Condiciones pobres	68	79	86	89
	Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos	Condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	45	66	77	83
	Cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.					
	Óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más	39	61	74	80

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA		GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
		A	B	C	D
	Condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.		98	98	98	98
Calles y carreteras					
Pavimentos con cunetas y alcantarillados		98	98	98	98
Grava		76	85	89	91
Tierra		72	82	87	89

Fuente: Hidrología aplicada Ven Te Chow, Tabla 5.5.2.

La solución gráfica de la ecuación de escorrentía se muestra en la **Figura 7.7**

Figura 7.7. Solución gráfica de la ecuación de escorrentía (Pe) SCS.

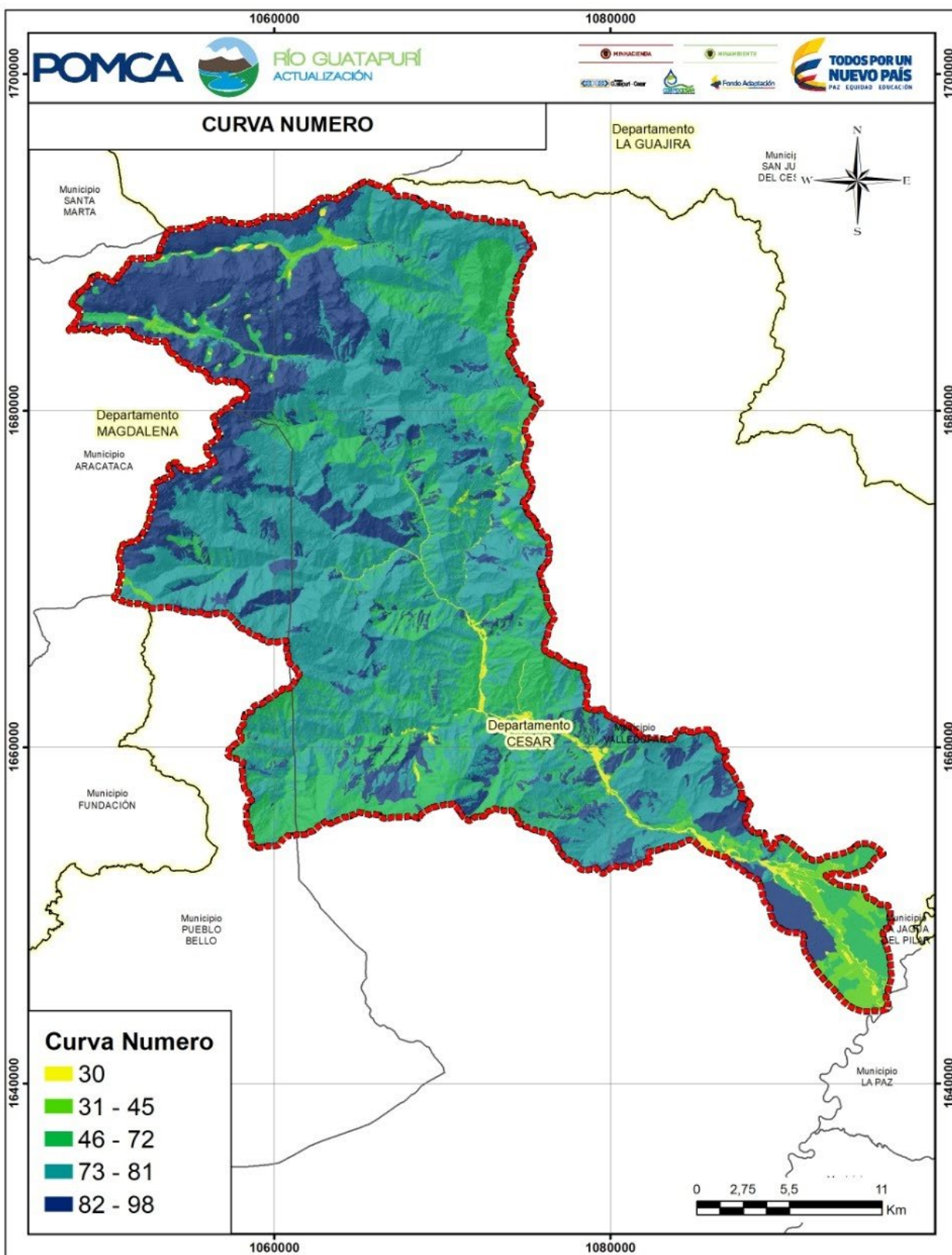


Fuente: Hidrología aplicada Ven Te Chow, Tabla 5.5.2.

Cálculo de Curva Número y Precipitación Efectiva

En el cálculo de la precipitación efectiva, se utilizó la metodología propuesta por Soil Conservation Service mostrada en el título anterior, para la determinación del CN se utilizaron los mapas de coberturas levantados en el presente POMCA y los planos de Suelos y Uso actual de las tierras obtenidos del Plan de Ordenamiento Territorial POT (Ver Mapa 7.28).

Mapa 7.28 Características de las superficies que afectan la cuenca.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

De la **Tabla 7.30** a la **Tabla 7.34** se muestra el resultado del cálculo de precipitación efectiva e infiltración para cada una de las estaciones consignadas para la curva número correspondiente, además de su desviación estándar y su coeficiente de variación (CV)

Tabla 7.30. Resultados cálculo precipitación efectiva e infiltración estación Apto Alfonso López.

ESTACIÓN APTO ALFONSO LOPEZ					
VARIABLES	PROMEDIO	DESVIACIÓN	CV	CN	SUBCUENCAS
PE (MM)	920.24	234.93	0.26	68	I.C. Guatapuri Bajo
INFILTRACIÓN (MM)	129.66	2.57	0.02		

Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar.

Tabla 7.31. Resultados cálculo precipitación efectiva e infiltración estación San Sebastián de R

ESTACIÓN SAN SEBASTIAN DE R					
VARIABLES	PROMEDIO	DESVIACIÓN	CV	CN	SUBCUENCAS
Pe (mm)	1210.57144	118.926384	0.09823987	66.5	C. Guatapuri Alto alto
Infiltración (mm)	142.041322	0.91772981	0.00646101		
Pe (mm)	1255.67607	119.416319	0.09510121	74.9	C. Sibillinuia
Infiltración (mm)	96.936697	0.42647221	0.00439949		
Pe (mm)	1224.55848	119.098296	0.09725815	68.9	C. Mamanguka
Infiltración (mm)	128.054282	0.7453622	0.00582067		
Pe (mm)	1137.45864	117.733267	0.10350554	55.7	C. Donachui Alto
Infiltración (mm)	215.15412	2.11381114	0.00982464		
Pe (mm)	1229.33637	119.152898	0.09692457	69.8	C. Donachui Bajo
Infiltración (mm)	123.276399	0.69061417	0.00560216		
Pe (mm)	1233.90459	119.203143	0.09660645	70.6	C. Guatapuri Alto bajo
Infiltración (mm)	118.708178	0.64023348	0.00539334		
Pe (mm)	1201.02231	118.798664	0.09891462	64.9	C. Timacá
Infiltración (mm)	151.590455	1.04578154	0.00689873		
Pe (mm)	1224.92136	119.102517	0.09723279	69	C. Yukuinchukua
Infiltración (mm)	127.691406	0.74113036	0.00580407		

ESTACIÓN SAN SEBASTIAN DE R					
VARIABLES	PROMEDIO	DESVIACIÓN	CV	CN	SUBCUENCAS
Pe (mm)	1237.57607	119.242137	0.09635136	71.3	I.C. Río Donachui
Infiltración (mm)	115.036697	0.60113373	0.00522558		
Pe (mm)	1222.49424	119.074057	0.09740255	68.5	C. El Mangal
Infiltración (mm)	130.118528	0.76966607	0.00591512		
Pe (mm)	1217.4839	119.013594	0.09775373	67.7	C. Guatapuri medio
Infiltración (mm)	135.128861	0.83028981	0.00614443		

Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar

Tabla 7.32. Resultados cálculo precipitación efectiva e infiltración estación Descanso El

ESTACIÓN DESCANSO EL					
VARIABLES	PROMEDIO	DESVIACIÓN	CV	CN	SUBCUENCAS
Pe (mm)	800.767086	364.944251	0.45574332	67.7	C. Guatapuri medio
Infiltración (mm)	129.659515	4.31110011	0.03324939		
Pe (mm)	795.410135	364.595754	0.45837454	66.7	C. Capitanejo
Infiltración (mm)	135.016465	4.67824554	0.03464944		
Pe (mm)	803.03904	365.087602	0.45463244	68	I.C. Guatapuri Bajo
Infiltración (mm)	127.38756	4.16000991	0.03265633		

Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar

Tabla 7.33. Resultados cálculo precipitación efectiva e infiltración estación Patillal

ESTACIÓN PATILLAL					
VARIABLES	PROMEDIO	DESVIACIÓN	CV	CN	SUBCUENCAS
Pe (mm)	991.879999	360.964489	0.36391952	66.5	C. Guatapuri Alto alto
Infiltración (mm)	138.689267	5.34942534	0.0385713		
Pe (mm)	1035.22879	363.587631	0.35121476	74.9	C. Sibillinuia
Infiltración (mm)	95.340477	2.55887788	0.02683937		
Pe (mm)	1005.25795	361.874107	0.35998134	68.9	C. Mamanguera
Infiltración (mm)	125.31132	4.38334743	0.03497966		

Pe (mm)	1030.60115	363.35254	0.35256369	73.9	I.C. Guatapurí Alto medio
Infiltración (mm)	99.968118	2.80959989	0.02810496		
Pe (mm)	1014.22909	362.434234	0.35734947	70.6	C. Guatapurí Alto bajo
Infiltración (mm)	116.340173	3.78766944	0.03255685		

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Tabla 7.34. Resultados cálculo precipitación efectiva e infiltración estación Paris Francia

ESTACIÓN PARIS FRANCIA					
VARIABLES	PROMEDIO	DESVIACIÓN	CV	CN	SUBCUENCAS
Pe (mm)	1344.06569	262.310817	0.1951622	66.7	C. Capitanejo
Infiltración (mm)	141.693131	1.66249133	0.01173304		
Pe (mm)	1366.52847	262.791322	0.19230578	70.6	C. Guatapurí Alto bajo
Infiltración (mm)	119.230351	1.17607473	0.00986389		
Pe (mm)	1370.23212	262.862524	0.19183795	71.3	I.C. Río Donachui
Infiltración (mm)	115.526706	1.10397978	0.00955606		
Pe (mm)	1355.01147	262.555405	0.19376619	68.5	C. El Mangal
Infiltración (mm)	130.747358	1.4149172	0.01082177		
Pe (mm)	1349.95108	262.444799	0.1944106	67.7	C. Guatapurí medio
Infiltración (mm)	135.807739	1.52687954	0.01124295		

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

Cálculo de nivel Freático

La presencia de agua tiene una gran importancia en la estabilidad puesto que por un lado incrementa las cargas y por el otro, genera una reducción en la resistencia del suelo, debida a la disminución de los esfuerzos efectivos. La identificación de la posición del nivel freático en una ladera es un proceso bastante complejo porque depende de múltiples variables, pero se dispone de algunas metodologías, como la que plantea la Guía Metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del SGC (2015) en la que la ubicación del nivel freático se estima con base en la infiltración, tanto a largo plazo (considerando la infiltración anual) y la infiltración de corto plazo (que tiene en cuenta la lluvia infiltrada en 24 horas). Los datos de infiltración anual para cada subcuensca se presentaron en la **Tabla 7.35**.

Tabla 7.35. Infiltración máxima en 24 horas y diferentes periodos de retorno

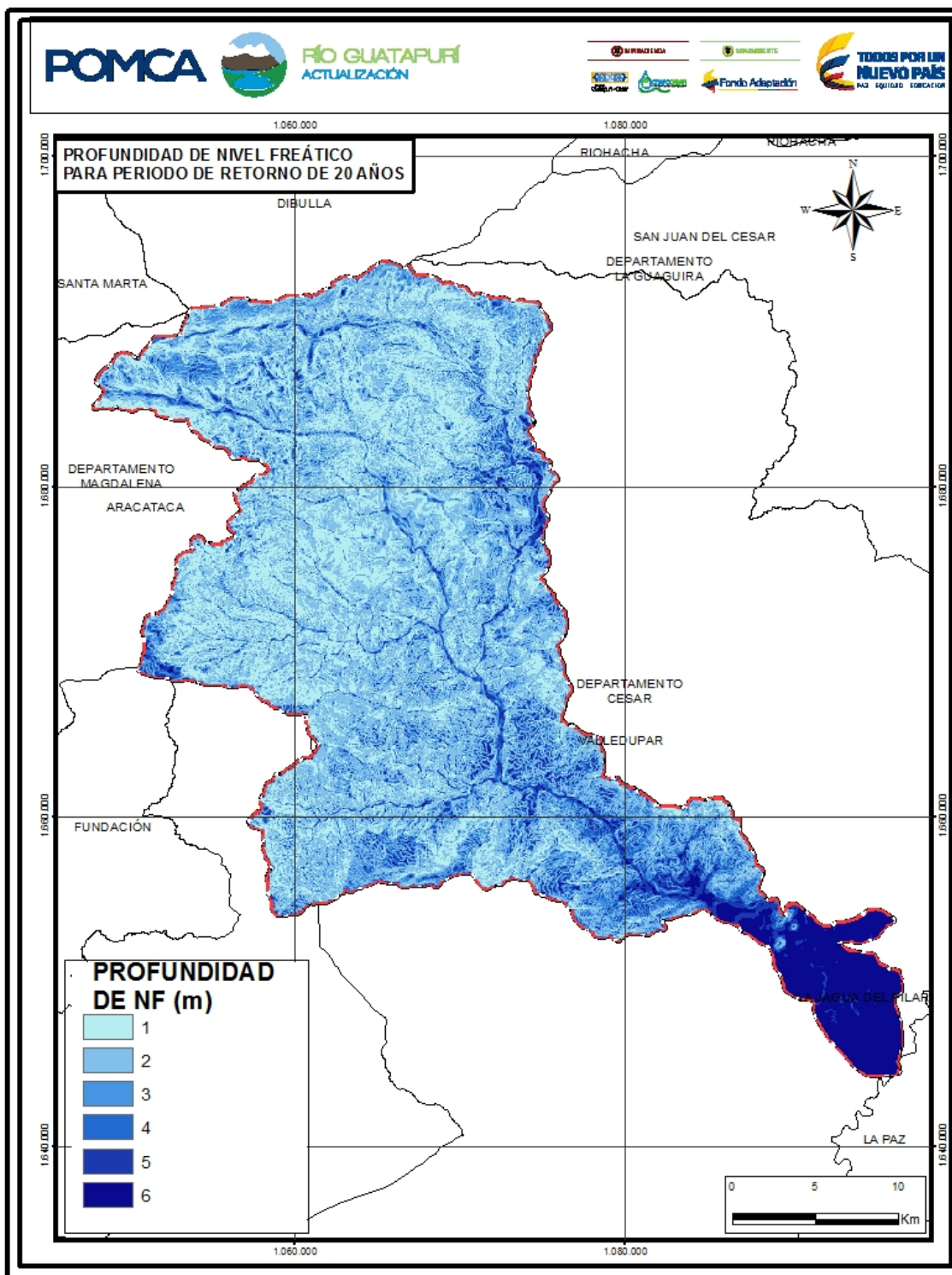
	ESTACION	SAN SEBASTIÁN DE R	PARIS DE FRANCIA	DESCANSO EL	APTO ALFONSO LÓPEZ
--	----------	-----------------------	---------------------	-------------	-----------------------

	Pmax anual (mm)	1876	1598	1963	1900
Periodo de retorno T (años)	2	191	188	191	191
	5	233	229	234	233
	10	272	267	273	272
	15	297	292	298	297
	20	316	311	318	317
	25	332	327	334	333
	50	387	381	389	387
	100	451	443	453	451

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

Dependiendo del sector donde se pueden determinar los valores de lluvia e infiltración y así para cada punto se determina la altura del nivel de agua respecto a un nivel inicial que debe asumirse con base en las condiciones geológico-geotécnicas. Para efectos de los análisis de estabilidad por el método del talud infinito, la posición del nivel freático se expresa como un porcentaje de la altura del estrato potencialmente deslizante, el cual se considera que corresponde al contacto entre la roca y el suelo superficial. En el Mapa 7.29 se presenta la distribución de la profundidad del nivel freático para un periodo de retorno de 20 años. De manera similar se construyen los mapas de los niveles freáticos para los periodos de retorno 2, 50 y 100 años.

Mapa 7.29 Profundidad del nivel freático para el área de estudio en un tiempo de retorno de 20 años.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Sismo

La aplicación de una fuerza sísmica horizontal sobre los materiales potencialmente inestables de una ladera, puede potenciar la ocurrencia de deslizamientos al aumentar el esfuerzo cortante, disminuir la resistencia por aumento de la presión de poros y por las deformaciones asociadas por la onda sísmica, llegando a la falla por esfuerzo cortante (Alzate, 2012).

La determinación de la aceleración sísmica estuvo basada en datos generados por la norma Sismo Resistente NSR-10 y demás lineamientos que esta norma contempla. La expresión empleada para su determinación es la que sigue:

$$S_a = S_T \times A_a \times F_a \times I$$

Dónde:

S_T : Coeficiente de amplificación sísmica.

A_a : Coeficiente de aceleración horizontal pico efectiva. F_a : Coeficiente de amplificación.

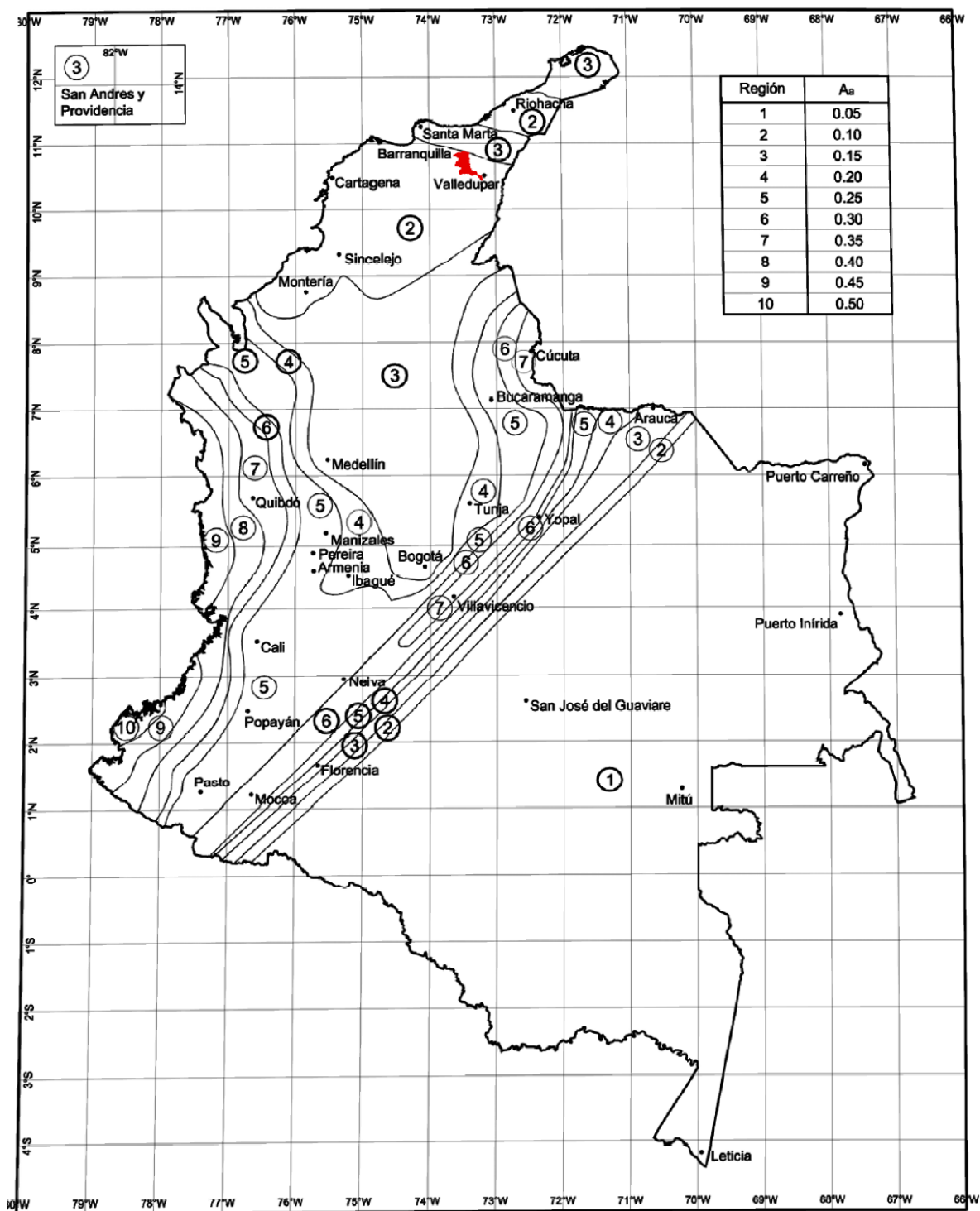
I : Coeficiente de importancia.

A continuación, se detalla el procedimiento empleado para la obtención de los parámetros anteriormente referenciados.

Coeficiente de Aceleración Horizontal Pico Efectiva (A_a)

Se determinó el número de la región en donde se encuentra localizada la cuenca hidrográfica, usando para el A_a el mapa de la **Figura 7.8**.

Figura 7.8. Mapa de valores Aa.



Fuente: NSR-10. Figura A.2.3-2.

La **Figura 7.8** muestra que, al implantar la cuenca en el mapa citado, el área total de estudio se encuentra localizada en la región número dos (2), asignándole así un coeficiente Aa de 0.10g.

Definición del Tipo de Perfil de Suelo

El perfil del suelo, de acuerdo con la NSR-10 se define en función de las características de resistencia y de densidad de los materiales. En la **Tabla 7.36** se indican los tipos de perfil correspondiente a las UGS identificadas.

Tabla 7.36 Definición del tipo de perfil por Unidad Geológica Superficial

TIPOLOGÍA	UGS	TIPO DE PERFIL
Roca Dura	RdJc, RdJpbp-cm, RbPEm, RdTJg, RdTJp	B
Roca Intermedia	RiDCc, RiEa, RiJa, RiJg, RiJlc, RiJt, RiPTc, RiPEm, RiTJg, RiTJp.	B
Roca Blanda	RbEa, RbJa, RbJgp, RbPEm, RbTJg	C
Roca Muy Blanda	RmbJg, RmbTJg	C
Suelo Transportado	SrEa, SrJa, SrPEm,	D
Coluvial	Strci.	D

Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar.

Coeficiente de Amplificación (Fa)

Los valores de Fa están consignados en la **Figura 7.8**, coeficiente que se encuentra en función de Aa y del tipo de perfil previamente definido. Para valores intermedios de Aa se permite interpolar entre los valores del mismo tipo de perfil. El factor de amplificación sísmica, de acuerdo con la norma NSR-10 se debe definir para el promedio de los primeros 30 m de material. Esta amplificación se presenta especialmente en las zonas de baja pendiente, donde los espesores de suelo son de varios metros y las ondas sísmicas alcanzan a amplificarse. En este caso, los suelos predominantes son de resistencia media y se clasifican en un perfil tipo B, para el cual el coeficiente de amplificación Fa es 1.4. En zonas de espesor de suelo muy bajo, es decir, en zonas de muy alta pendiente o con afloramientos directos de la roca, el efecto de sitio es despreciable y por lo tanto el coeficiente de amplificación Fa es 1.

Coeficiente de Importancia (I)

En el área de estudio, todas las edificaciones corresponden a la categoría de edificación normal con coeficiente de importancia de 1.00.

Amplificación Sísmica por Efecto Topográfico (AT)

La amplificación por efecto topográfico se consideró mediante el método AFP (1995), de acuerdo con lo presentado por Beltrán et al (2006), donde la amplificación topográfica (AT) está dada por la ecuación que se presenta a continuación, donde I es la pendiente del talud inferior e i es la pendiente del talud superior, siendo I mayor que i.

$$AT = 1 + 0.8 (I - i) \cdot 0.4$$

Este efecto solo se tiene en cuenta para cambios de pendiente superiores a 40° y que conformen superficies convexas, por lo cual su impacto es importante en zonas de muy alta pendiente. El valor máximo para aplicar de AT es de 1.4.

Este factor de amplificación topográfica se presenta en zonas de alta pendiente, justamente donde los espesores de suelos son bastante bajos, de tal manera que en general para la zona de estudio sus efectos no se superponen y el factor de amplificación predominante es de 1.4.

. Evaluación de la Amenaza

Para el análisis de amenaza la metodología empleada se basa en un análisis de estabilidad por equilibrio límite, para los macizos rocosos adicionalmente, se planteó un análisis de posibilidad cinemática de movimiento (SGC, 2015).

Análisis de Amenaza: Método del Talud Infinito

La determinación del factor de seguridad se realiza mediante la aplicación del método de talud infinito, método que según la recopilación bibliográfica genera un adecuado acercamiento a la realidad, y que adicionalmente “tiene aplicación en zonificaciones a escalas intermedias y grandes extensiones de territorio, ya que se ajusta bien a requerimientos básicos del modelo, en donde las laderas son largas en relación con el espesor a la cual se esperaría encontrar la superficie potencial de falla, como tratándose de laderas estructurales sujetas a mecanismos similares; además resulta razonablemente aceptable para mecanismo como la falla planar por discontinuidades, falla en cuña cuya intersección es semi-paralela a la pendiente e incluso procesos de desprendimientos (caídas) por discontinuidades en laderas de contrapendiente. Otros procesos como creep estacional e incluso grandes superficies de falla compuestas que combinan traslación y rotación, pueden ser considerados mediante el análisis de talud infinito” (Torres Suárez, 2014). Se asume la interfaz depósito de ladera - roca como plano de falla. Los mecanismos de falla tipo rotacional serán evaluados para los sitios seleccionados a partir del análisis geomorfológico con métodos de equilibrio límite.

La expresión utilizada para el cálculo de los factores de seguridad en un talud infinito de una unidad de área es la que a continuación se presenta (Graham, 1984):

$$FS = \frac{c' + (\gamma h \cos^2 \beta - a h \gamma \sin \beta \cos \beta - m \gamma_w h \cos^2 \beta) \tan \phi}{\gamma h \sin \beta \cos \beta + \alpha \gamma h \cos^2 \beta}$$

Dónde:

c' = intercepto de cohesión. ϕ' = ángulo de fricción.

γ = peso unitario de la capa de suelo.

β = inclinación del terreno.

α = coeficiente de aceleración horizontal y amplificación sísmica.

h = espesor de la capa de suelo.

$m = Z_w / h$: relación entre la tabla de agua y el espesor del suelo.

Teniendo en cuenta que el nivel freático se determinó en función del periodo de retorno, el factor de seguridad final debió ser afectado por ello. Es así como se propusieron una serie de

escenarios, en los cuales se combinan los diferentes factores detonantes, con la finalidad de determinar la posible variabilidad que pudiera presentar la evaluación del factor de seguridad. Los de diez (10) escenarios se presentan en la **Tabla 7.37**.

Tabla 7.37. Escenarios de análisis de la evaluación de la amenaza.

ESCENARIO	PRECIPITACIÓN (PERÍODO DE RETORNO)	SISMICIDAD	
		SIN SISMO	CON SISMO
1	Seca		x
2	Seca	x	
3	2 años		x
4	2 años	x	
5	20 años		x
6	20 años	x	
7	50 años		x
8	50 años	x	
9	100 años		x
10	100 años	x	

Fuente: Adoptado y modificado del Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, Fondo Adaptación, 2014.

Con la ayuda del SIG, se incorporaron la totalidad de variables y se calculó los factores de seguridad para cada uno de los escenarios propuestos. Cada unidad de trabajo (celda de 8 m) tiene un respectivo valor de factor de seguridad, los cuales fueron agrupados en tres (3) categorías diferentes en función del grado de amenaza (ver **Tabla 7.38**).

Tabla 7.38. Grados de estabilidad según los resultados del factor de seguridad.

RANGO FACTOR DE SEGURIDAD	CATEGORÍA	CALIFICACIÓN
>1.5	Baja	1
1.0 – 1.5	Media	2
<1.0	Alta	3

Fuente: Adoptado y modificado del Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, Fondo Adaptación, 2014.

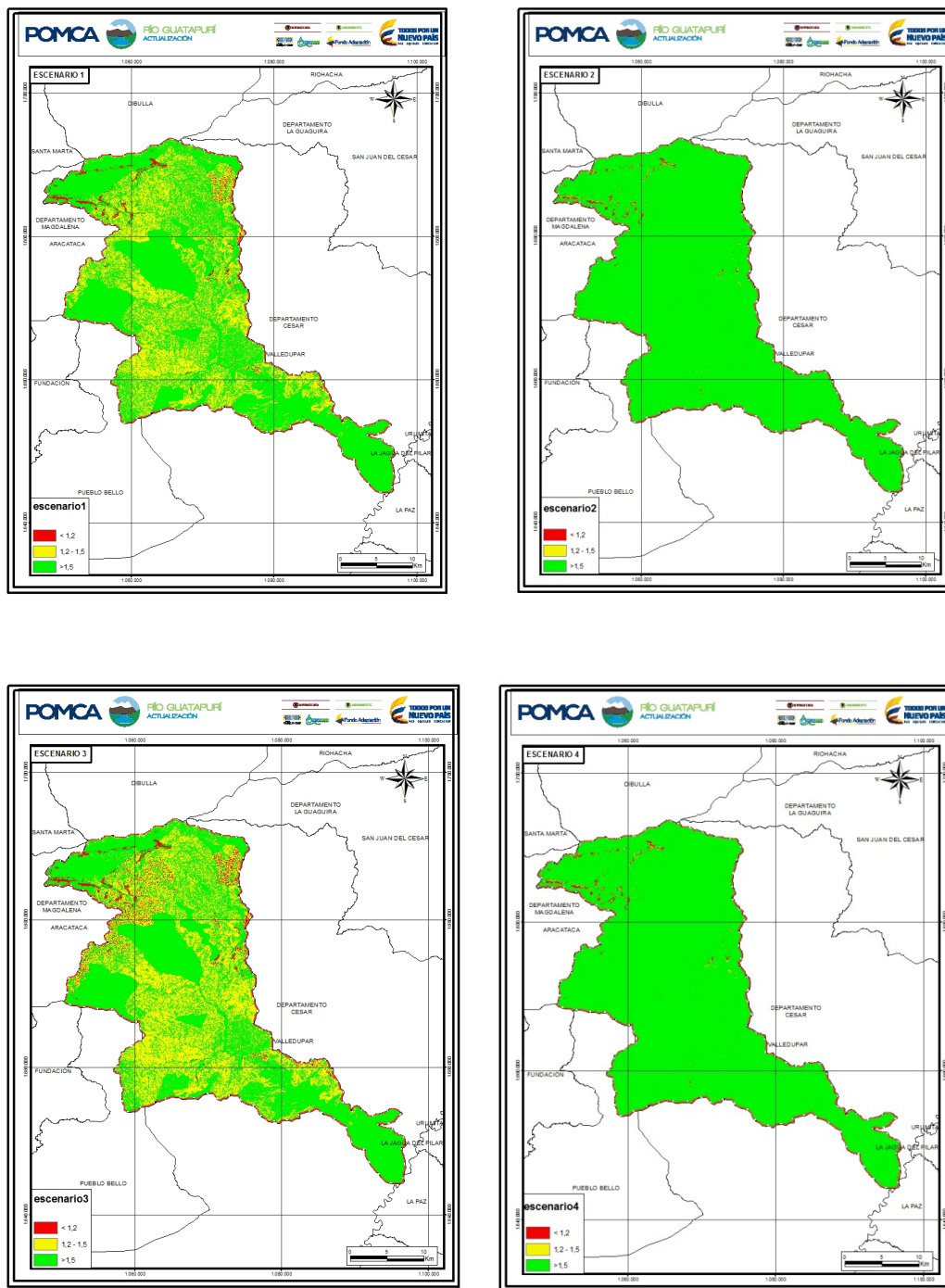
De lo anterior se puede concluir que mientras menor sea el factor de seguridad mayor será la amenaza a los fenómenos de inestabilidad de las zonas analizadas.

7.3.2.4.3.5 Criterios para la Zonificación de la Amenaza

Generación de Mapas de Escenarios de Amenaza por Movimientos en Masa

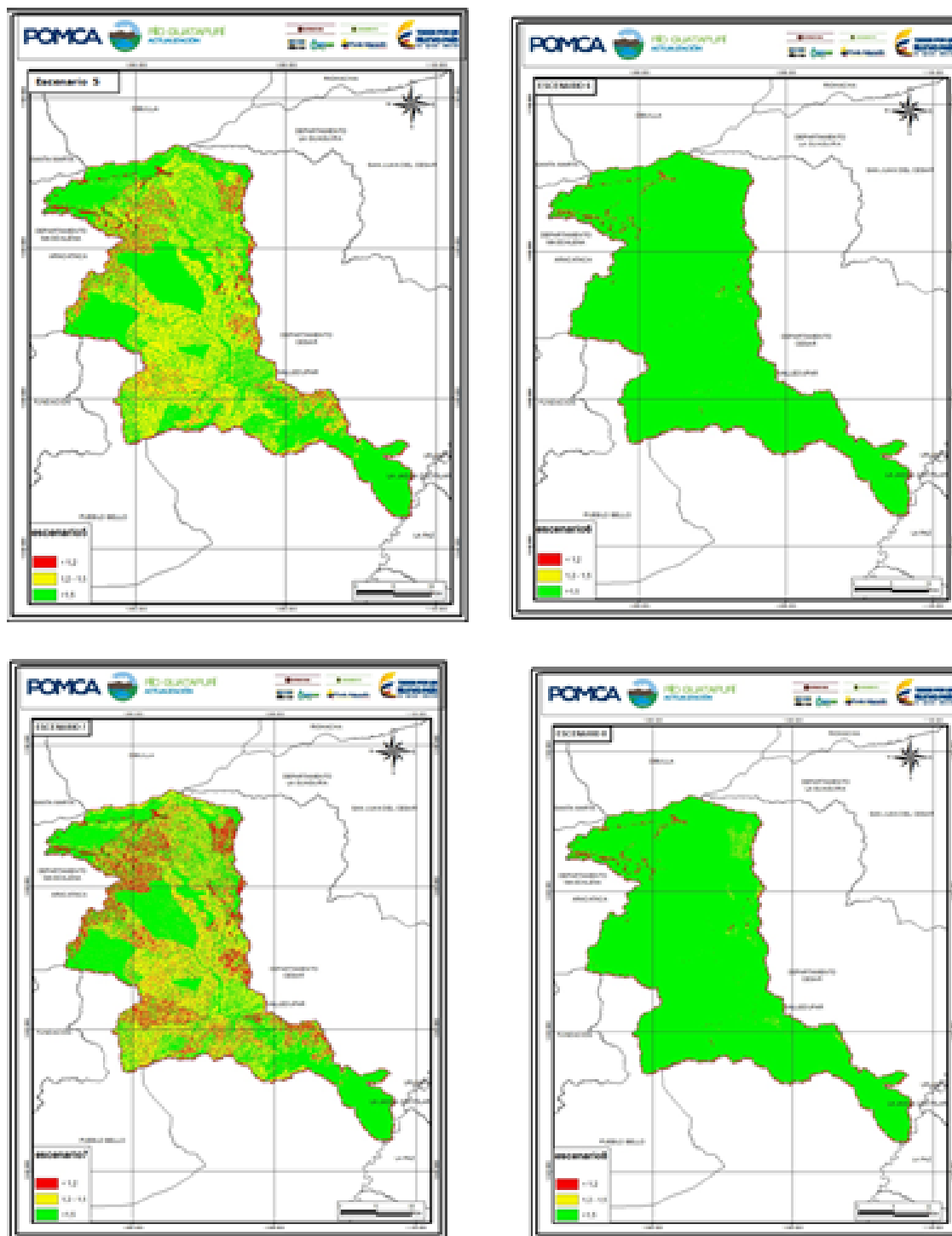
Se observa que en todos los escenarios predominan las áreas de amenaza baja. Para una condición seca y sin sismo, la amenaza es baja en prácticamente toda la cuenca (escenario 2), cuando se presenta sismo en condición seca (escenario 1) se identifican amplias zonas de amenaza media en la parte central y algunas zonas de amenaza alta en la parte alta de la cuenca, pero aun así hay predominio de amenaza baja. El escenario más crítico corresponde a una situación combinada de sismo y lluvia con periodo de retorno de 100 años (escenario 9) en el que claramente hay zonas muy amplias en condición de amenaza alta. Este escenario 9 representa una situación bastante crítica que difícilmente tiende a presentarse y por esta razón, para los procesos de planificación territorial, no es conveniente adoptar el escenario de amenaza más crítico sino el escenario más probable que se obtiene, mediante la combinación probabilística de los 10 escenarios anteriores.

Figura 7.9. Escenarios de amenaza por movimientos en masa (a).



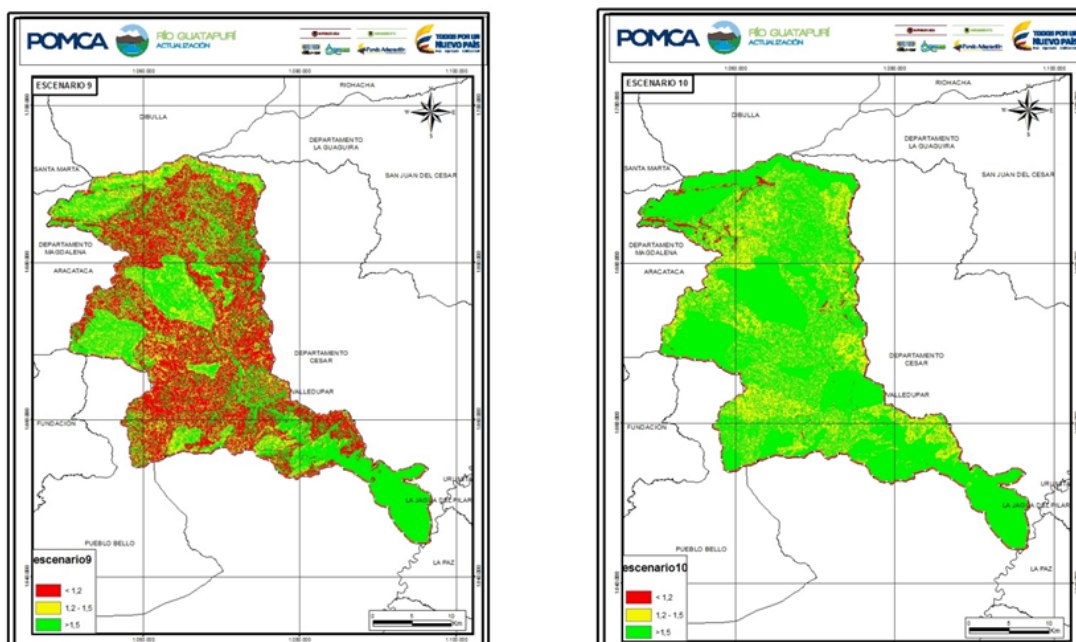
Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar

Figura 7.10. Escenarios de amenaza por movimientos en masa (b)



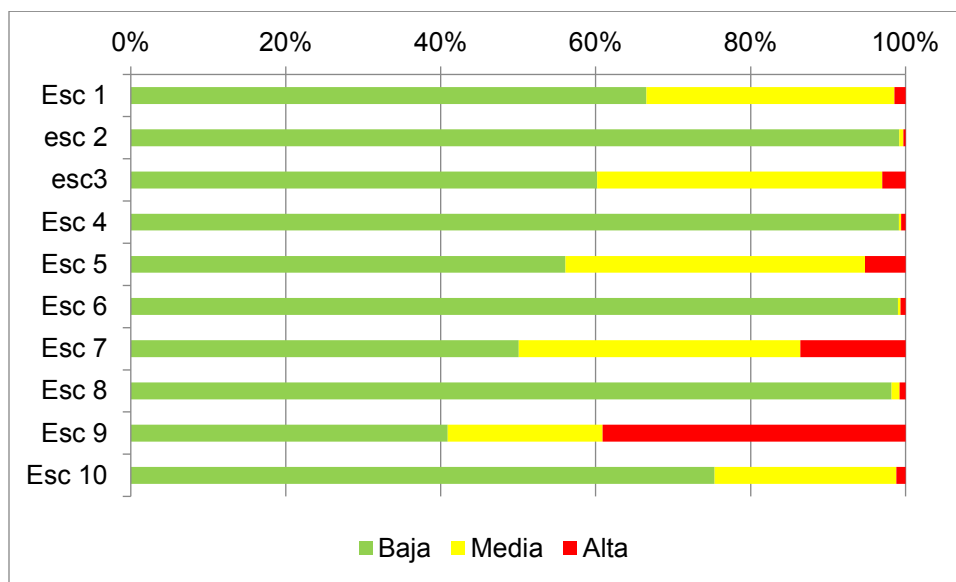
Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar

Figura 7.11. Escenarios de amenaza por movimientos en masa (c)



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Gráfica 7.33 Niveles de amenaza para cada uno de los escenarios evaluados en términos de áreas de terreno.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Cálculo de la Probabilidad de Falla

Los análisis probabilistas son una forma alternativa de generar escenarios de amenaza a partir de la evaluación de la probabilidad de falla. En este caso el análisis se realiza, de acuerdo con el Protocolo de Minambiente (2014) calculando la media y la desviación estándar del factor de seguridad para cada celda de análisis, en cada uno de los escenarios

de sismo y lluvia. De esta manera se genera la curva de probabilidad normal y a partir de ella, se determinan las diferentes condiciones de amenaza, evaluando el área bajo la curva de probabilidad, cuya integración se realizó numéricamente por el método de Simpson. Esta probabilidad de falla puede determinarse como probabilidad total y si se consideran los periodos de retorno de la condición más crítica que es la del sismo, se puede evaluar la probabilidad de falla anual. La clasificación de la amenaza por movimientos en masa en términos de la probabilidad anual de falla, adoptando los rangos propuestos por el Servicio Geológico Colombiano en su Guía metodológica para la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa se presenta en la **Tabla 7.39**.

Tabla 7.39. Criterio para la clasificación de la amenaza en función de la probabilidad de falla.

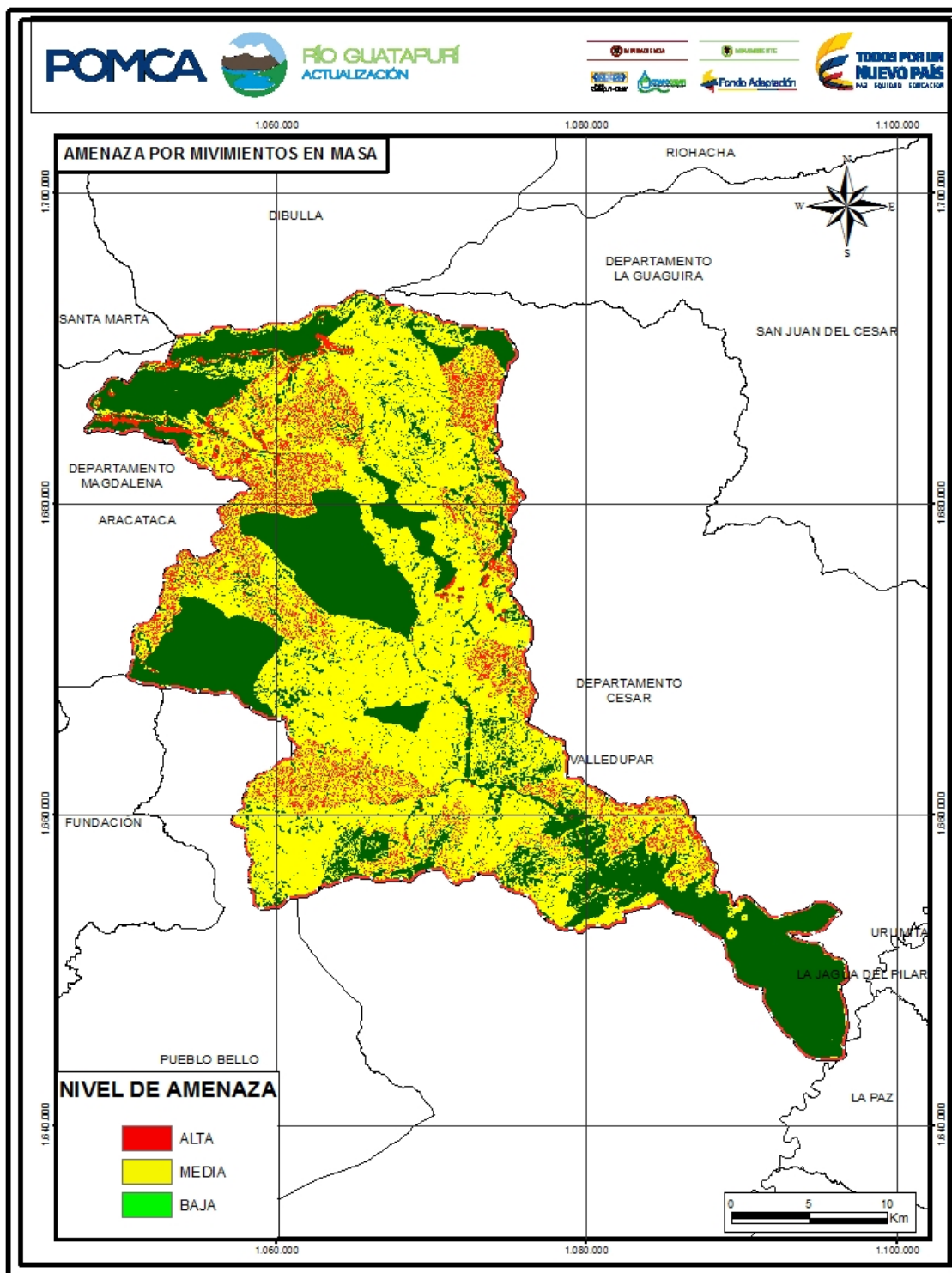
NIVEL DE AMENAZA	CATEGORÍA	CALIFICACIÓN
<0.001	Baja	1
0.001 – 0.16	Media	2
>0.16	Alta	3

Fuente: Adoptado y modificado de la Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. Servicio Geológico Colombiano (2015).

Mapa final de Amenaza por Movimientos en Masa

Una vez generado el mapa final en términos de probabilidad de falla se realizó la calibración y afinado utilizando tanto el mapa de procesos morfodinámicos como la revisión de imágenes satelitales y el criterio experto. Es importante aclarar que a pesar de que las áreas de amenaza alta no representan proporcionalmente grandes extensiones, sí pueden ocurrir eventos puntuales de inestabilidad que afecten a la población allí asentada. Adicionalmente, también se debe tener claro que estos mapas no son permanentes, sino que por el contrario pueden modificarse tanto por acciones antrópicas, como en desarrollos viales, movimientos de tierra, tala de bosque, etc, como por acciones naturales relacionadas con eventos extremos que alteren las condiciones aquí evaluadas. El mapa final de amenaza por movimientos en masa se presenta en el Mapa 7.30.

Mapa 7.30 Zonificación final de la amenaza por los movimientos en masa en la Cuenca del Río Guatapurí.



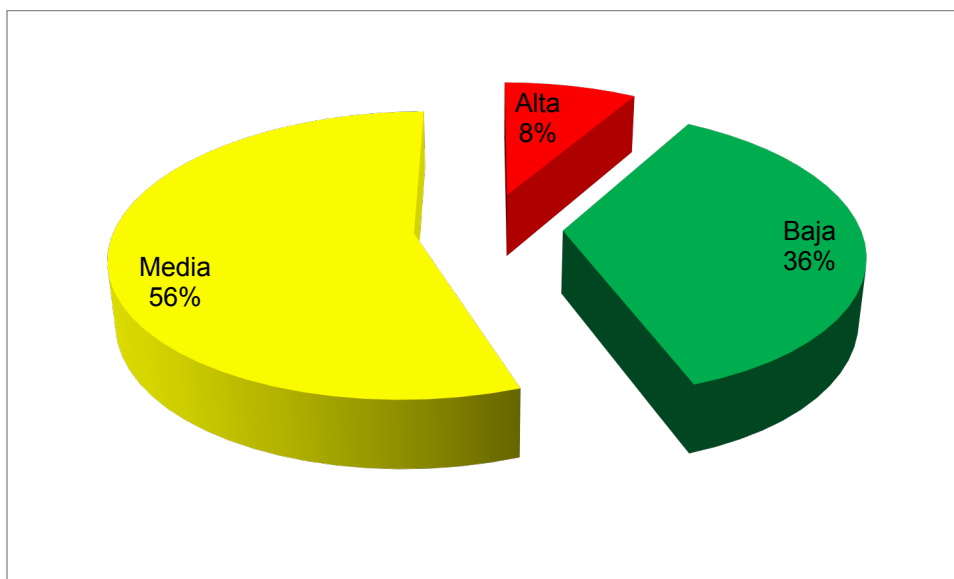
Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

7.3.2.4.3.6 Análisis de Resultados

La zonificación de la amenaza por los movimientos en masa en la Cuenca del Río Guatapurí, fue el resultado de la evaluación de distintos escenarios de estabilidad determinados mediante análisis determinístico e integrados finalmente mediante criterios de probabilidad de falla. Los resultados finales se verificaron mediante recorridos en campo y cuando no se tuvo acceso a ciertos sitios y en otros casos mediante imágenes satelitales.

Los resultados de estos análisis, permitieron definir que el 56% del área total de la cuenca, se encuentra en amenaza media ante la ocurrencia de fenómenos de inestabilidad. Este predominio de áreas de amenaza media es consistente con los distintos escenarios de lluvia y de sismo y con las altas pendientes que se presentan en las partes media y alta de la cuenca. El 36% del área se localiza en zona de amenaza baja, principalmente en el sector de la cuenca baja, próxima a la ciudad de Valledupar, donde se encuentran zonas casi planas o de baja pendiente, con colinas aisladas. También se presentan áreas de amenaza baja en los sectores donde aflora la roca o donde se tiene muy baja cobertura de suelo superficial, localizadas en el sector occidental de la cuenca media. Finalmente, el 8% del área se encuentra en zonas de amenaza alta caracterizadas por presentar pendientes quebradas o muy escarpadas, principalmente sobre unidades de roca de tipo intermedio de la Formación Guatapurí, Formación Corual, Batolito Central, Batolito de Ataquez, Granulita de los Mangos, en los cuales se han identificado procesos morfodinámicos activos. La distribución porcentual de áreas se presenta en la Gráfica 7.34.

Gráfica 7.34 Porcentaje en área resultante de la zonificación final de la amenaza por los movimientos en masa en la Cuenca del Río Guatapurí

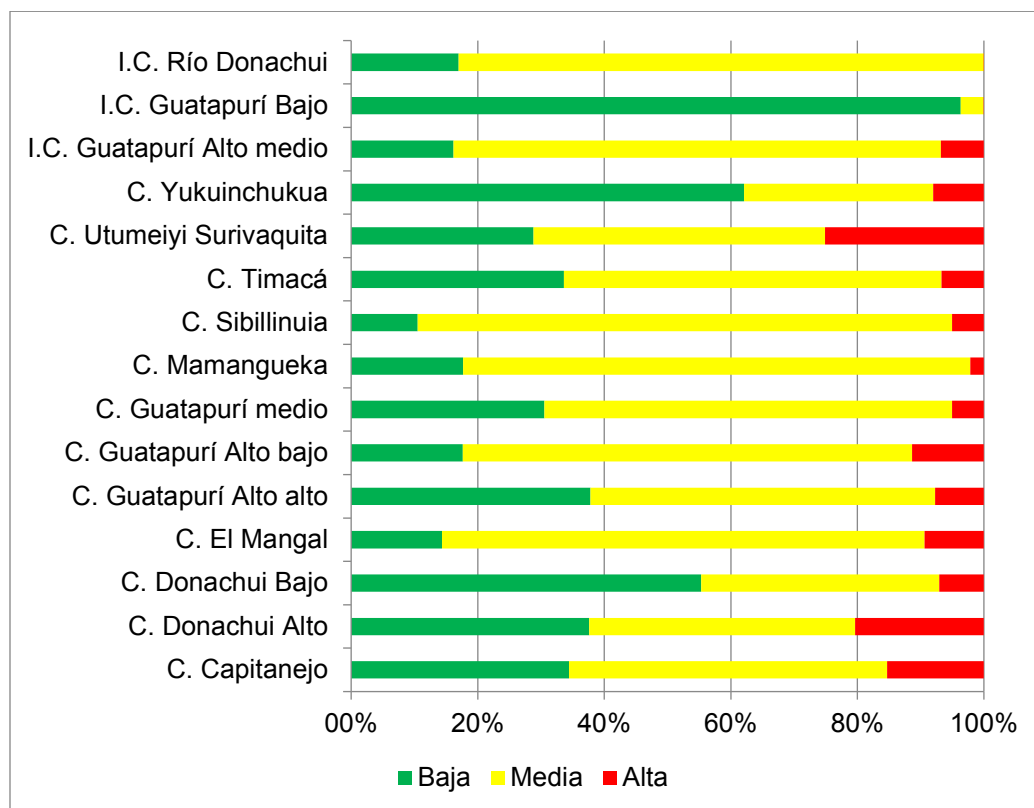


Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

7.3.2.4.3.7 Análisis de Amenaza por Subcuencas

El porcentaje de área que se encuentra en amenaza alta, media y baja para cada una de las 15 subcuencas definidas previamente, se presenta en la Gráfica 7.35.

Gráfica 7.35 Análisis niveles de amenaza por Subcuencas.



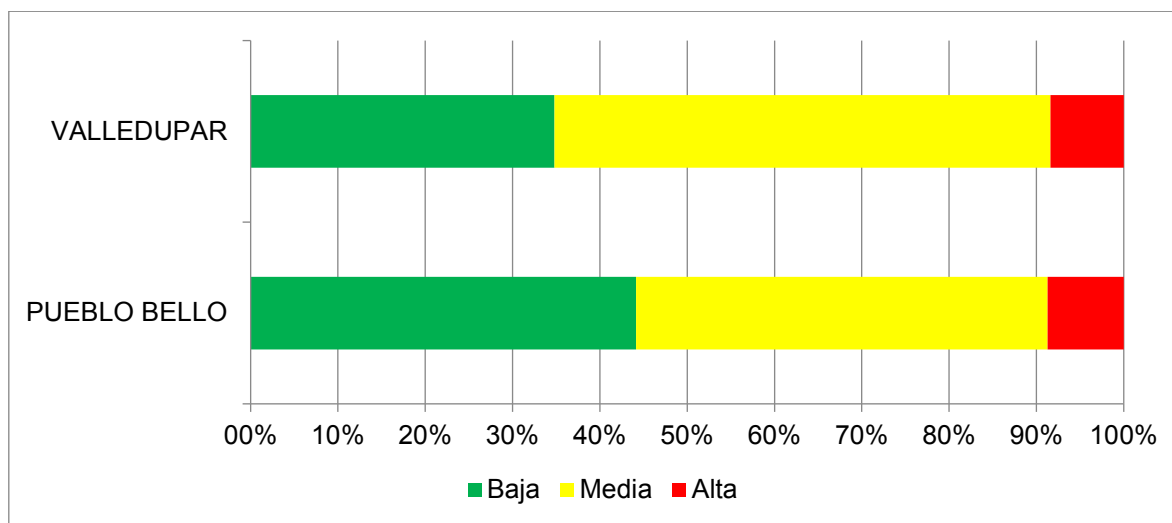
Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

Podemos observar en el análisis de amenaza por subcuencas, que las zonas con más niveles de amenaza alta por movimiento son Utumeiyi Surivaquita y Donachui Alto y. las subcuencas con menos amenaza alta por este fenómeno son Guatapurí Bajo, y Río Donachui en la mayor parte de las subcuencas predominan los porcentajes de amenaza media y en las subcuencas Guatapurí Bajo, Yukinchukua y Donachui Bajo las mayores proporciones de área se encuentran en zonas de amenaza baja.

7.3.2.4.3.8 Análisis de Amenaza por Municipios

La Gráfica 7.36 ilustra el porcentaje de área por cada nivel de amenaza de cada uno de los dos (2) municipios que conforman la Cuenca del Río Guatapurí. Como se puede apreciar, en el municipio de Valledupar el área de amenaza baja corresponde a un 35%, la de amenaza media a 57% y la de amenaza alta a 8%. Por su parte en el municipio de Pueblo Bello el área en amenaza baja representa el 44%, en amenaza media se encuentra el 47% del área y en amenaza alta el 9%.

Gráfica 7.36 Niveles de amenaza por Municipio.

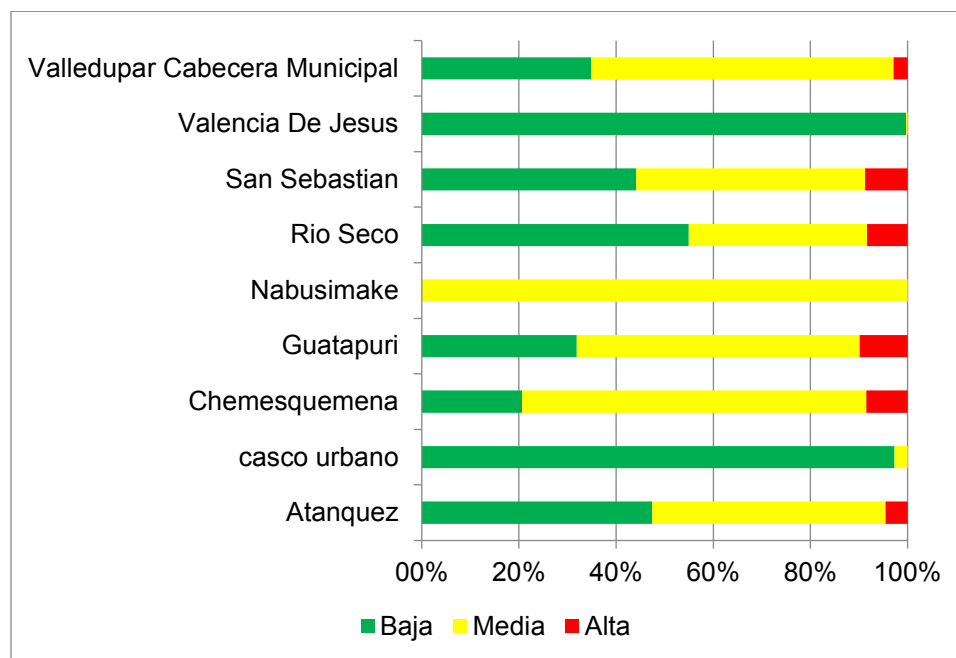


Fuente: Consorcio Guatapurí.

7.3.2.4.3.9 Análisis de Amenaza por Veredas

Finalmente, los resultados de la evaluación de la amenaza permitieron establecer que en la Vereda Valencia de Jesús, en el Casco Urbano Municipal de Valledupar y en su cabecera municipal se presentan las mayores áreas en amenaza baja mientras que las veredas Chemesquemena, Guatapurí, Rio Seco, San _Sebastián y Atanquez, tienen proporciones entre el 5 y el 10% del área en amenaza alta. La que presenta mayor proporción de área en amenaza media es Nubusimake, pero también en esta categoría hay áreas significativas en las veredas Chemesquemena, Cabecera municipal de Valledupar, Guatapurí y Atanquez. En la Gráfica 7.37 se presentan los porcentajes de amenaza por Vereda.

Gráfica 7.37 Niveles de amenaza por Veredas.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

7.3.2.4.4 Recomendaciones Finales: Propuesta de Intervenciones Prospectivas y Prescriptivas

A partir de los resultados obtenidos en la zonificación de la susceptibilidad y amenaza por los movimientos en masa, se proponen a continuación una serie de recomendaciones encaminadas a intervenciones de tipo prospectivo y prescriptivo, que minimicen las afectaciones futuras ante la ocurrencia de un fenómeno de estas características.

Según lo expuesto por Cardona (2013), la intervención prospectiva tiene como objetivo garantizar que no se presenten nuevos eventos de riesgo, mediante la implementación de acciones de prevención; es decir, evitar un nuevo riesgo y la necesidad de intervenciones correctivas futuras. Por otro lado, la intervención prescriptiva hace referencia a las disposiciones encaminadas a determinar las exigencias de seguridad mínimas en los elementos expuestos, con el fin de preestablecer un nivel de riesgo aceptable en dichas áreas.

Para la Cuenca del Río Guatapurí las recomendaciones se basan en mantener un bajo grado de densidad de asentamientos y restringir nuevos asentamientos en zonas de amenaza alta. Además de generar en la población conciencia sobre la necesidad de protección de las cuencas ante la deforestación y pérdida de cobertura, puesto que este es uno de los principales factores causantes de los procesos de erosión que son la etapa inicial de los problemas de inestabilidad.

Igualmente las medidas se orientan a la generación de sistemas de alerta temprana, con intensiva participación de las comunidades locales, la realización controles de la amenaza en zonas críticas el establecimiento de zonas de protección.

Es así como las recomendaciones para las zonas rurales son las siguientes:

- Las zonas de amenaza alta representan un porcentaje relativamente bajo en la cuenca, pero están distribuidas en muchos sectores dentro de la misma. Es necesario que en estas áreas se adopten medidas especiales que eviten la concentración de edificaciones, asentamientos humanos o actividades económicas permanentes, y se recomiende que se empleen como zonas de protección, teniendo en cuenta además que su localización en las partes más altas de la cuenca las hace que se constituyan como áreas estratégicas desde el punto de vista del recurso hídrico.
- Dado que en las zonas de amenaza media y alta predomina la cobertura de bosques, la Corporación Autónoma Regional deberá establecer medidas que eviten y controlen su deforestación, disminuyendo así el posible desencadenamiento de movimientos en masa a causa de la infiltración de la precipitación en el terreno (factor detonante) y el inicio de procesos erosivos.
- Con el fin de definir medidas de intervención prospectiva, se recomienda realizar estudios detallados a partir de metodologías determinísticas para la zonificación en aquellas áreas delimitadas con amenaza alta. Esto permitiría definir áreas de restricción de acuerdo a criterios de mitigabilidad y a la cantidad de elementos expuestos; así como también permitiría reglamentar los futuros desarrollos de índole económico y urbanístico en estos sectores.
- Fortalecer el sistema de alerta temprana para los eventos extremos detonantes (lluvia y sismo), de tal forma que se prevengan las posibles afectaciones sobre la infraestructura y la pérdida de vidas humanas.
- Mantener la vigilancia de las precipitaciones, mediante la revisión continua de los datos suministrados por las estaciones meteorológicas e hidrológicas instaladas en la extensión superficial de la cuenca, especialmente en los periodos de invierno.
- Impulsar programas de reforestación y recuperación de los territorios desnudos y degradados localizadas en la parte media de la cuenca, ya que estos focos erosivos pueden llegar a convertirse en puntos detonantes de un evento de inestabilidad en las laderas. Se recomienda para ello, la plantación de especies propias de la zona, que favorezcan la infiltración y la fijación del terreno. Las especificaciones y demás consideraciones deberán ser incluidas dentro de un estudio detallado impulsado por la Corporación Autónoma Regional.

De los resultados de la zonificación de la amenaza se pudo establecer que la mayor parte del área se localiza en zona de amenaza media por procesos de remoción en masa. Estas zonas deben ser protegidas fundamentalmente evitando procesos de deforestación o de intervención antrópica extensiva. Los centros poblados de Guatapurí, Chesquemena y San Sebastián y Río Seco presentan proporcionalmente las mayores áreas en amenaza alta, por lo que se recomienda como primera medida la ejecución de estudios detallados teniendo en cuenta las consideraciones establecidas en el Decreto 1077 de 2015. A partir de los resultados de estos estudios se deben proponer medidas correctivas encaminadas a la construcción de obras, recuperación geomorfología, reforzamiento estructural de infraestructura, fortalecimiento de las capacidades locales en prevención de riesgos, entre otras.

7.3.2.4.5 Identificación de Necesidades de Información

Entendiéndose las necesidades de información como aquellos insumos, datos, procedimientos y/o propuestas direccionadas a obtener en futuros estudios o investigaciones, un avance en el conocimiento de la tipología de evento. Es así como durante la aplicación de las metodologías propuestas para la Cuenca del Río Guatapurí, se han identificado las siguientes necesidades de información:

- Dada la relevancia de los eventos históricos en la evaluación de la susceptibilidad y en la validación respectiva de los productos generados, se hace necesario la creación de una base de datos en la cual se registre la localización, tipo de movimiento, causas y magnitud de la afectación de fenómenos en masa que llegasen a presentarse en toda la extensión de la cuenca. Esta propuesta deberá ser desarrollada por las autoridades encargadas de atender este tipo de eventos, controlada y supervisada por las respectivas autoridades autónomas regionales.
- Desarrollar estudios de amenaza detallado por movimientos en masa a escala 1:2.000 en los centros poblados de Chesquemena, Guatapurí, RioSeco y San Sebastián que presentan las mayores condiciones de amenaza alta teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en el Decreto 1077 de 2015. Igualmente, en la cabecera municipal de Valledupar es recomendable realizar estudios detallados porque en estas zonas existen las mayores presiones de desarrollo urbanístico.
- Implementar un mayor número de estaciones de tipo hidrológica y meteorológica en toda la extensión superficial de la cuenca, específicamente en la parte de alto relieve y a lo largo de los drenajes superficiales. Esto con la finalidad de caracterizar mejor la cuenca en futuros estudios en materia, y estimar con mayor grado de precisión la incidencia de las precipitaciones como factor detonante de los movimientos en masa.
- Impulsar estudios de tipo forestal y suelos con la finalidad de establecer las especificaciones y demás consideraciones necesarias para implementar el plan de reforestación y restauración de las áreas desnudas y degradadas ubicadas en las zonas en condición de amenaza media y alta. Como resultado de esta investigación se deberá definir las especies que favorezcan la infiltración y la acción fijadora del terreno, su cantidad y demás aspectos técnicos requeridos para esta actividad. Una vez cumplida la reforestación, la Corporación Autónoma Regional deberá efectuar el control y vigilancia sobre estos sectores, de tal forma de que se prohíba cualquier tipo de intervención antrópica que pudiera afectar los ecosistemas allí albergados y el desencadenamiento de un evento de inestabilidad en sus laderas.

7.3.3 Inundaciones

7.3.3.1 Resumen

La diversidad de ambientes geográficos, la variabilidad climática y la influencia antrópica cerca de los cauces, son las principales causantes de afectaciones a los sistemas hídricos, ya que producen cambios en su dinámica fluvial, alterando su topografía, dirección y volumen, dando lugar a fenómenos como las inundaciones, el socavamiento, la sedimentación, etc., requiriendo así un tratamiento oportuno, de lo contrario se podrían ocasionar grandes problemas sociales, ambientales y económicos.

Los eventos de inundación lenta se dan cuando al ocurrir una precipitación capaz de saturar el terreno, el volumen remanente escurre por los ríos y arroyos o sobre el terreno. Conforme

el escurrimiento avanza hacia la salida de la cuenca, se incrementa proporcionalmente con el área drenada, si el volumen que fluye por el cauce excede la capacidad de éste, se presentan desbordamientos sobre sus márgenes y el agua desalojada puede permanecer horas o días sobre el terreno inundado. Este efecto se presenta en zonas donde la pendiente es baja y, por ende, la capacidad de los ríos disminuye provocando desbordamientos que generan inundaciones en las partes aledañas (CENAPRED, 2004).

El análisis de la amenaza por inundación se mide en función de la frecuencia de ocurrencia y para su zonificación se hace necesario realizar un análisis de la dinámica fluvial, para ello se identificarán y clasificarán las diferentes geoformas de acuerdo con su relevancia en la dinámica actual y con el inventario o registro de eventos se caracterizan el tipo de flujo y la altura de la lámina de agua.

Para la obtención de los resultados se realizó inicialmente el alcance del estudio y a partir de estos se determinaron los insumos requeridos para la zonificación de la susceptibilidad y la evaluación de la amenaza por eventos de inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí.

7.3.3.2 Introducción

El estudio de amenaza por inundaciones lentas en la Cuenca Hidrográfica del Río Guatapurí surge de la necesidad de caracterizar el comportamiento histórico y geomorfológico del terreno en función de la dinámica fluvial del río Guatapurí y las diferentes corrientes hídricas con tendencia al desbordamiento. Asimismo, los antecedentes históricos del territorio (alrededor de 35 registros) asociados a la afectación social y económica por fenómenos hidroclimáticos, denotan la necesidad de delimitar aquellas zonas que de acuerdo con sus condiciones físicas han presentado inmensurables daños y pérdidas de cultivos, viviendas y enseres. Es por ello que, la Fase Diagnóstico del presente POMCA atiende los requerimientos nacionales relacionados con la inclusión de la gestión del riesgo de desastres en el ordenamiento territorial; y específicamente en este capítulo se desarrolla el mapa de amenaza por inundaciones como un instrumento de planificación del territorio a nivel regional.

Las metodologías usualmente aplicadas para la determinación de la amenaza por inundación se basan en modelamientos hidrológicos-hidráulicos de ríos, los cuales conllevan a la realización de procesos de corrección de niveles de energía y láminas de agua que involucran la geometría de las corrientes; por lo que la calidad o detalle transversal y longitudinal ingresados a los sistemas de modelamiento son de suma importancia y de alta precisión o resolución si se desea obtener resultados apropiados. Dichas interpretaciones pueden ser obtenidas mediante levantamientos batimétricos o satélites de alta resolución que permiten la construcción de modelos digitales. Es, por lo dicho anteriormente, que se descarta la construcción de modelos hidráulicos a partir de Modelos Digitales de Elevación de baja resolución, pues estos carecen de la resolución apropiada para caracterizar los cambios longitudinales y transversales presentes en cauces con pendientes promedio muy bajas.

Cabe destacar, que el análisis de frecuencia y de calidad de datos hidrológicos asociados a los niveles de corrientes hídricas se evaluó en el componente físico-biótico del presente POMCA, específicamente en la temática de hidrología. En este análisis se estimó la magnitud de los eventos extremos para diferentes periodos de retorno que van de los 2 a los 500 años; de este modo se dan a conocer los resultados cuantificados mediante el uso de funciones de distribución de probabilidad en cada una de las estaciones hidrológicas presentes en la cuenca. Sin embargo, se hace claridad en cuanto a su in-utilización para

finde de zonificación de amenaza por inundación basada en interpretación geomorfológica, debido a la escasez de información batimétrica de detalle requerida para la realización de modelación hidráulica de ríos. De igual forma, no se realizan análisis probabilísticos de eventos históricos validados, debido a que éstos se encuentran intrínsecamente relacionados con la fecha de ocurrencia de eventos extremos máximos de caudales o niveles para los períodos de retorno mencionados, bajo los cuales se presumen problemas de inundación, o, según las condiciones, de avenidas torrenciales.

A continuación, se presentan y discuten los resultados obtenidos de la zonificación de la susceptibilidad y amenaza por inundaciones de tipo fluvial en la Cuenca del Río Guatapurí. De acuerdo con la metodología heurística planteada para estudios a escala 1:25.000, el análisis de susceptibilidad se realizó por subcuencas, evaluando los eventos históricos registrados y la geomorfología (geoformas asociadas a eventos de inundación). Las áreas susceptibles fueron sometidas a la evaluación de la amenaza, en donde se efectuó la categorización de los eventos históricos y la interpretación de sensores remotos.

7.3.3.3 Alcance

- Analizar la cartografía geomorfológica considerando las formas del terreno y el catálogo de eventos disponible con el fin delimitar las zonas susceptibles de ser afectadas por inundaciones.
- Realizar el análisis multitemporal de las imágenes disponibles, con el fin de detectar posibles cambios de dirección del drenaje y áreas históricamente afectadas por inundaciones.
- Desarrollar el mapa de amenaza por inundaciones empleando metodología heurística planteada para estudios a escala 1:25.000 de acuerdo con los lineamientos del “Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto” a partir del análisis de recurrencia de los eventos, el análisis multitemporal de imágenes y de las áreas con susceptibilidad media y alta.

7.3.3.4 Herramientas o Insumos

Los insumos empleados son los siguientes:

- Modelo Digital de Terreno – MDT.
- Mapa de Geomorfología a un nivel de detalle 1: 25.000.
- Registro histórico de eventos.
- Imágenes satelitales

7.3.3.5 Evaluación y Zonificación de la Susceptibilidad por Inundaciones

De acuerdo al protocolo para la gestión del riesgo las inundaciones son un fenómeno de anegamiento temporal de terrenos que no están normalmente cubiertos de agua y sedimentos. Debido a la amplia variedad de definiciones existente en el ámbito técnico, científico y de toma de decisiones, se resume a continuación una síntesis de tipología de inundaciones de acuerdo con UNAL & SGC (2013) para dar mayor claridad al tipo que se evaluará en el POMCA.

Para la zonificación de la susceptibilidad se realiza mediante la incorporación de la metodología propuesta por el Fondo Adaptación (2014b) en el Protocolo para la

incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA, la cual hace énfasis a la identificación de geoformas asociadas a inundación y la caracterización de eventos históricos.

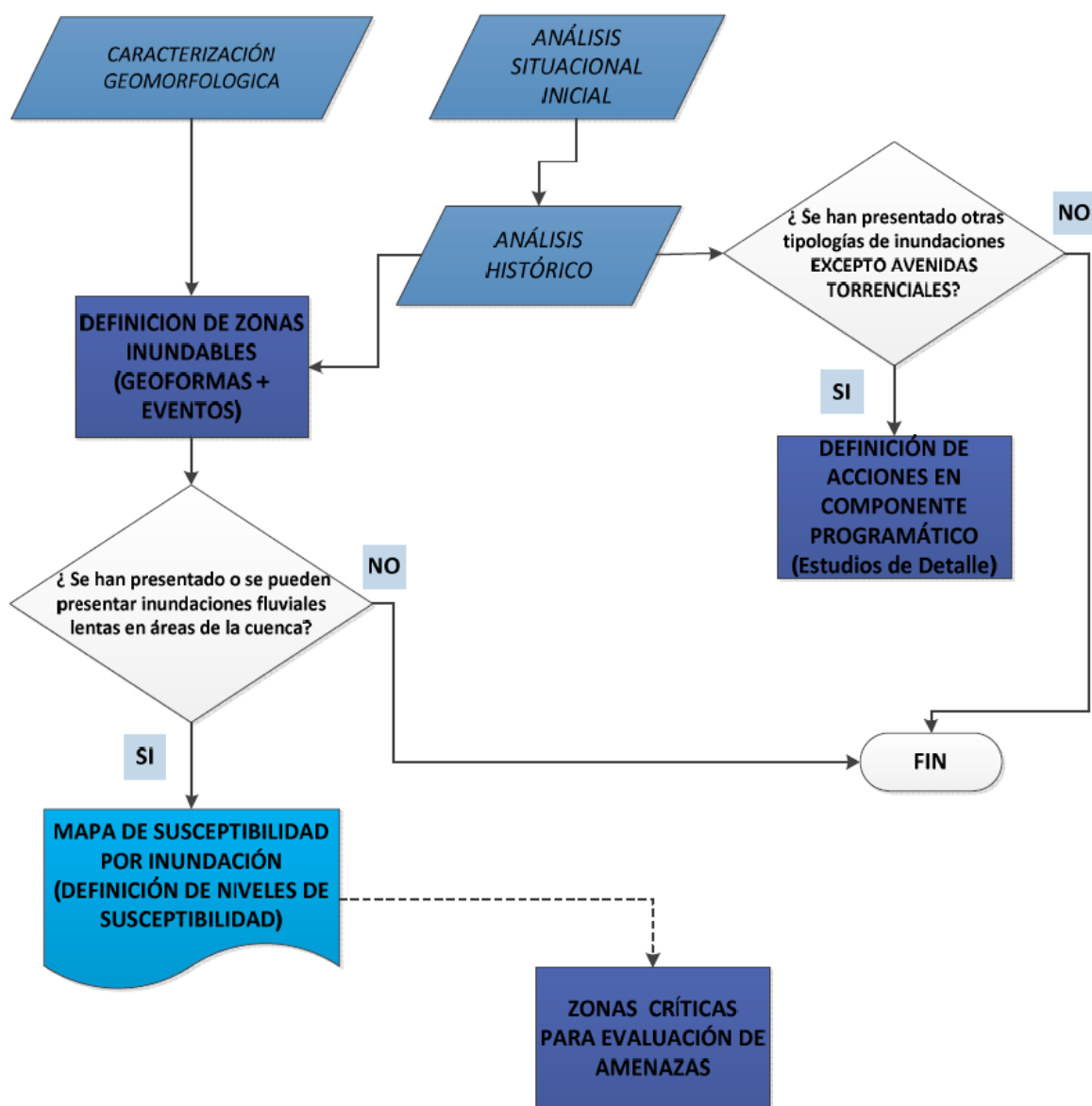
7.3.3.5.1 Metodología Empleada para la Zonificación de la Susceptibilidad

Las inundaciones son definidas en el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO, 1974) como un aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce definiéndose como nivel normal aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, una elevación mayor a la habitual en el cauce, por lo que puede generar pérdidas.

Para llevar a cabalidad el desarrollo de los objetivos propuestos, se ha desarrollado la metodología para la evaluación de la susceptibilidad, a partir del protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto.

En la **Figura 7.12**, se muestra el mapa conceptual de la metodología que se sigue para alcanzar el objetivo final de este estudio, que es la evaluación de la amenaza por eventos de inundación.

Figura 7.12. Esquema metodológico para la obtención de la susceptibilidad por inundaciones.



Fuente: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, Fondo Adaptación, 2014.

7.3.3.5.2 Análisis de los Eventos Históricos

La recopilación y tratamiento de la Información histórica permite realizar un análisis de los impactos producidos por fenómenos naturales en el pasado. Para obtener una base de datos sobre los fenómenos históricos lo más completa y homogénea posible, se ha realizado una búsqueda de material documental de información de los eventos conocidos y/o incorporación de nuevos episodios. (Ver **Anexo 7.1**).

Uno de los problemas más comunes cuando se desarrolla recopilación de información a partir de fuentes documentales, es que estas suelen ser poco precisas y pueden no cubrir

con igualdad de razonamiento todo el territorio. Adicionalmente, los eventos de mayores consecuencias son los que generalmente se registran, debido a sus altos impactos.

Las principales fuentes de información referentes a los eventos que se consultaron en el ámbito de este trabajo corresponden a las siguientes entidades:

- Unidad Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD).
- Corporación Autónoma Regional del Cesar-CORPOCESAR.
- Alcaldía del Municipio de Valledupar
- Defensa Civil Colombiana – Seccional Cesar

A partir de la recopilación de información se desarrolló un inventario de eventos amenazantes, el cual se representa en el Mapa 7.31. Este registro está acompañado de atributos relevantes como la ubicación espacial y la fecha ocurrencia, es decir, hace cuantos años sucedió el evento.

En el Mapa 7.31 se identifica que las inundaciones son los eventos más recurrentes con un total de 35 eventos. En la parte alta de la cuenca se observan eventos aislados en las quebradas y/o ríos afluentes del río Guatapurí, sin embargo, son eventos que oscilan entre los 15 y 50 años de su ocurrencia.

En la parte media de la cuenca se observan la recurrencia de eventos principalmente sobre el corregimiento de Sabana Crespo debido a la confluencia entre el río Mangal y el río Guatapurí que hacen que aumente el caudal hacia este sector, mostrándonos una recurrencia de eventos tanto menores de 15 años como entre 15 y 50 años.

Así mismo este mapa evidencia que el mayor número de eventos de inundación se representa en la parte baja de la cuenca en los alrededores de la zona urbana de Valledupar asociados a geoformas de topografía plana (planicies de inundación y/o llanuras aluviales) y sumado a la deficiente ronda de protección que ha venido afectando en reiteradas ocasiones a fincas aledañas al margen izquierdo en la vereda el Jabo del Corregimiento de Guacoche y algunos barrios pertenecientes a la comuna 1 a la margen derecha del río en cercanías con el casco urbano del municipio de Valledupar, la mayoría de eventos fueron registrados hace menos de 15 años.

En toda la cuenca solo se presenta un evento con recurrencia mayor a los 50 años, asociado a la quebrada Las Canoas, en la vereda El Jabo, en el corregimiento de Guacoche. (ver Mapa 7.31)

174

7.3.3.5.3 Análisis de Geoformas Asociadas a Inundaciones

Con el resultado de la interpretación geomorfológica se identificaron las geoformas básicas que permitieron caracterizar los procesos morfodinámicos dominantes en los fenómenos de inundación, de acuerdo con las características texturales y geométricas de las geoformas y su relación con la dinámica fluvial y continental.

Para caracterizar los procesos morfodinámicos de la Cuenca del Río Guatapurí, se elaboró una clasificación enfocada al análisis de la susceptibilidad de las geoformas asociadas a procesos de inundación.

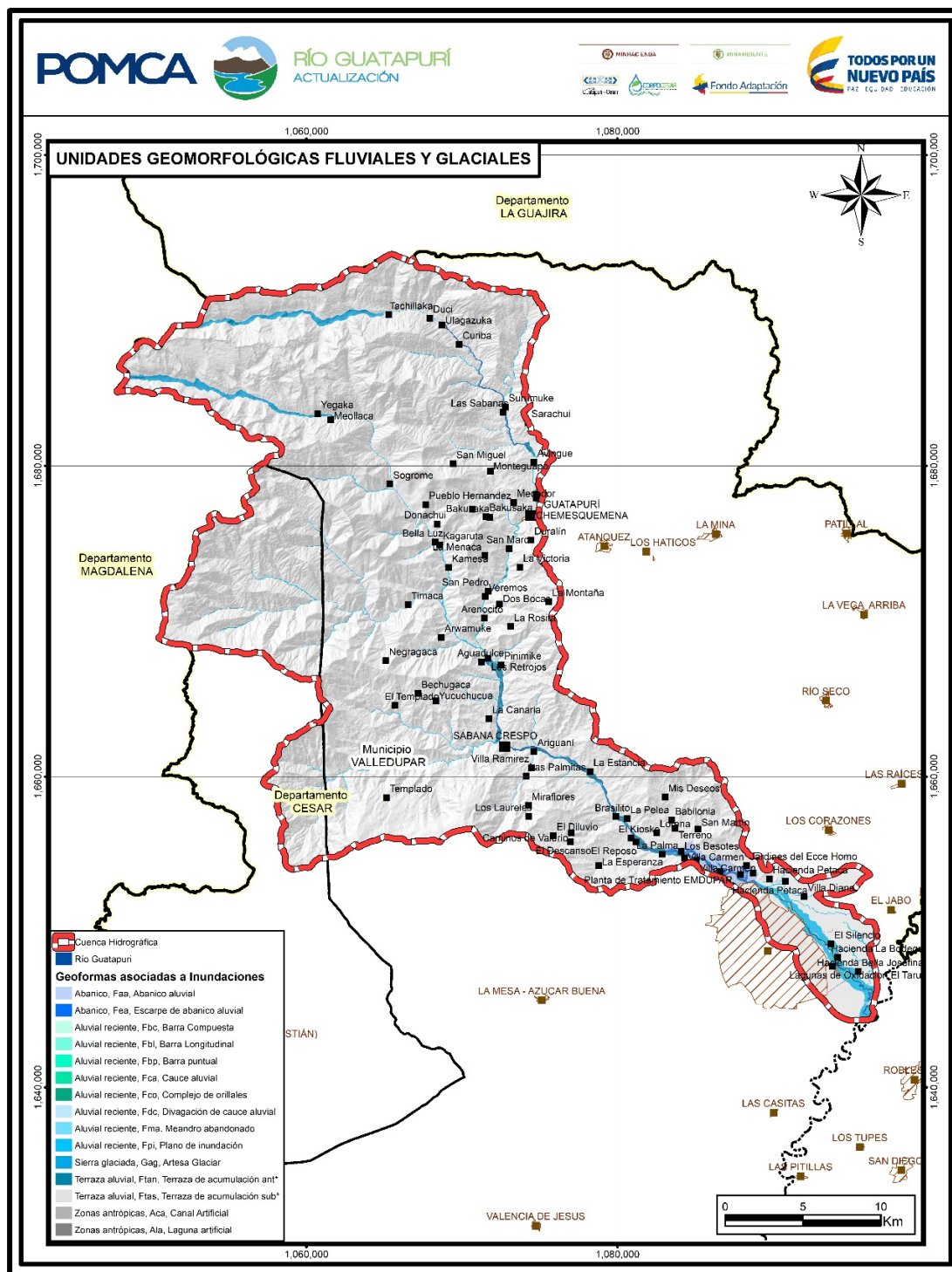
Las principales características morfológicas utilizadas en el proceso de interpretación y zonificación geomorfológica se basaron en el método de Carvajal (2011). Esta metodología utiliza la interpretación cartográfica y define unidades y subunidades geomorfológicas para los ambientes marinos y fluviales. Adicionalmente se utilizó la metodología de Zinck (2012) que también utiliza la interpretación cartográfica y define paisajes geomorfológicos de valle y planicie, tipos de relieve, geoformas aluviales (terrazas, depósitos aluviales, cuerpos de agua, barras), entre otros. Ver **Capítulo 3.9. Geomorfología Componente Físico-biótico, Tabla 7.40 y Mapa 7.32.**

Tabla 7.40. Porcentaje de ocupación de geoformas asociadas a eventos de inundación en la Cuenca del Río Guatapurí.

GEOFORMAS			% DE LA GEOFORMA
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	CODIGO SUBUNIDAD	SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	
Abanico	Faa	Abanico	12,31%
	Fea	Escarpe de abanico aluvial	3,37%
Aluvial reciente	Fbc	Barra Compuesta	0,17%
	Fbl	Barra Longitudinal	0,07%
	Fbp	Barra puntual	0,04%
	Fca	Cauce aluvial	6,32%
	Fco	Complejo de orillales	0,51%
	Fdc	Divagación de cauce aluvial	1,19%
	Fma	Meandro abandonado	0,15%
	Fpi	Plano de inundación	46,26%
Terraza aluvial	Ftan	Terraza de acumulación antigua	8,31%
	Ftas	Terraza de acumulación subreciente	0,08%
Sierra glaciada	Gag	Artesa Glaciar	20,21%
Zonas antrópicas	Aca	Canal Artificial	0,50%
	Ala	Laguna artificial	0,51%

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Mapa 7.32 Geoformas asociadas a eventos de inundación en la Cuenca del Río Guatapurí

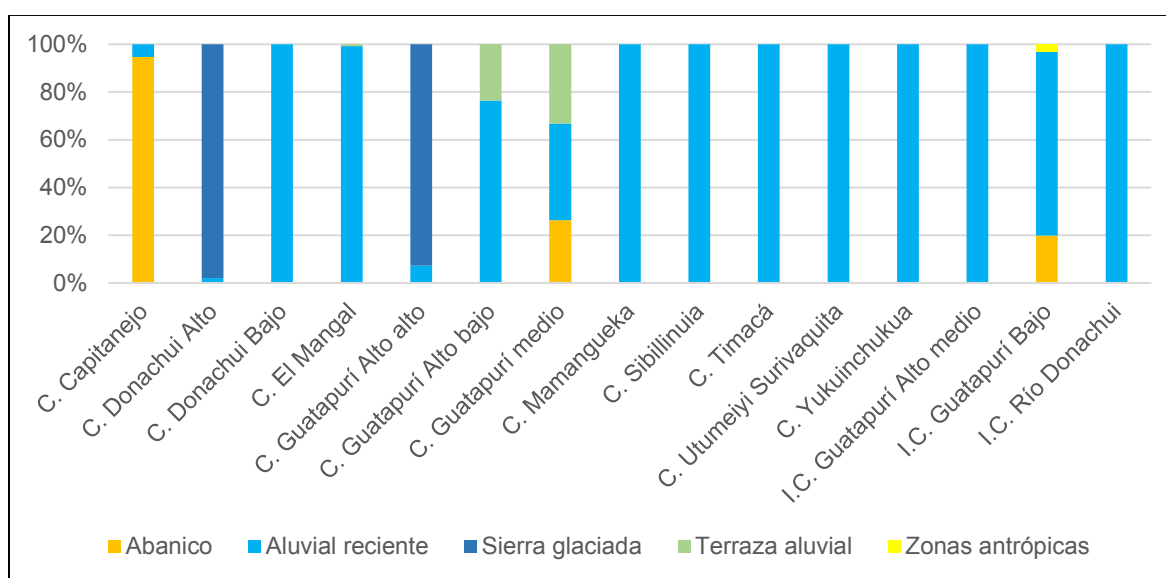


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Del mapa de la **Mapa 7.32** y la **Tabla 7.40** se deduce que el aluvial reciente son las geoformas con mayor porcentaje de distribución en el área de estudio (54.72%). Esta geoforma asociada a eventos de inundación, donde destaca su subunidad planicies de inundación con el 46.26%, que se encuentra afectando principalmente al municipio de Valledupar y a toda la cuenca en general. Al noroeste de la ciudad de Valledupar, en la zona de la Sierra Nevada de Santa Marta en las subcuencas Donachui Alto y Guatapurí Alto Alto se presentan las geoformas de Sierra Glaciada con un valor de 20.21%. Por su parte los abanicos aluviales son indicadores de fenómenos fluviales que existen en la cuenca, esta geoforma se distribuye hacia el centro de la cuenca entre las subcuencas Capitanejo, Guatapurí medio y Guatapurí Bajo en un 15.67%; las terrazas aluviales se encuentran representadas en las subcuencas Guatapurí Alto bajo y Guatapurí medio con un 8.39%, y en mucha menor proporción las zonas antrópicas asociadas a la inundación asociadas en la subcuenca Guatapurí Bajo con un 1%.

Las geoformas asociadas a la inundación ocupan 3585,42 Ha, correspondientes a un 4.03% del área total de la Cuenca del Río Guatapurí. Ver Gráfica 7.38.

Gráfica 7.38 Distribución porcentual de geoformas asociadas a la inundación en cada subcuenca en la Cuenca del Río Guatapurí.



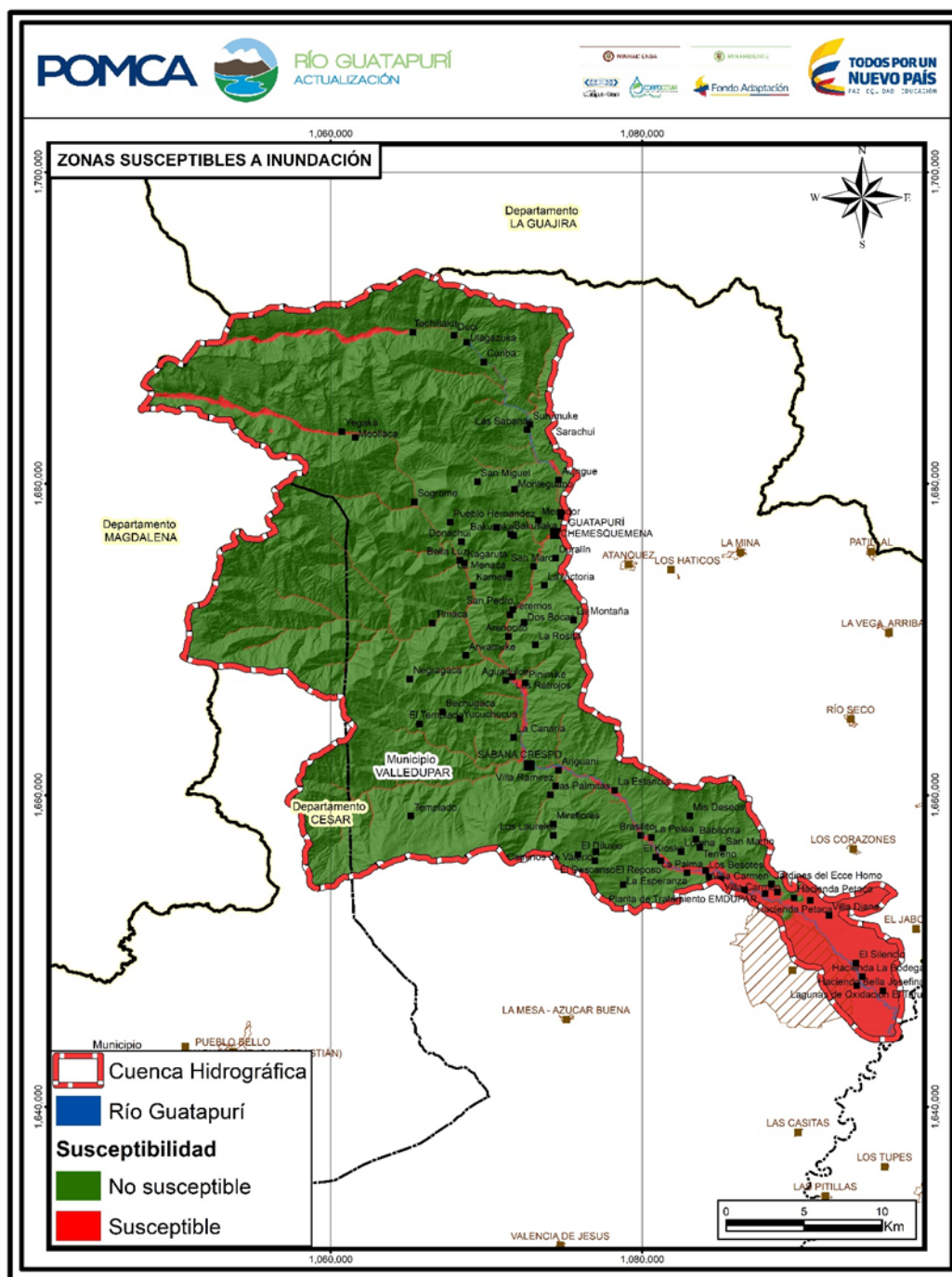
Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.3.3.5.4 Generación del Mapa de Susceptibilidad por Inundaciones

El relieve de la Cuenca del Río Guatapurí puede dividirse principalmente en dos zonas: la primera corresponde a la parte montañosa localizada hacia el Noroeste de la cuenca. Esta área se compone principalmente de geoformas con grandes alturas que se ubicada por encima del valle principal de inundación lo que las hace tener una baja susceptibilidad de inundación.

La otra zona corresponde a sectores localizados al sureste de la cuenca de estudio que se caracteriza por presentar de pendientes muy bajas a nulas. En este sector se localiza la llanura aluvial donde se encuentra el casco urbano de Valledupar y unas quebradas como La Canoas, en el Corregimiento de Guacoche, en el que incrementa la susceptibilidad de inundación, (ver Mapa 7.33).

Mapa 7.33 Identificación de zonas susceptibles a inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

A partir de información como eventos históricos, geoformas asociadas a procesos de inundación fluvial y la cartografía de la zona, se delimitaron y clasificaron de acuerdo a su nivel de susceptibilidad (**Tabla 7.41**) las áreas de las cuencas susceptibles a inundarse.

Tabla 7.41. Criterios de selección de zonas de susceptibilidad baja, media y alta.

ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD	GEOMORFOLOGÍA	EVENTOS HISTÓRICOS
Susceptibilidad Alta	Geoformas que denotan procesos activos o inundaciones periódicas. (Planicies aluviales, terrazas bajas).	Áreas donde coincidan dos o más puntos o polígonos de eventos históricos.
Susceptibilidad Media	Geoformas que denotan procesos intermitentes. (Terrazas medias).	Áreas donde al menos un punto o polígono haya sido identificado.
Susceptibilidad Baja	Geoformas que denotan procesos antiguos. (Terrazas altas, geoformas otro origen morfogénico).	Sin registros históricos.

Fuente: Tomado y adaptado del Fondo de adaptación, 2014. Protocolo para la incorporación de la Gestión del Riesgo en los POMCA, de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto.

Para la Cuenca del Río Guatapurí se les dio la respectiva calificación, de acuerdo con el criterio a sus respectivas geoformas. Las geoformas asociadas a Susceptibilidad Alta son: Plano de inundación, Barra Compuesta, Barra Longitudinal, Barra puntual, Cauce aluvial, Complejo de orillales, Divagación de cauce aluvial, Meandro abandonado, Terraza de acumulación subreciente, Canal Artificial, Laguna artificial. Las geoformas asociadas a Susceptibilidad Media son: Abanico, Escarpe de abanico aluvial, Terraza de acumulación antigua, Artesa Glaciar. Las geoformas asociadas a la Susceptibilidad Baja son las geoformas no depositacionales de origen denudacional, estructurales como cimas de montañas y laderas.

7.3.3.5.5 Análisis de Resultados

En el Mapa 7.34, se presenta el mapa de susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí basada en el método de Carvajal (2011). Este mapa muestra que los niveles de susceptibilidad diferenciados en la zona de estudio y en el Mapa 7.35, se presenta el mapa de susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí de acuerdo con la salida cartográfica geomorfológica basada en el método de Zinck (2012). Este mapa también muestra que los niveles de susceptibilidad diferenciados en la zona de estudio.

- Las áreas de susceptibilidad alta están asociadas a cuerpos de agua formadas por el río Guatapurí, a las planicies de inundación. En donde se desarrollan depósitos de origen aluvial.
- Las áreas de susceptibilidad media están asociadas a peneplanicies que forman un relieve plano ondulado, estas suelen estar más alejadas a los cauces principales y cuya probabilidad del flujo de agua en avenidas es menor que el de la susceptibilidad alta.
- Las áreas de susceptibilidad baja están asociadas a geoformas no depositacionales de origen denudacional y estructurales, como cimas de montañas y laderas, las cuales por su relieve y diferencia de alturas con los otros niveles de susceptibilidad, tienen baja posibilidad de inundación.

En el Protocolo en su página 56 nos afirma que se deben considerar una de las dos metodologías geomorfológicas, en la cual dice: “*considerar los procesos morfodinámicos identificado en la componente geomorfología. Por ejemplo, tener en cuenta las siguientes **subunidades geomorfológicas Carvajal (2011) o formas del terreno Zinck (2012)** asociadas a procesos de inundación identificadas a la escala de trabajo*”

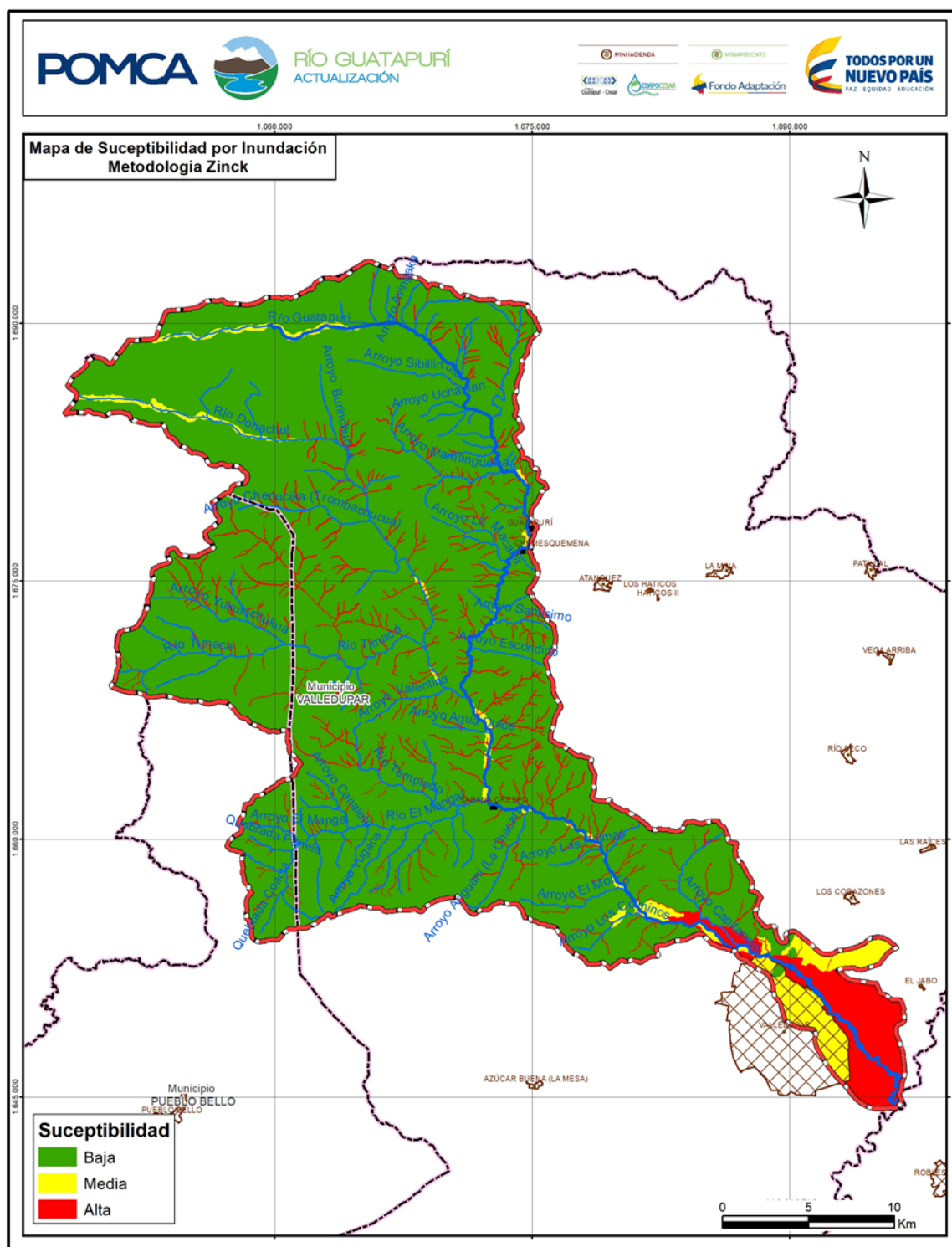
Teniendo en cuenta este panorama se revisaron por ambas metodologías, pero se decidió emplear el análisis geomorfológico para determinar susceptibilidad a inundaciones mediante la Geomorfología de Carvajal, debido a que los datos de eventos de ocurrencia están más acordes con los escenarios de susceptibilidad alta en las geoformas fluviales propuestas por Carvajal.

Mapa 7.34 Zonificación de susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí basada en la Metodología de Carvajal (2011). Zonificación de susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí basada en la Metodología de Carvajal (2011).



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

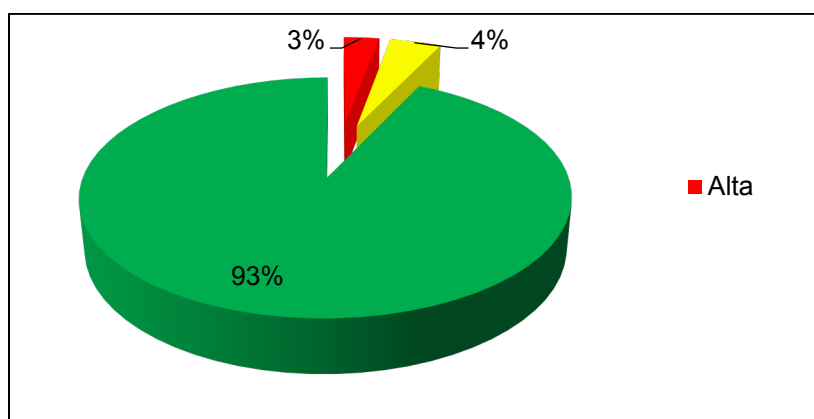
Mapa 7.35 Zonificación de susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí basada en la Metodología de Zinck (2012).



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Considerando la zonificación de la susceptibilidad por inundación en la Cuenca del Río Guatapurí se pudo determinar que el 3% del área se encuentra en susceptibilidad alta a inundación, 4% del área se encuentra en susceptibilidad media y el 93% del área presenta baja susceptibilidad a inundaciones. (Ver Gráfica 7.39).

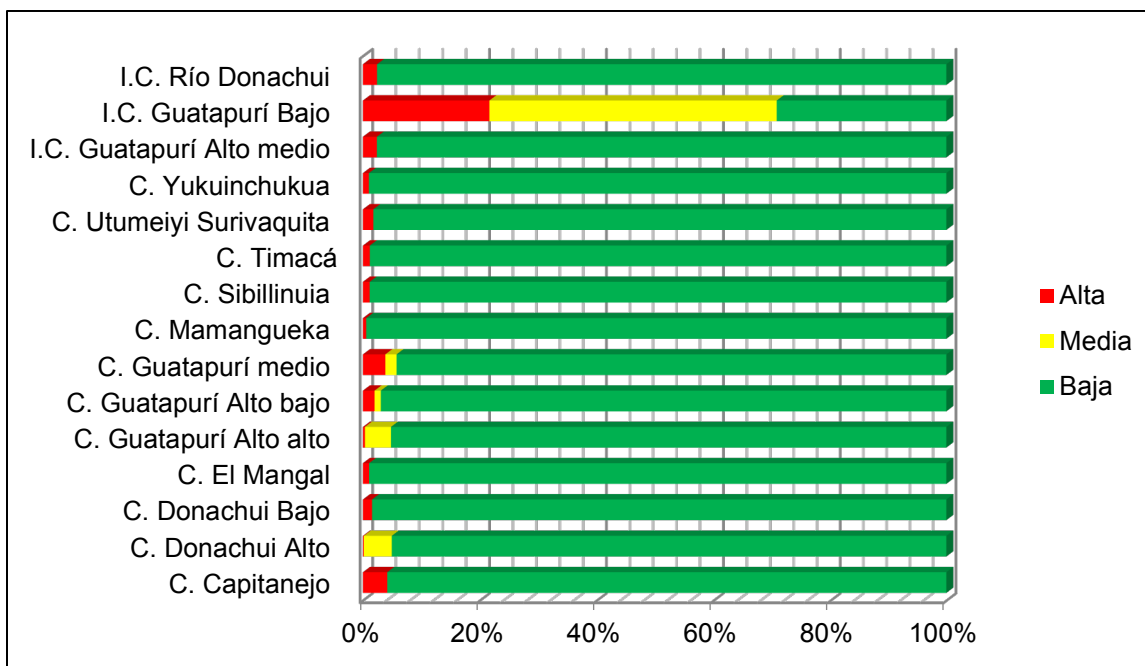
Gráfica 7.39 Porcentaje de susceptibilidad a inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Se pudo determinar que las subcuencas I.C. Guatapurí Bajo, Guatapurí Medio y Capitanejo presentan el mayor porcentaje de susceptibilidad alta a la inundación y en términos generales todas las cuencas tienen un porcentaje mínimo a la susceptibilidad a la inundación. (Ver Gráfica 7.40).

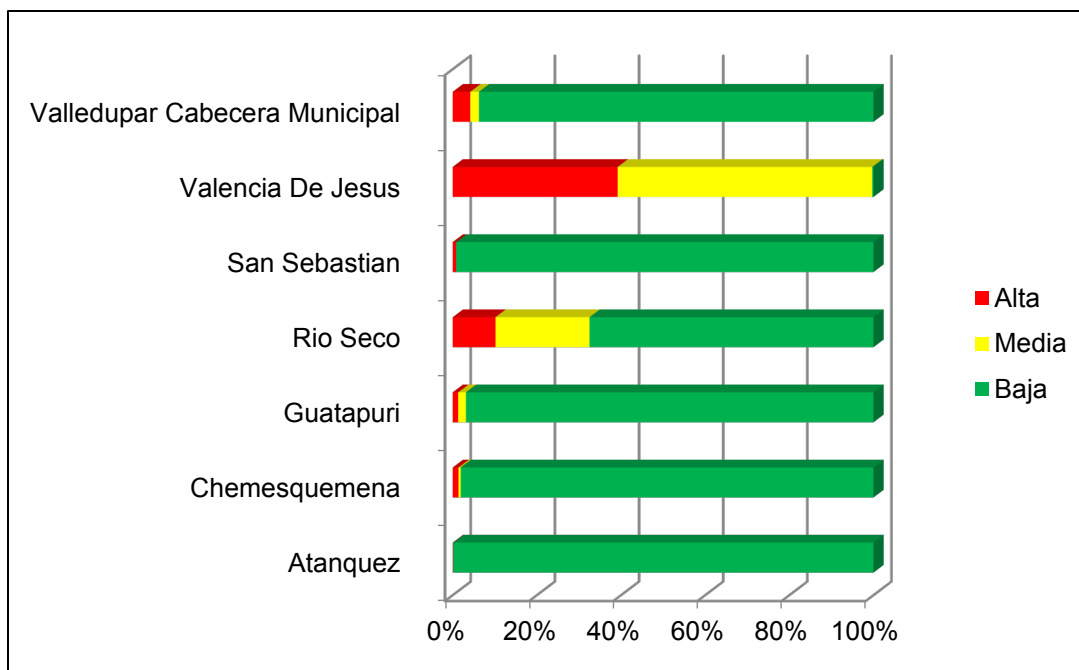
Gráfica 7.40 Porcentaje de susceptibilidad a inundaciones en las Subcuencas del Río Guatapurí



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar

Con respecto a los centros poblados, se puede observar que el corregimiento que presenta mayor susceptibilidad es el corregimiento de Valencia de Jesús con el 100% entre susceptibilidad media y alta, seguido del corregimiento de Rio Seco con el 28% y en menor proporción la cabecera municipal de Valledupar, San Sebastián, Guatapurí y Chemesquemena (Ver Gráfica 7.41).

Gráfica 7.41 Porcentaje de susceptibilidad a inundaciones en los corregimientos del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar

7.3.3.6 Zonificación de la Amenaza por Inundaciones

El nivel de amenaza por inundación tiene por finalidad reconocer las áreas que son afectadas por huracanes, ciclones y lluvias persistentes y generalizadas que provocan el aumento del nivel de agua en las corrientes y sobre llanuras aluviales, también obliga a reconocer el comportamiento de las áreas que aportan los caudales que descargan en las corrientes de las cuencas ocasionando un desbordamiento y dispersión de las aguas sobre las llanuras de inundación y zonas aledañas a los cursos de agua normalmente no sumergidas (IDEAM).

Se clasifican dos tipos de amenaza por inundación:

- **Inundaciones lentas o progresivas:** se producen en terrenos planos que desaguan muy lentamente y cercanos a las riberas de los ríos donde las lluvias son frecuentes o torrenciales. Muchas de ellas son parte del comportamiento normal de los ríos. Según la topografía estas inundaciones causan diferentes efectos en los sectores, las poblaciones ubicadas en pendientes no se inundan seriamente en cambio las poblaciones con superficies planas o algo cóncavas pueden sufrir inundaciones como efecto directo de las lluvias, independiente de las inundaciones producidas por el desbordamiento de ríos y quebrada, donde se ocasionan el estancamiento de aguas (IDEAM).
- **Inundación súbita o repentina:** se producen generalmente en cuencas hidrográficas de altas pendientes por la presencia de grandes cantidades de agua a muy corto tiempo, son causadas por fuertes lluvias, tormentas o huracanes, pueden desarrollarse en hora o minutos. Este tipo de inundación puede arrastrar rocas, tumbar árboles, destruir edificios y otras estructuras, también puede crear nuevos

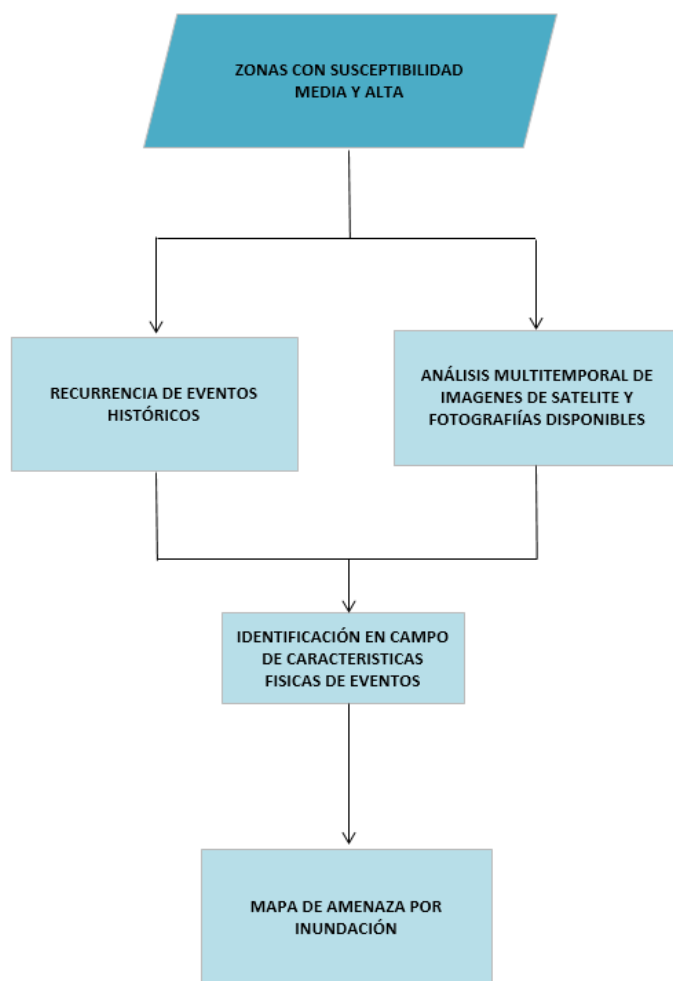
canales de escurrimiento. Los restos flotantes arrastrados pueden acumularse en una obstrucción o represamiento restringiendo el flujo y provocando inundaciones agua arriba del mismo, pero cuando la corriente rompe la represión, la inundación se produce aguas abajo. (IDEAM).

A partir de lo anterior y teniendo en cuenta las áreas delimitadas con susceptibilidad media y alta, se realizó la evaluación de las áreas que posiblemente se vean afectadas por inundaciones lentas en la Cuenca del Río Guatapurí.

7.3.3.6.1 Metodología Empleada para la Zonificación de la Amenaza

Se presenta a continuación una síntesis del método (**Figura 7.13**) para la zonificación de áreas de amenaza por inundaciones:

Figura 7.13. Esquema metodológico para la obtención de la amenaza por inundaciones.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Con los datos de recurrencia de eventos, análisis geomorfológico, análisis de eventos detonantes y análisis multitemporal de las imágenes disponibles se genera la información para obtener la amenaza por inundación (Ver **Figura 7.13**)

7.3.3.6.1.1 Recurrencia de Eventos Históricos

Las inundaciones han representado históricamente un gran impacto al interior de la cuenca, se discriminan según su cronología de ocurrencia y se delimitan las zonas afectadas por eventos de inundación, es decir, eventos ocurridos entre 0 y 15 años, se denomina amenaza alta, entre 15 y 50 años, amenaza media y más de 50 años se clasifica como amenaza baja. En la **Tabla 7.42** se presenta la relación de los eventos de inundación para la Cuenca del Río Guatapurí, cuando no existe ningún evento estas zonas se determinan como áreas de amenaza baja.

De acuerdo con la validación de eventos históricos, en referencia al evento de inundaciones para la cuenca se identificaron 37 eventos que afectan principalmente la parte baja de la Cuenca del Río Guatapurí, en las zonas aledañas al río Guatapurí, por el casco urbano del municipio de Valledupar y en la vereda El Jabo, del corregimiento de Guacoche. (Ver **Anexo 7.1**).

Tabla 7.42. Resumen de los eventos de inundación en la Cuenca del Río Guatapurí

MUNICIPIO	CORREGIMIENTO	LOCALIDAD	NUMERO DE EVENTOS	TIEMPO DE OCURRENCIA
Valledupar	Casco Urbano Valledupar	Barrios Pescaito, Zapato en mano, 11 de noviembre, Catarrana, Paraiso, 9 de marzo, Galán, Las Mercedes, La Victoria, La Roca, 5 de enero, Bello Horizonte, La Nevada, el Futuro de los Niños, Villa Castro, Universidad Popular del Cesar	8	0-15 años
		Barrios Pescaito, Zapato en mano, 11 de noviembre, Catarrana, El Paraiso y Universidad Popular del Cesar.	8	15-50 años
	Guacoche	Vereda El Jabo (Finca Rudaca, Finca La Pedregosa, Finca Techo Verde, Arroyo La Canoa)	6	0-15 años
		Vereda El Jabo (Arroyo La Canoa)	1	>50 años
	Sabana Crespo	La Cimarronera, la Pelea del Diablo, Macancana	5	0-15 años
		Cerro Yugaka, sector de Platanito	3	15-50 años
	Guatapurí	Guatapurí	2	0-15 años
	Chemesquemena	Chemesquemena	1	0-15 años
		Chemesquemena	2	15-50 años

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Dentro de la información de los eventos es necesario contar con la información atributiva adicional como el tipo y la magnitud de la inundación, altura de la lámina, los daños ocasionados, la extensión de la inundación, el número de personas afectadas, etc. En ese sentido, pese a que en el componente de hidrología se realizaron análisis de frecuencia y calidad de datos hidrológicos que determinaron periodos de retorno que van desde los 2 a los 500 años, estos serán inutilizados en la zonificación de amenaza por inundación, debido

a la escasez de información batimétrica de detalle que impide un adecuado modelamiento hidráulico de ríos. También se presenta la imposibilidad de construir análisis probabilísticos de eventos ya que *“éstos se encuentran intrínsecamente relacionados con la fecha de ocurrencia de eventos extremos máximos de caudales o niveles para los períodos de retorno mencionados, bajo los cuales se presumen problemas de inundación”* (Corpocesar, 2017. p.1707). Bajo ese escenario, se hace necesario el análisis de la información a través de métodos heurísticos definidos por la Guía Técnica y el Protocolo.

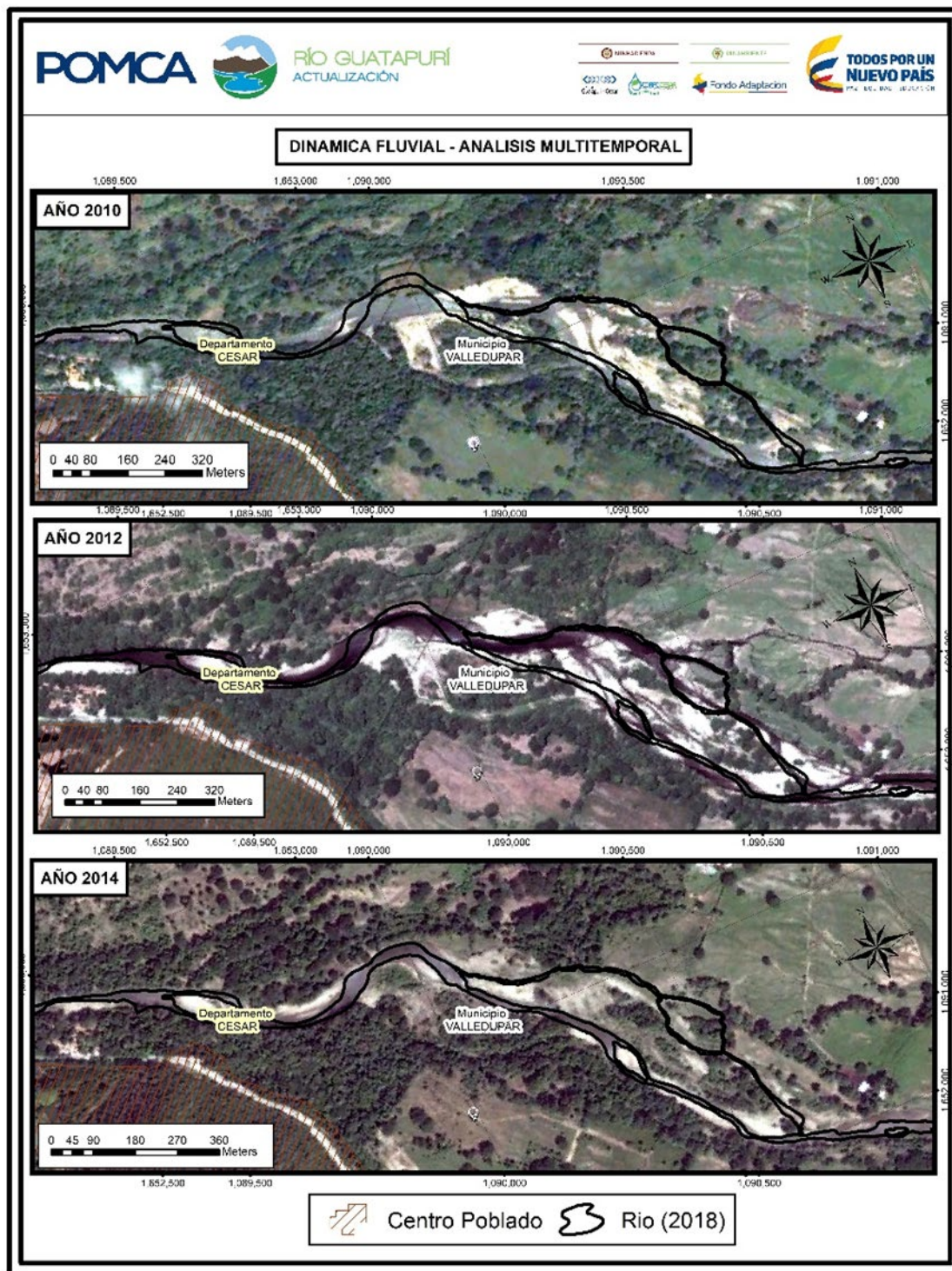
7.3.3.6.1.2 Análisis multitemporal de imágenes satelitales

Dentro del sistema natural se habla de la dinámica fluvial de la Cuenca del Río Guatapurí, en referencia a los complejos activos de sistemas fluviales como las migraciones, cambios de trazado de cauces, orillas erosionadas o con depósitos sedimentarios, tanto en la parte espacial como en la evolución temporal. El río de la cuenca es dinámico y varía en función de los procesos hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos, como se pudo apreciar en el análisis multitemporal de imágenes satelitales entre los años 2010 y 2017, comparándolos con el cauce actual (2018).

Se analizó principalmente en la zona comprendida entre el puente Hurtado y las lagunas de oxidación de Tarullal, donde se evidencian principalmente los procesos de divagación de corrientes del río. Se revisaron principalmente 3 tramos (Tramo 1- Sector balneario de Hurtado, Tramo 2 – Sector Barrios Comuna 1 y 2, Tramo 3 – Sector Laguna de oxidación El Tarullal).

Para el Tramo 1 – Sector balneario de Hurtado se han registrado cambios relevantes en las fotografías aéreas de 2010, 2012 y 2014. En esta zona muestran una migración del trazado del cauce, también acortándose este drenaje (Ver Mapa 7.36).

Mapa 7.36 Dinámica fluvial río Guatapurí en el sector balneario de Hurtado (2010-2012-2014)

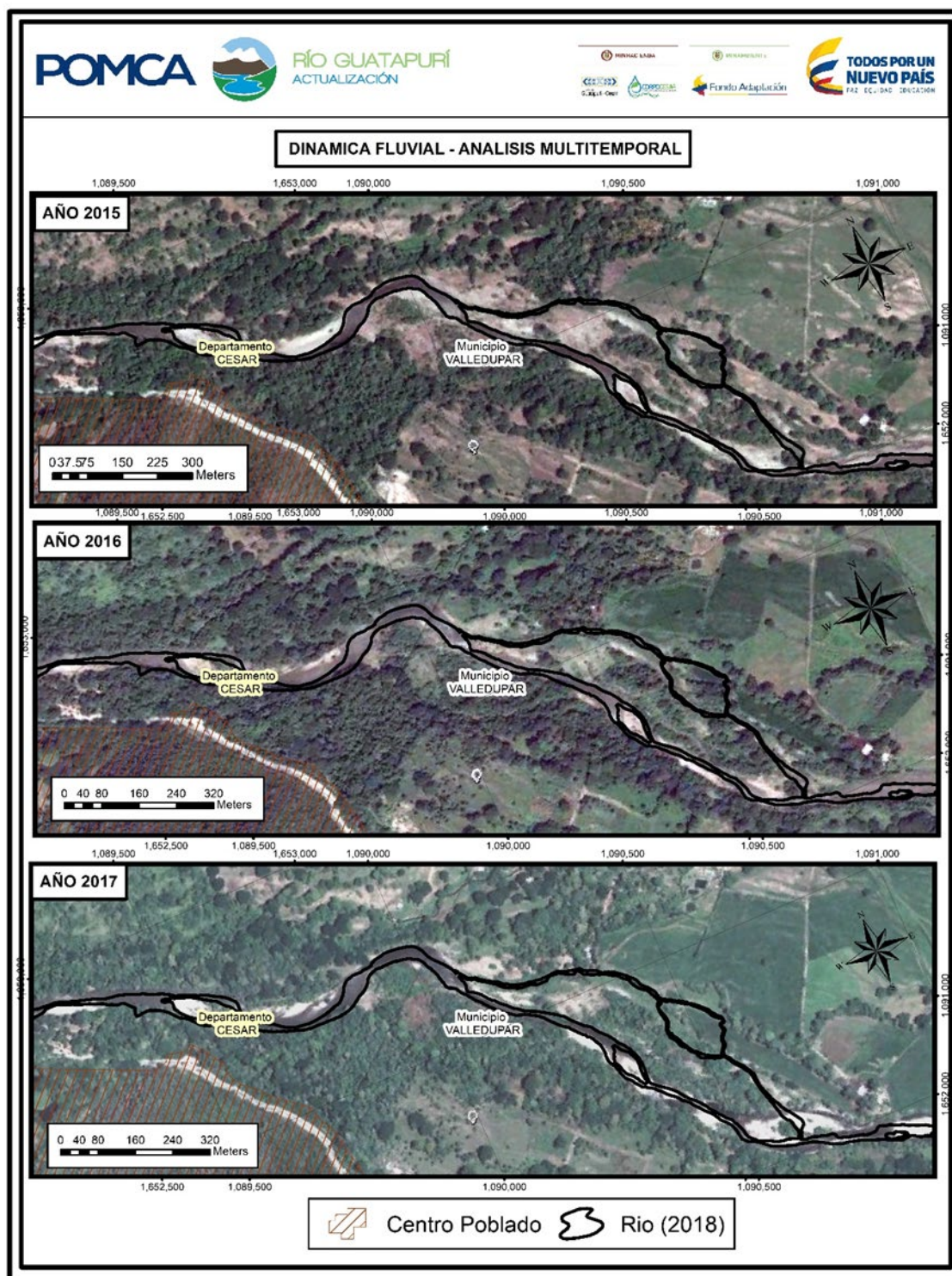


Fuente: Tomado y modificado de Google Earth.

En las imágenes entre los años 2015 y 2017 se observa como en esta zona se ha anegado en algunos sectores, que después se cubrieron con cobertura vegetal para el 2017 (Ver Mapa 7.37).

En el río Guatapurí la dinámica fluvial actúa de manera similar, dejando huella de sus cambios en los niveles a través de los años. Las amenazas más frecuentes son las inundaciones en las comunas 1 y 2, pertenecientes al área urbana del municipio dentro de la Cuenca. En la comuna 1 las inundaciones son recurrentes por encontrarse en la margen derecha del río Guatapurí, afectando fundamentalmente los barrios Paraíso, Pescaito, Nueve de Marzo, Once de Noviembre y Nueva Colombia.

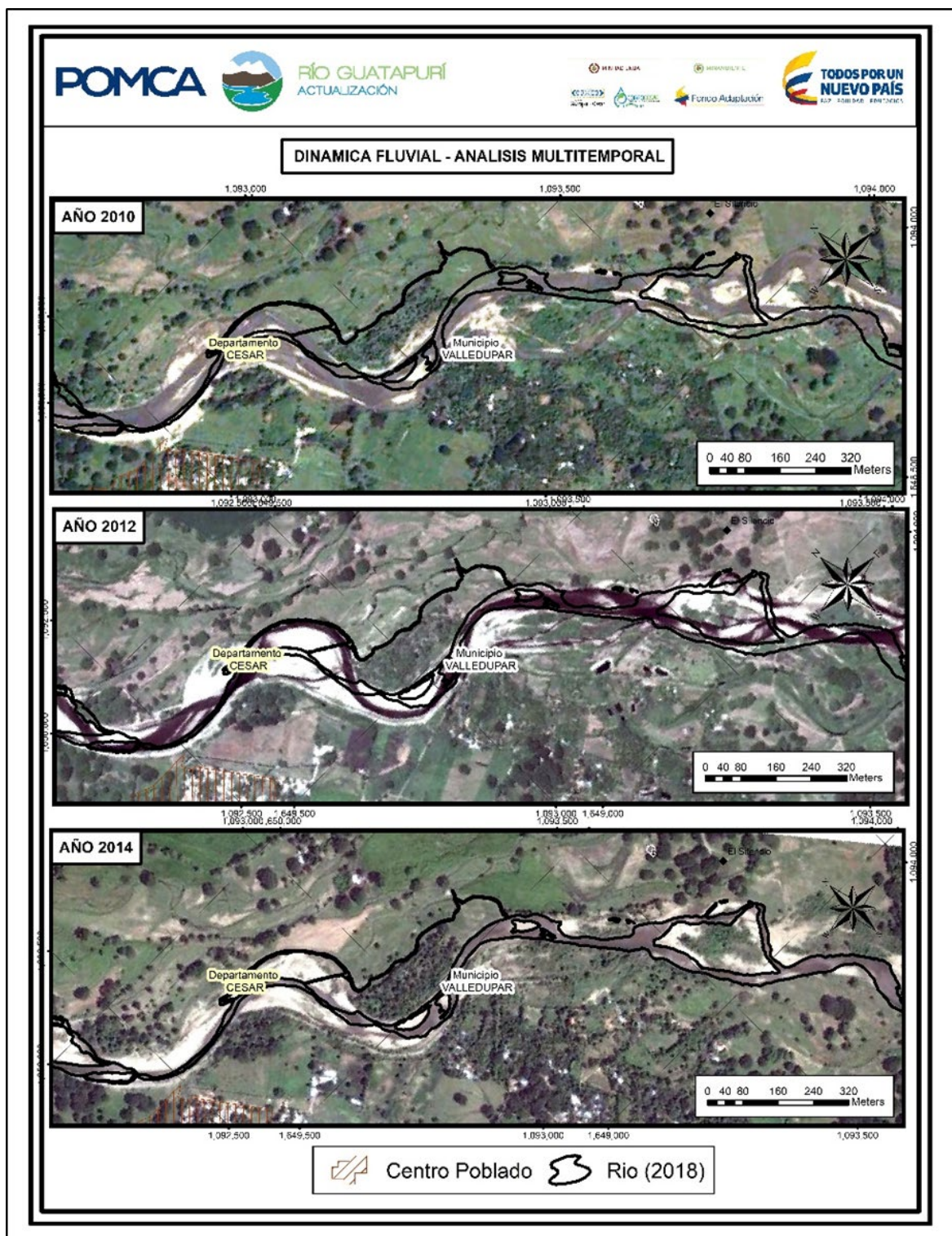
Mapa 7.37 Dinámica fluvial río Guatapurí en el sector balneario de Hurtado (2015-2016-2017)



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth.

En la dinámica fluvial se observa que para el año 2010 presenta mayor socavación en las zonas aledañas a la comuna 1, debido a régimen alto en estas épocas, para el 2012 se encuentra gran parte de sedimentación como efecto del fenómeno del niño para esa época. En el 2014 se observan generación de barras de puntos o longitudinales, como efecto del cambio de la dinámica (Ver Mapa 7.38).

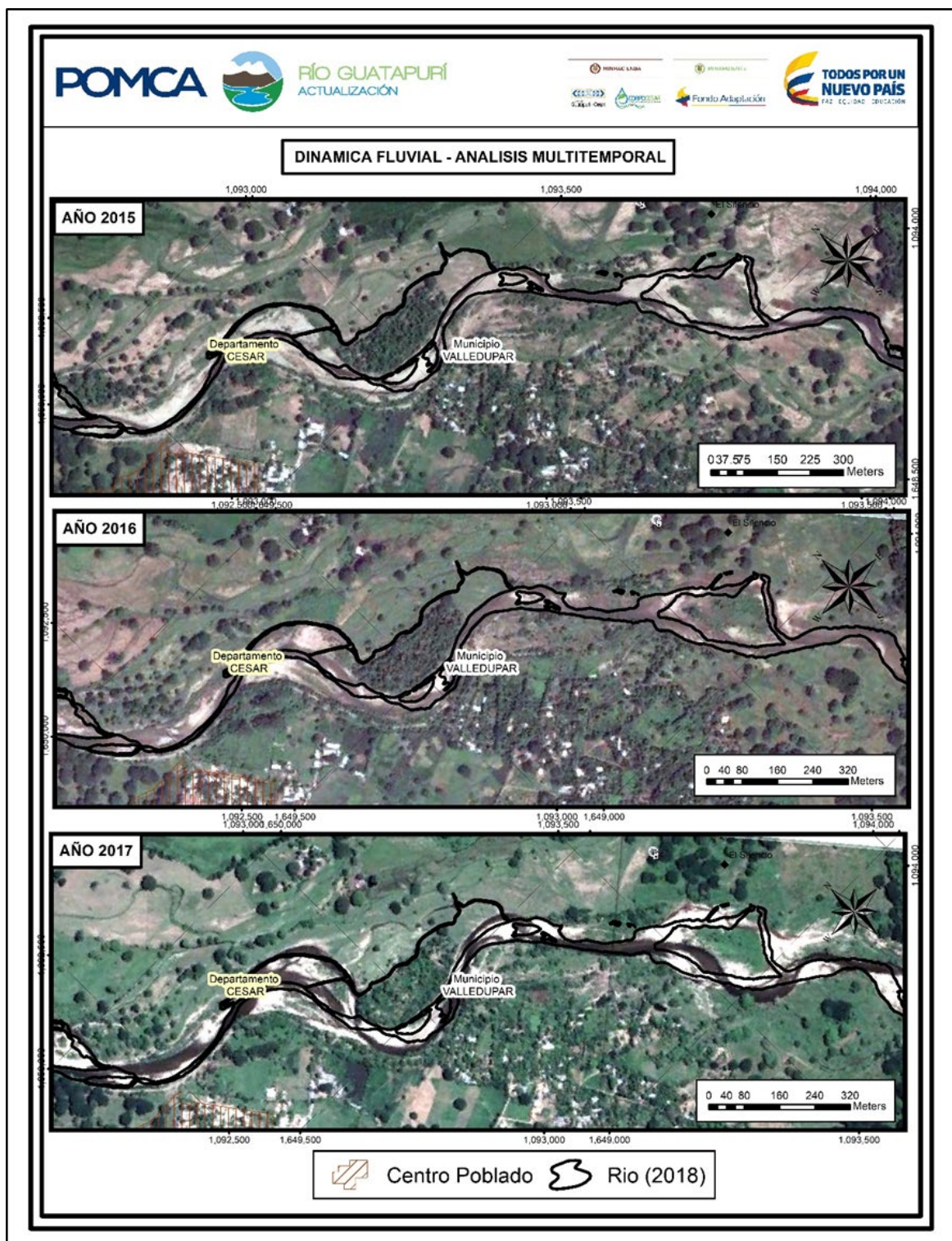
Mapa 7.38 Dinámica fluvial río Guatapurí cercano a la zona de las comunas 1 y 2 (2010-2012-2014)



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth.

Entre los años 2015 y 2017 se observa un aumento de cobertura vegetal para el año 2017, sin embargo, hay vestigios de su dinámica con la evidencia de barras longitudinales en los años 2015 y 2016 (Ver Mapa 7.39)

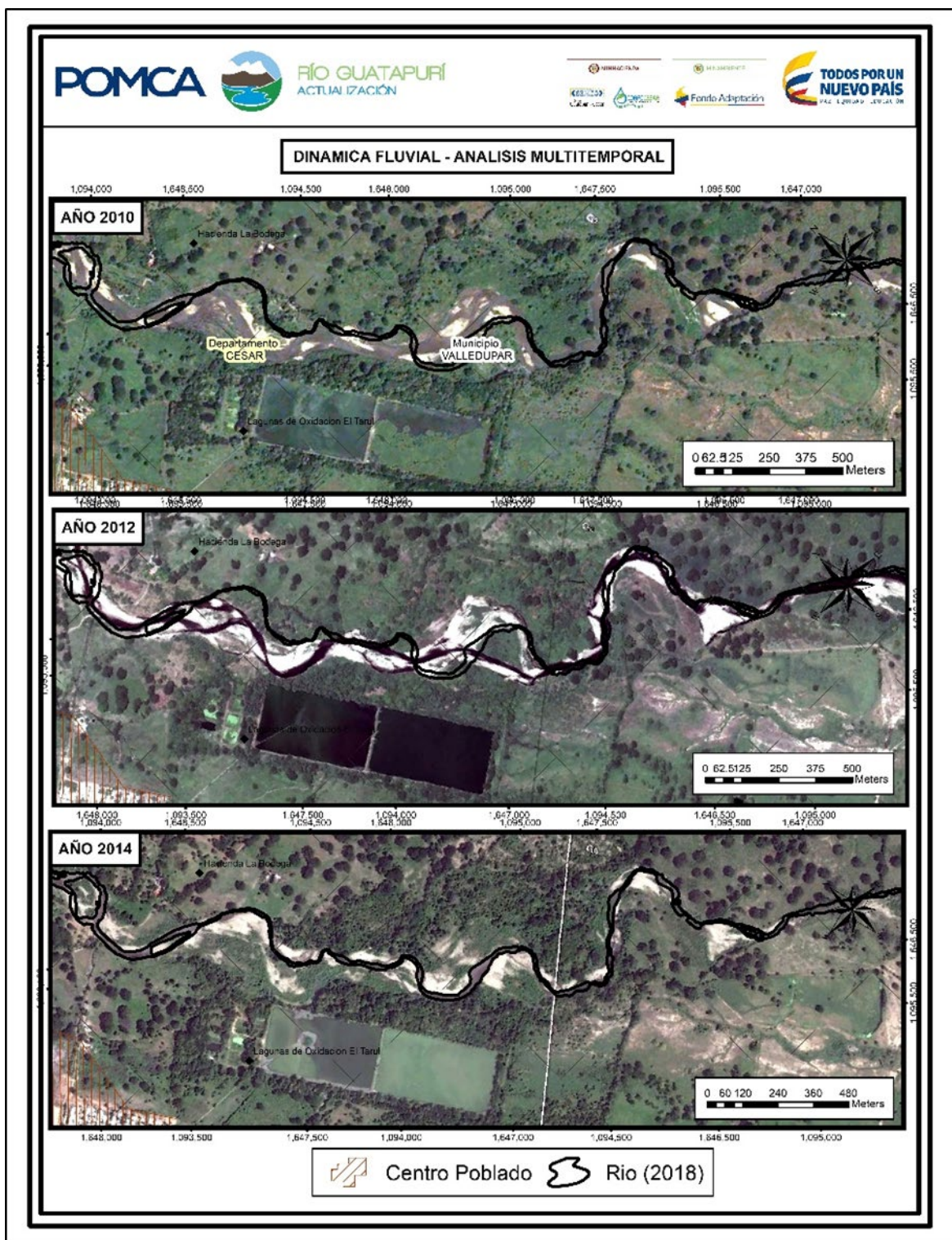
Mapa 7.39 Dinámica fluvial río Guatapurí cercano a la zona de las comunas 1 y 2 (2015-2016-2017)



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth.

En el tramo 3 – Lagunas de oxidación El Tarullal se observan 2 zonas, donde se han presentado la divagación de cauces, generando geoformas asociadas como meandros abandonados y barras compuestas. (ver Mapa 7.40)

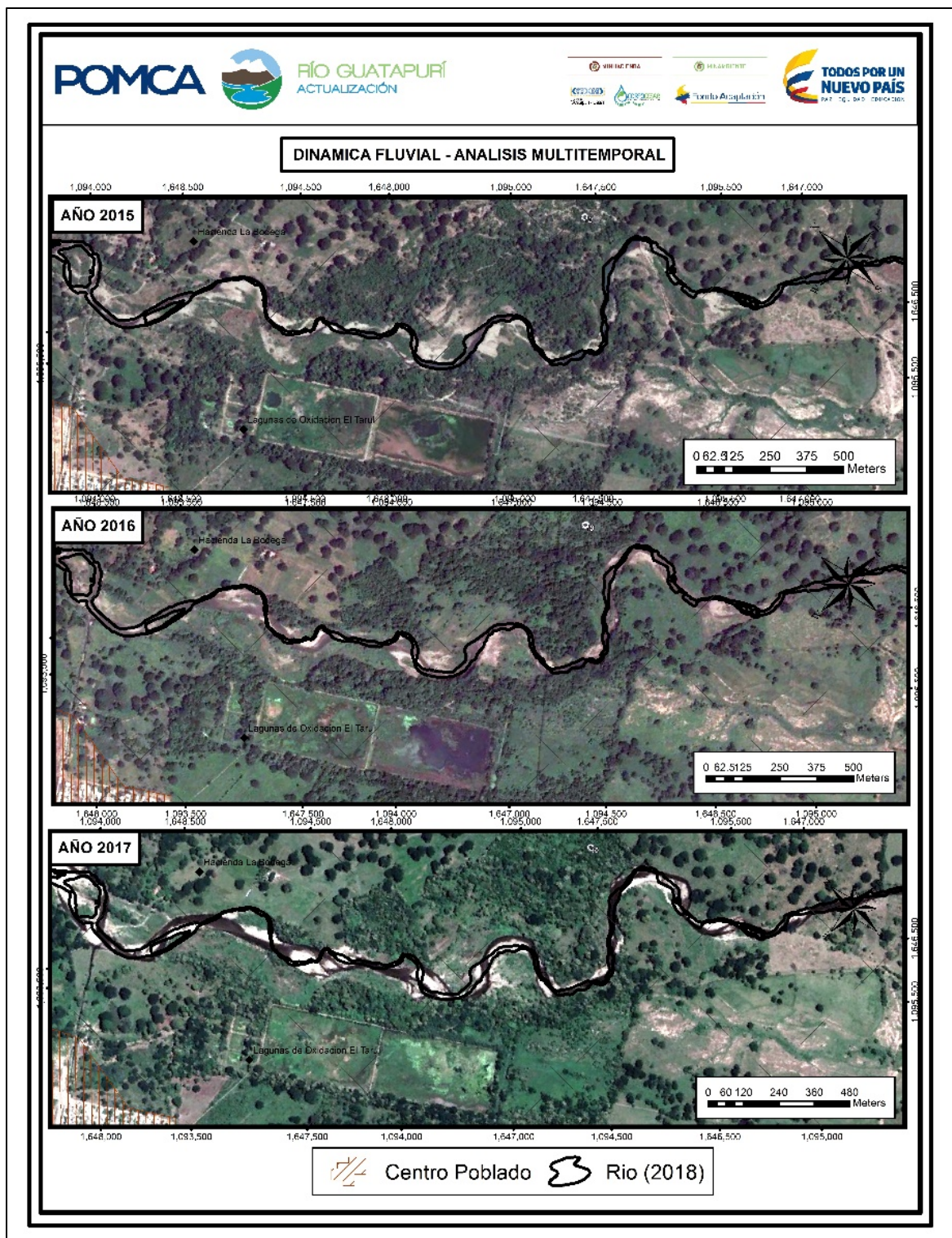
Mapa 7.40 Dinámica fluvial río Guatapurí en el sector de Lagunas de Tarullal (2010-2012-2014)



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth.

Se observa menor divagación del cauce entre los años 2015-2017 para esta zona (Ver Mapa 7.41)

Mapa 7.41 Dinámica fluvial río Guatapurí en el sector de Lagunas de oxidación El Tarullal (2015-2016-2017)



Fuente: Tomado y modificado de Google Earth.

7.3.3.6.1.3 Identificación en campo de características físicas de eventos

Durante la etapa de campo se realizó el trabajo de identificación de zonas susceptibles a inundaciones, geoformas asociadas y posible ocurrencia de estos eventos, que se pueda recoger por parte de los pobladores de la zona (**Ver Anexo 7.2**).

Identificación en Campo

La siguiente es una lista de las actividades que se desarrollaron en la fase de campo.

- Reconocimiento general del área de trabajo
- Ubicación de los puntos definidos a partir de la fotointerpretación de salidas geomorfológicas preliminares, identificación de geoformas y caracterización de cada una.
- Identificación de rasgos característicos y físicos que den cuenta de eventos de inundaciones.

Se visitaron los centros poblados que son y han sido afectados por eventos de inundación, con el fin de realizar encuestas a los residentes del sitio; a su vez, el equipo de trabajo definido tuvo la función de identificar, caracterizar y validar las geoformas observadas en campo, en contraste con las salidas cartográficas generadas mediante fotointerpretación.

Fotografía 7.8. Geoforma de terrazas de acumulación antigua en el corregimiento de Chemesquemena. Coordenada: E: 1073838, N: 1676019.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En la parte alta de la Cuenca del Río Guatapurí, en las zonas aledañas a los centros poblados de Guatapurí y Chemesquemena se observaron geoformas fluviales, como terrazas de acumulación antigua que generan susceptibilidad a inundaciones, que por su ubicación en caso de crecientes cumpliría más con eventos torrenciales. Se observaron

cantos rodados de origen ígneo, de formas subangulares a angulares, de grandes tamaños (generalmente < 50 cm), denotando su poco recorrido desde la roca fuente. (Ver **Fotografía 7.8**).

Para el sector medio de la cuenca, por el corregimiento de Sabana Crespo se observó generalmente el río encañonado, con escasas zonas de depositación, y con cantos rodados, subredondeados y algunos subangulares de mayor tamaño. El centro poblado de Sabana Crespo está localizado en una cota muy por encima de la cota de inundación evidenciada en campo para el sector del río Ariguaní. (Ver **Fotografía 7.9**).

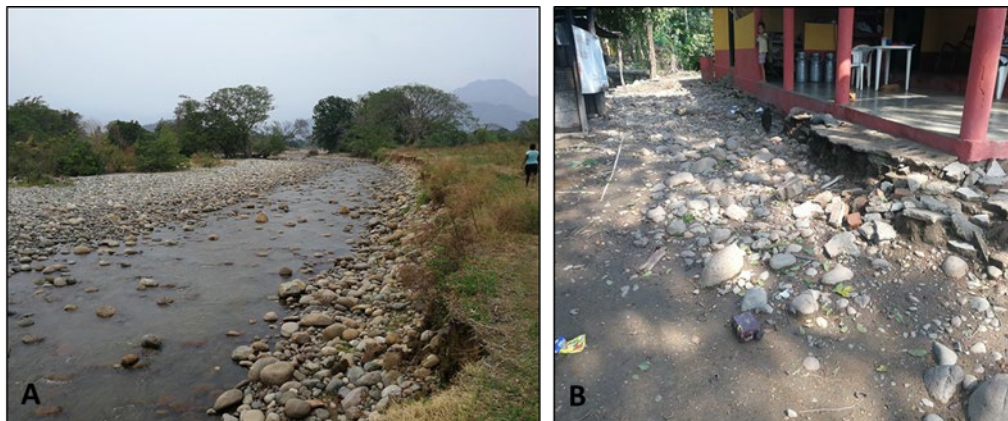
Fotografía 7.9. Sabana Crespo. A. Se observan cantos rodados subangulares de gran tamaño B. El río Guatapurí sin zonas de depositación por morfología abrupta.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Las características asociadas a inundación en la parte baja de la cuenca, en la vereda El Jabo del corregimiento de Guacoche, se encuentra tanto en las zonas aledañas al río Guatapurí, como a la quebrada Canoas, en donde se han presentado recurrentemente eventos de inundación como en la finca Rudaca y la finca El Rosario, en donde se observaron vestigios de procesos morfodinámicos como la socavación del río Guatapurí y la quebrada Canoas (Ver **Fotografía 7.10**).

Fotografía 7.10. A. Socavación del río Guatapurí en la Finca Rudaca. Coordenadas (E: 1090764, N: 1651509). B. Socavación de la quebrada Canoas, en la finca La Pedregosa. Coordenadas (E: 1092852, N: 1651542).



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En la quebrada Canoas, dentro de la finca El Rosario se observan unos gaviones, como obra de mitigación, debido a eventos de inundación ocurridos en la zona y también se presentan vías inundadas por el desbordamiento de esta misma quebrada. (Ver **Fotografía 7.11**)

Fotografía 7.11. Quebrada Canoas, sector El Jabo. A. Obra de mitigación con gaviones. B Inundación en vía del sector El Jabo.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

En la **Fotografía 7.11** el área se encuentra inundada sobre la llanura aluvial de la quebrada Canoas, conformada por sedimentos finos. La geología en la vereda El Jabo corresponde a depósitos de llanura aluvial, los cuales se componen de materiales arrastrados y depositados por la acción del bajo régimen de energía el cual lleva partículas en suspensión, dejando precipitar los materiales más finos.

Encuestas a la Comunidad

Los eventos activos amenazantes, son sucesos que se obtienen a partir del inventario de puntos afectados en campo. La interacción con la comunidad mediante encuestas puede dar información acerca de eventos de inundaciones pasadas. Es por ello, que una de las

principales actividades en esta metodología hace referencia al acercamiento a las personas que residen en zonas estratégicas, definidas posteriormente en la Cuenca del Río Guatapurí.

El equipo de trabajo de campo se encargó de realizar encuestas que sirvan como evidencia de la ocurrencia de eventos de inundaciones, con base al registro de opiniones de la gente. (Ver **Anexo 7.4**).

El objeto de las encuestas es datar cada uno de los eventos ocurridos en la zona, con su respectiva fecha de ocurrencia (tan aproximada como sea posible), su área de afectación, magnitud y efectos. Además de ello, se evalúa la fiabilidad y calidad de la información suministrada por el encuestado.

Las encuestas a la comunidad constituyen entonces el insumo base para el fin previsto; es decir, para la especialización de eventos de amenaza por inundación, representados en tipología poligonal.

Fotografía 7.12. Diagnostico participativo mediante encuestas con la comunidad del sector El Jabo. Coordenadas (E: 1092267 N: 1651381) y en el corregimiento de Chemesquemena. Coordenadas (E: 1073945 N: 1676326).



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Para la Cuenca del Río Guatapurí se realizó un total de 155 encuestas, donde por inundaciones se identificaron 37 eventos que afectan la parte baja de la Cuenca del Río Guatapurí, principalmente el casco urbano del municipio de Valledupar (Comuna 1) y el corregimiento de Sabana Crespo. De los cuales 29 fueron eventos productos del diagnóstico participativo.

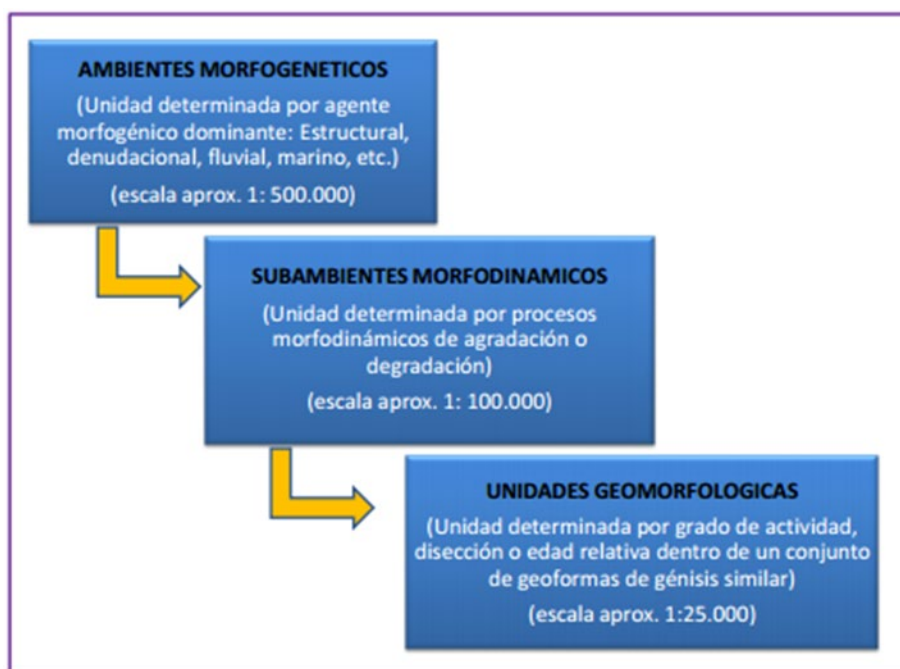
De acuerdo al diagnóstico participativo, las inundaciones son el evento que más se presenta en la Cuenca del Río Guatapurí, siendo el casco urbano de Valledupar el lugar con mayor ocurrencia, debido al desbordamiento del río Guatapurí, afectando reiteradamente los barrios de la Comuna 1.

7.3.3.6.2 Verificación y Validación de Geoformas

La información cartográfica generada en oficina se valida con la información en campo, para con estos datos generar la validación cartográfica de unidades geomorfológicas asociadas a procesos de inundación en la cuenca de estudio.

Se plantean algunos principios básicos que deben seguirse para el cumplimiento de actividades de campo orientadas a la verificación de las unidades geomorfológicas. Entre ellas, se propone una clasificación jerarquizada, que parte de ambientes morfogenéticos básicos, con subniveles morfodinámicos y cronológicos para los niveles de mayor detalle conceptual. (Ver **Figura 7.14**).

Figura 7.14. Jerarquización morfogenética.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Se describen los sistemas de terreno que tengan incidencia en el área, con énfasis en el paisaje de valle en donde se consideran las subunidades geomorfológicas y los procesos morfodinámicos relacionados con eventos amenazantes de inundación.

Posterior a la jerarquización morfogenética, se debe realizar observaciones de campo, orientadas a determinar rangos de pendientes y a identificar depósitos y procesos erosivos, que sean característicos de las geoformas de estudio.

7.3.3.6.3 Generación del Mapa de Amenaza por Inundaciones

Teniendo en cuenta los anteriores análisis y de la sistematización de las encuestas realizadas a la comunidad, se estableció la definición de las categorías de amenaza considerando los siguientes criterios de la **Tabla 7.43**.

Tabla 7.43. Zonificación de amenaza por inundaciones.

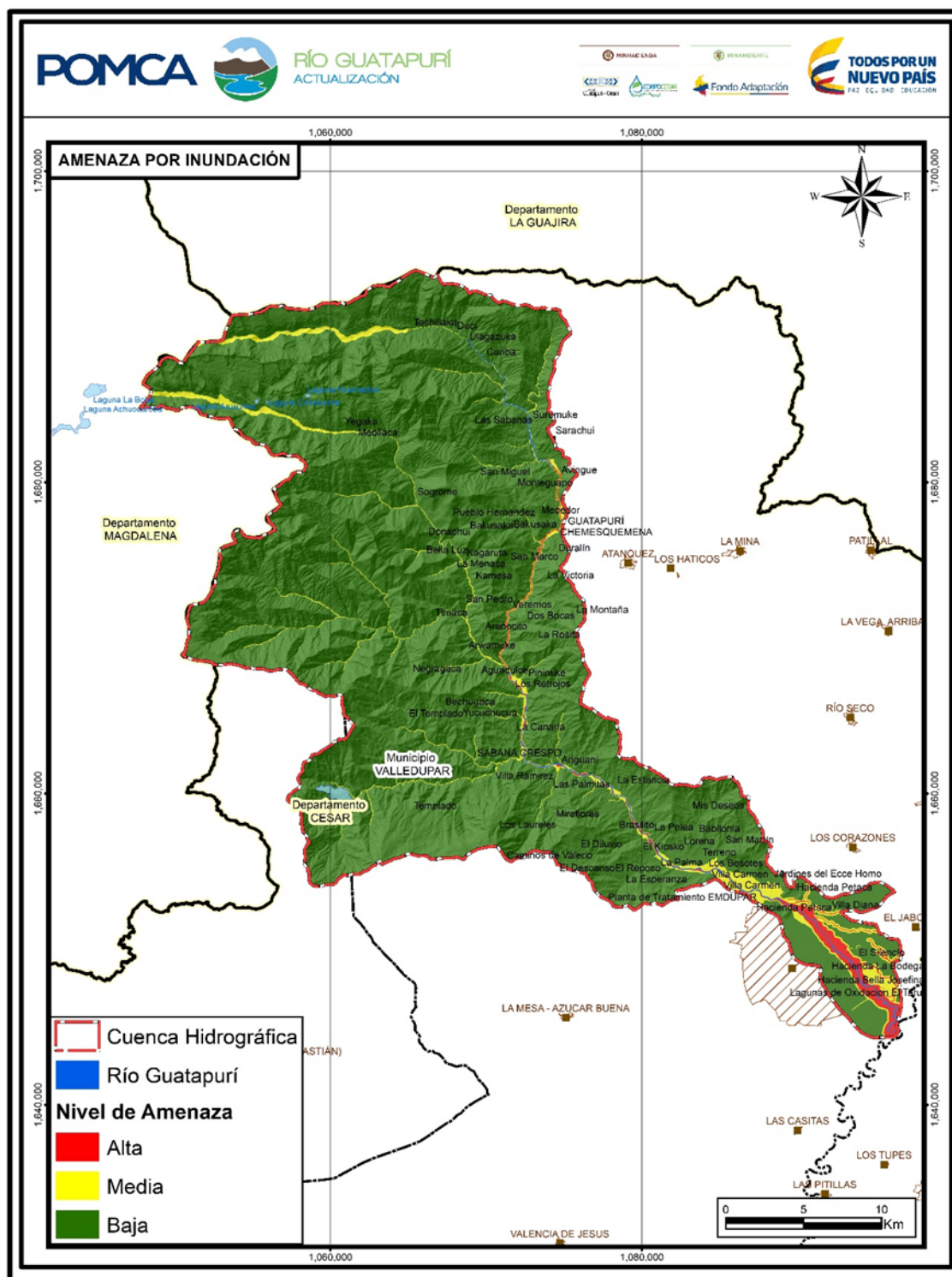
ZONIFICACIÓN DE AMENAZA	SUSCEPTIBILIDAD	EVENTOS HISTÓRICOS	ANÁLISIS MULTITEMPORAL
Amenaza Alta	Susceptibilidad Alta / Susceptibilidad Media	Eventos históricos entre 0 -15 años.	Evidencias de inundaciones recientes, actividad fluvial reiterada.

ZONIFICACIÓN DE AMENAZA	SUSCEPTIBILIDAD	EVENTOS HISTÓRICOS	ANÁLISIS MULTITEMPORAL
Amenaza Media	Susceptibilidad Alta / Susceptibilidad Media	Eventos históricos entre 15 – 50 años.	Cambios en los cauces de los drenajes dando lugar a procesos de ahorcamiento y abandono.
Amenaza Baja	Susceptibilidad Baja	Eventos históricos mayor 50 años.	Áreas sin afectación por la dinámica del cauce.

Fuente: Adaptado y modificado del protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Bogotá D.C., 2014.

A partir del análisis de susceptibilidad, eventos históricos de inundación e imágenes disponibles, se realizó la zonificación de la amenaza por inundación en la Cuenca del Río Guatapurí, de acuerdo con la salida cartográfica geomorfológica basada en el método de Carvajal (2011), como se muestra en el Mapa 7.42.

Mapa 7.42 amenaza por inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí de acuerdo con la salida cartográfica geomorfológica basada en Carvajal (2011).

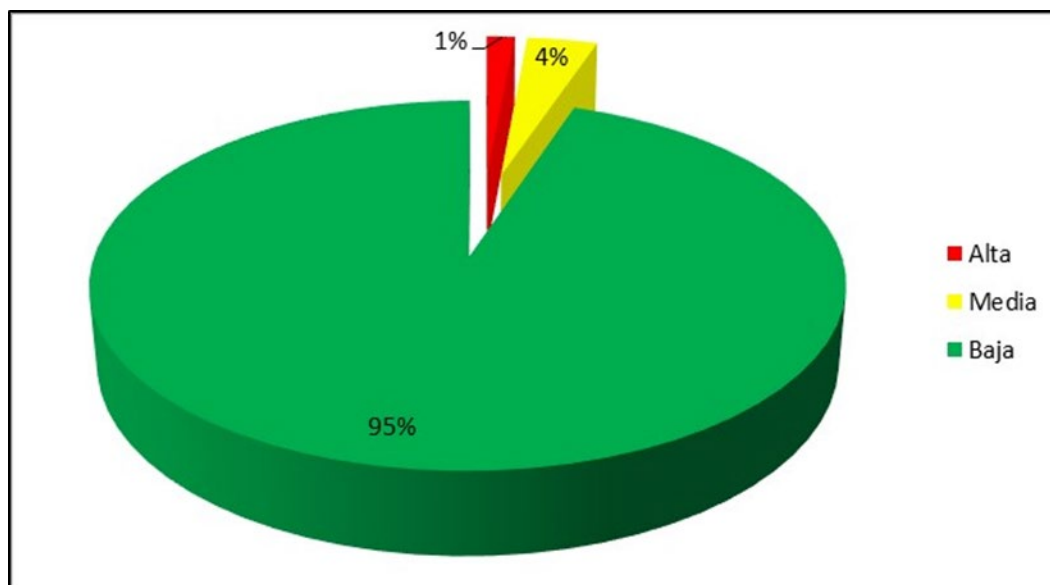


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.3.3.6.4 Análisis de Resultados

La Cuenca del Río Guatapurí presenta un área total de 88987,97 ha, de la cual el 1,48% del territorio de la cuenca presenta amenaza por inundación alta, donde predominan las pendientes bajas y las geoformas asociadas a la inundación como: planos de inundación, terrazas bajas, meandros abandonados, divagación de cauce aluvial, complejo de orillales, barras compuestas, barras longitudinales y barras puntuales. La cuenca que se ve afectada principalmente en las zonas de planicie de inundación a un costado del río Guatapurí entre el puente Hurtado y las lagunas de aguas residuales El Tarullal (Ver Gráfica 7.42), donde el cauce del río divaga, evidenciándose cambios continuos en su morfología. Estas zonas están asociadas a los depósitos cuaternarios y se presentan principalmente registros de eventos de inundación entre 0 y 15 años.

Gráfica 7.42 Porcentaje de cada nivel de amenaza por inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí

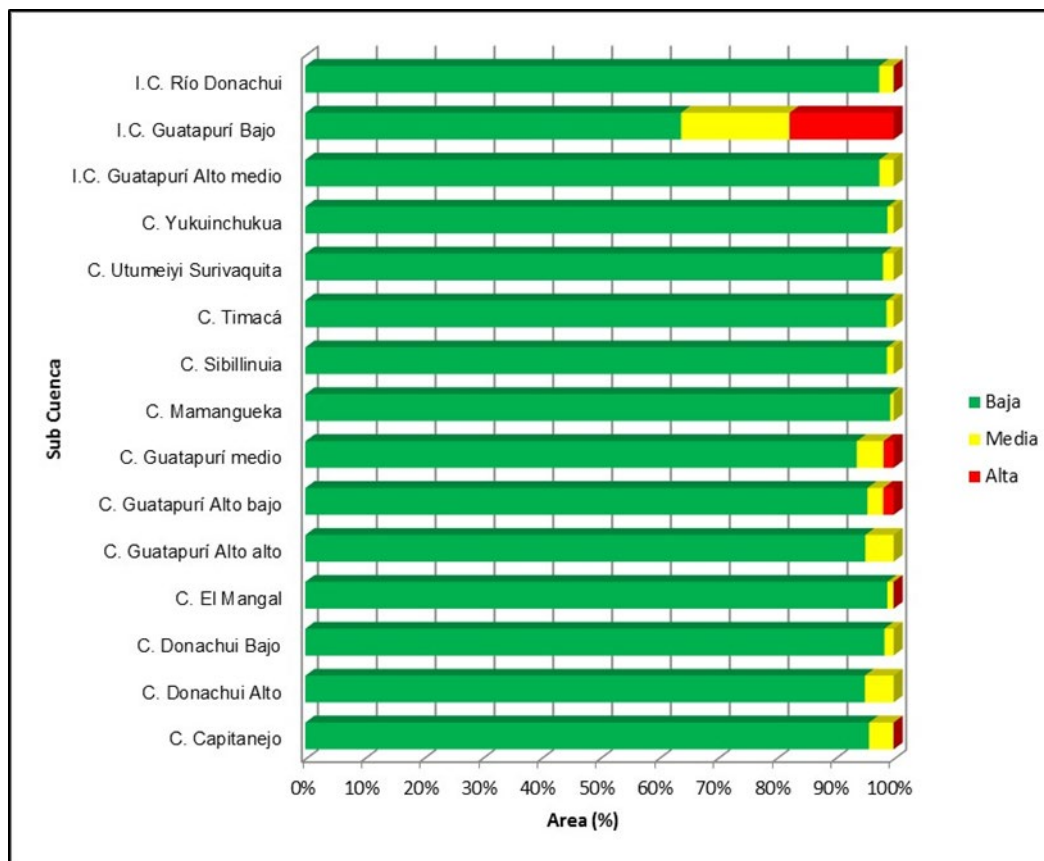


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Los niveles de amenaza por inundación media se encuentran distribuidos en un 3.67% de la cuenca de estudio. La mayor parte de este nivel se localiza en la parte alta y media de la cuenca y hacia la zona baja de la cuenca en los costados de las zonas de planicies de inundación. Se encuentran asociados principalmente a las geoformas fluviales de terrazas de acumulación antiguas (Medias y/o Altas) y abanicos aluviales. En el casco urbano de Valledupar en las zonas antrópicas de la Comuna 1 donde históricamente se han presentado eventos, generalmente entre los 15 y 50 años.

Los niveles de amenaza por inundación baja se encuentra en un 94.85% de la zona de estudio (Gráfica 7.43), asociadas principalmente a geoformas no deposicionales, con pendientes moderadas a altas, drenajes encañonados y cuyas rocas competentes son generalmente de origen ígneo y metamórfico; también en las áreas del casco urbano de Valledupar, donde históricamente no han presentado inundación. Estas áreas no presentan registros de eventos de inundación.

Gráfica 7.43 Porcentajes de amenaza por subcuencas de la Cuenca del Río Guatapurí



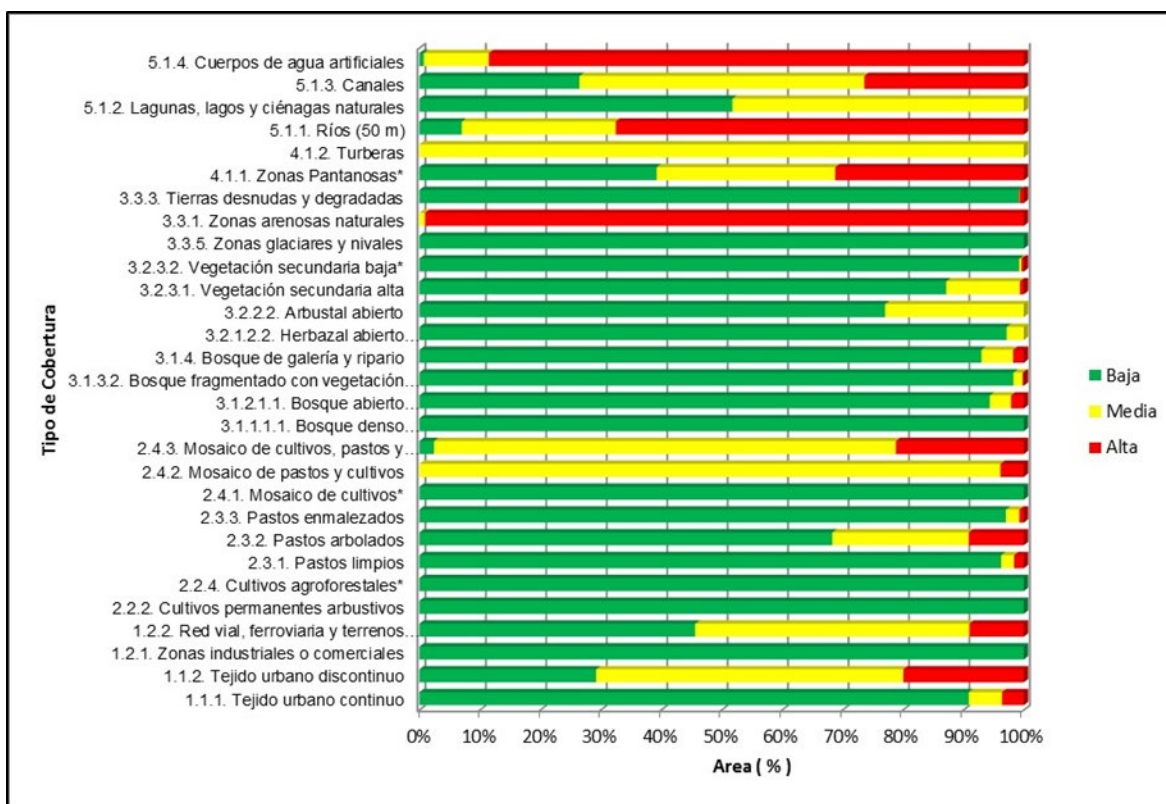
Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

A nivel de subcuenca, se observa que las subcuencas Guatapurí Bajo, Guatapurí Medio, Guatapurí Alto Bajo, Capitanejo, El Mangal y Río Donachui que representan el 100% de amenaza alta y 64,81 de amenaza media por inundación, esto es debido a que se encuentran en las zonas planas y cercanas al río Guatapurí, las cuales son las más susceptibles a ser afectadas en caso de darse un evento de inundación.

Por otro lado, las demás subcuencas son las que presentan la amenaza más baja, ya que en estas domina una topografía montañosa, que funciona como barrera evitando o disminuyendo la generación de inundaciones lentas y su propagación.

Con respecto a la amenaza por coberturas de la Cuenca del Río Guatapurí, se observa mayor porcentaje de amenaza alta en las zonas arenosas naturales y zonas pantanosas (ver Gráfica 7.44), debido a que sus áreas planas de inundación están asociadas a este tipo de coberturas.

Gráfica 7.44 Porcentajes de amenaza por coberturas de la Cuenca del Río Guatapurí



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.3.4 Avenidas Torrenciales

Las avenidas torrenciales generalmente se presentan en zonas montañosas, escarpadas y de piedemonte, en donde se configuren notorios cambios de la pendiente del cauce. En Colombia las regiones más propensas sufrir este fenómeno se hallan en la región Andina, en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) y en la parte media del Piedemonte Llanero. A nivel más local, la torrencialidad es común en frentes donde predomina la erosión sobre la sedimentación, en cañones en “V” y morfologías que configuren relieves abruptos.

De acuerdo con UNAL, 2013 algunos de los principales factores que favorecen la ocurrencia de las avenidas torrenciales es la forma y la geomorfología de la cuenca, teniendo que este fenómeno se genera en general en cuencas con formas circulares las cuales presentan mayores posibilidades de generar avenidas torrenciales que cuencas alargadas.

La amenaza por avenidas torrenciales se generará a partir de la información temática que se realiza al generar el cruce del análisis de la presencia y/o recurrencia de eventos históricos, análisis geomorfológico, análisis de eventos detonantes, procesos morfodinámicos, coberturas vegetales dispuestas en la cuenca y por último el análisis multitemporal de imágenes disponibles.

7.3.4.1 Resumen

Las avenidas torrenciales son crecientes súbitos ocasionados generalmente por lluvias severas, y que por las condiciones geomorfológicas de la cuenca está compuesta por un

flujo de agua con alto contenido de materiales de arrastre, con un gran potencial destructivo, debido a su alta velocidad y abarca generalmente una limitada extensión de área. Son uno de los tipos más comunes de amenazas y son extremadamente peligrosas debido a su naturaleza rápida. Sus características son: corta duración, pequeña extensión de área de influencia, alto caudal pico y flujo rápido generalmente causantes de daños importantes a la propiedad. Ocurren a causa de tormentas de alta intensidad, en áreas de fuertes pendientes en las cuencas y en donde hay cobertura vegetal pobre; se ven afectadas de manera importante cuando el índice de infiltración se reduce por tormentas previas. Se pueden subdividir de acuerdo con el material de arrastre de la corriente.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó la zonificación de la susceptibilidad ante eventos de avenidas torrenciales por tránsito y transporte de material, en donde se determinó que el 89% del área de la Cuenca del Río Guatapurí está en nivel de susceptibilidad bajo, mientras que el 8% está en condiciones de susceptibilidad medio y el 3% de la cuenca tiene una susceptibilidad alta a avenidas torrenciales. En cuanto a la amenaza por avenidas torrenciales, se determinó que el 96% del territorio se encuentra en amenaza baja y 3% amenaza media, y solo 1% presenta amenaza alta.

Para el análisis de las avenidas torrenciales dentro de la cuenca, se evaluaron los insumos requeridos, y se calcularon los índices necesarios, con el fin de realizar la zonificación de la susceptibilidad, la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad, riesgo, y la identificación de las necesidades de información para el avance en el conocimiento de este fenómeno natural en la Cuenca del Río Guatapurí.

7.3.4.2 Alcance

- Estimar el Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) de acuerdo con los lineamientos definidos por el IDEAM para la escala de trabajo (IDEAM, 2013), el cual tiene como entrada el Índice Morfométrico de Torrencialidad e Índice de Variabilidad.
- Analizar la cartografía geomorfológica basada en la metodología del Servicio Geológico Colombiano (Carvajal, 2011), considerando las subunidades, para establecer zonas susceptibles a eventos de avenidas torrenciales.
- A partir del Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET) y del análisis de la geomorfología, identificar y delimitar las zonas susceptibles de ser afectadas por avenidas torrenciales en la Cuenca del Río Guatapurí.
- Desarrollar el mapa de amenaza por avenidas torrenciales para la Cuenca del Río Guatapurí, a partir del análisis de ocurrencia de los eventos, procesos morfodinámicos, precipitación máxima con periodo de retorno de 100 años, pendientes, cobertura vegetal y unidades geológicas superficiales.

7.3.4.3 Herramientas e Insumos

- Modelo Digital de Terreno (MDT) - Pendientes.
- Mapa de coberturas vegetales según clasificación Corine Land Cover (escala 1:25.000).
- Mapa de geomorfología con criterios geomorfogenéticos (Carvajal, 2011), (escala 1:25.000).
- Salida cartográfica con procesos morfodinámicos de la Cuenca del Río Guatapurí.

- Mapa de Unidades Geológicas Superficiales (UGS), de la Cuenca del Río Guatapurí (escala 1:25.000).
- Precipitación máxima con un periodo de retorno de 100 años, para Cuenca del Río Guatapurí.

7.3.4.4 Evaluación y Zonificación de la Susceptibilidad por Avenidas Torrenciales

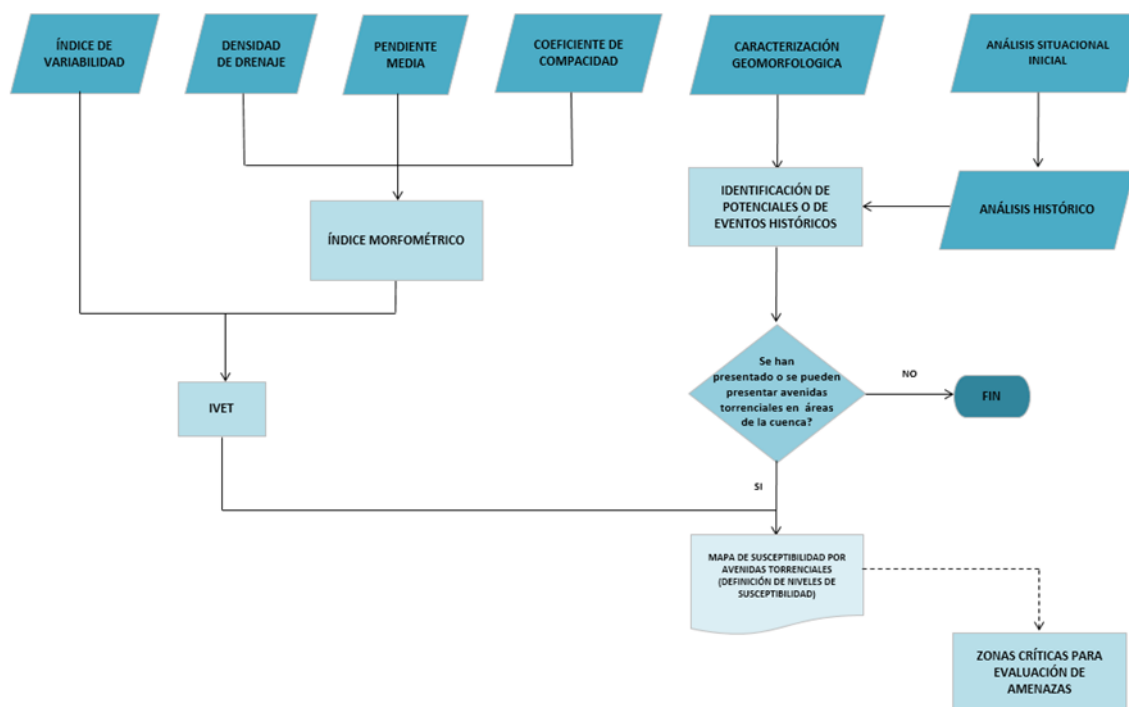
Las avenidas torrenciales son crecientes súbitos, ocasionadas por fenómenos hidrológicos extremos y en algunos casos sumado a erradas intervenciones antrópicas del territorio, estas crecientes han ocasionado grandes daños en el territorio nacional, lo que ha hecho que sea uno de los fenómenos priorizados a estudiar. El análisis de la susceptibilidad busca determinar las subcuencas hidrográficas que cuentan con las características morfométricas, hidráulicas e hidrológicas, para presentar avenidas torrenciales, a continuación, se detalla la metodología empleada:

7.3.4.4.1 Metodología Empleada para la Zonificación de la Susceptibilidad

Para llevar a cabalidad el desarrollo de los objetivos propuestos se ha desarrollado la metodología para la evaluación de la susceptibilidad, a partir del protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto.

A continuación, se presenta la propuesta metodológica para la evaluación de la susceptibilidad por avenidas torrenciales.

Figura 7.15. Esquema metodológico para la obtención de la susceptibilidad por avenidas torrenciales.



Fuente: Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto, Fondo Adaptación, 2014.

7.3.4.4.2 Índice Morfométrico de Torrencialidad

No existe manera cuantitativa alguna que permita definir con claridad la torrencialidad presente en una hoya de drenaje, por lo que se considera como una evaluación de carácter subjetivo, es decir, una valoración proporcional al conocimiento y experiencia del profesional que se encuentra a cargo del desarrollo del estudio.

De acuerdo con textos bibliográficos de énfasis morfométrico, existe una gran diversidad de parámetros lineales, es decir, de cauce, y de área y relieve aferente a las hoyas de drenaje, que pueden otorgar indicio del potencial de torrencialidad presente en una cuenca determinada.

Los parámetros morfométricos tenidos en cuenta son:

- Coeficiente de compacidad
- Densidad de drenaje
- Pendiente media de la cuenca

Las categorías asociadas a las diferentes combinaciones posibles entre los parámetros arriba mostrados inician desde Muy Baja a Muy Alta y estos son presentados en la **Tabla 7.44**.

Tabla 7.44. Relaciones entre variables para el Índice Morfométrico de Torrencialidad.

		PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA M						
		Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
		1	2	3	4	5		
DENSIDAD DE DRENAJE D	1	111	121	131	141	151	1	COEFICIENTE DE FORMA Kc
		112	122	132	142	152	2	
		113	123	133	143	153	3	
		114	124	134	144	154	4	
		115	125	135	145	155	5	
	2	211	221	231	241	251	1	
		212	222	232	242	252	2	
		213	223	233	243	253	3	
		214	224	234	244	254	4	

	Muy Alta
	Alta
	Media
	Baja
	Muy Baja

	3	215	225	235	245	255	5
		311	321	331	341	351	1
		312	322	332	342	352	2
		313	323	333	343	353	3
		314	324	334	344	354	4
		315	325	335	345	355	5
	4	411	421	431	441	451	1
		412	422	432	442	452	2
		413	423	433	443	453	3
		414	424	434	444	454	4
		415	425	435	445	455	5
	5	511	521	531	541	551	1
		512	522	532	542	552	2
		513	523	533	543	553	3
		514	524	534	544	554	4
		515	525	535	545	555	5

Fuente: Rivas & Soto, 2009 – citado por IDEAM, 2011.

7.3.4.4.2.1 Morfometría de Cuencas

La descripción morfométrica de una cuenca está encaminada al estudio cuantitativo, e interpretación de los resultados obtenidos, de diversos parámetros de interés que otorgan, al profesional que realiza el estudio, una orientación de la respuesta física de una hoya de drenaje a un evento de precipitación, permitiendo así, inferir las posibles tendencias que posee una cuenca a generar elevados y bajos volúmenes de escorrentía. Este tipo de estudios fueron iniciados por Robert E. Horton con su texto denominado “Drainage Basins Characteristics” (1932) y “Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology” (1945).

7.3.4.4.2.2 Coeficiente de Compacidad

Esta variable permite obtener una descripción general de la respuesta de una cuenca a eventos de precipitación. De acuerdo con diferentes textos bibliográficos, si un coeficiente de compacidad o índice Gravelius se encuentra entre el rango 1 y 1.250, es una cuenca casi redonda a oval/redonda, entre 1.250 y 1.5 oval redonda-oval a oval-oblonga, y mayor a 1.625 Oval-oblonga a rectangular-oblonga, reflejando entonces una mayor tendencia a crecidas o eventos torrenciales en las cuencas con coeficientes de compacidad cercanos a uno, con tiempos de concentración menores y por ende alcanzando el caudal pico mucho más rápido, caso contrario a aquellas cuencas cuyo índice de Gravelius es más alejado de uno.

De acuerdo con Londoño, 2001 este parámetro se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Kc = 0.2821 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

P: Perímetro de una cuenca o longitud total de la línea de divorcio de la cuenca delimitada.

A: Área de la superficial de la hoya de drenaje.

En la **Tabla 7.45** se puede observar la clasificación dada para la categorización y clasificación del Coeficiente de Compacidad.

Tabla 7.45. Resumen de categorización y clasificación del Coeficiente de Compacidad.

CATEGORÍA KC				
1	2	3	4	5
Mayor a 1.625	1.500 - 1.376	1.375 – 1.251	1.250 – 1.126	1.125 – 1.000
Oval-Oblonga a Rectangular Oblonga	Oval-Redonda a Oval-Oblonga		Casi Redonda a Oval-Redonda	

Fuente: Rivas y Soto (2009) Elaboración propia con base en el Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua – IDEAM.

En la **Tabla 7.46** se muestra la categoría asignada para el cálculo del índice morfométrico de torrencialidad, al coeficiente de compacidad.

Tabla 7.46. Valores de Coeficiente de Compacidad obtenidos para cada subcuenca, Cuenca del Río Guatapurí.

NOMBRE SUBCUENCA	CÓDIGO	KC	CLASIFICACIÓN	
C. Capitanejo	28010101	1.257	3	Oval-Redonda a Oval-Oblonga
C. Guatapurí medio	28010102	1.674	1	Oval-Oblonga a Rectangular Oblonga
C. Guatapurí Alto bajo	28010103	1.507	1	Oval-Oblonga a Rectangular Oblonga
I.C. Guatapurí Alto medio	28010104	1.302	3	Oval-Redonda a Oval-Oblonga
C. Utumeiyi Surivaquita	28010105	1.465	4	Casi Redonda a Oval-Redonda
C. Guatapurí Alto	28010106	1.774	1	Oval-Oblonga a Rectangular Oblonga
C. Donachui Alto	28010107	1.525	1	Oval-Oblonga a Rectangular Oblonga
C. Donachui Bajo	28010108	1.456	2	Oval-Redonda a Oval-Oblonga
C. Timacá	28010109	1.602	1	Oval-Oblonga a Rectangular Oblonga

NOMBRE SUBCUENCA	CÓDIGO	KC	CLASIFICACIÓN	
C. Yukuinchukua	28010110	1.185	4	Casi Redonda a Oval-Redonda
C. El Mangal	28010111	1.243	4	Casi Redonda a Oval-Redonda
I.C. Guatapuri Bajo	28010112	1.671	1	Oval-Oblonga a Rectangular Oblonga
I.C. Río Donachui	28010113	1.289	3	Oval-Redonda a Oval-Oblonga
C. Mamangueka	28010114	1.403	2	Oval-Redonda a Oval-Oblonga
C. Sibillinuia	28010115	1.309	3	Oval-Redonda a Oval-Oblonga
M.C. Abastecedora Acueducto de Municipio Valledupar	28010116	1.734	1	Oval-Oblonga a Rectangular Oblonga

Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar

7.3.4.4.2.3 Densidad de drenaje

Este parámetro es el cociente de la división entre la suma de la longitud (Km) de cada uno de los drenajes de una cuenca determinada y el área de la hoya hidrográfica (Km²).

$$D = \frac{L}{A}$$

Se considera que la densidad de drenaje de una cuenca refleja la influencia de la geología, relieve, tipología de suelos y vegetación en la cuenca de estudio, infiriendo, por tanto, la posible magnitud de la rapidez de la respuesta hidrológica de la hoya de drenaje en su totalidad.

Lo anterior implica que elevadas densidades de drenaje concurren en cuencas de alta y rápida respuesta física a los procesos hidrológicos que se registran en la zona de estudio, cortos tiempos de concentración, elevadas magnitudes en los volúmenes de escorrentía.

Otras características de una densidad de drenaje alta son las siguientes:

- Suelos fácilmente erosionables
- Poca y esparcida cobertura vegetal
- Suelos impermeables
- Relieve de altas pendientes

Según Ruiz, 2001, una cuenca bien drenada da poco tiempo a la percolación del flujo superficial en subterráneo, por lo que se considera que, en estas regiones los volúmenes de recarga de los acuíferos son bajos.

Contrario a lo dicho anteriormente, bajos coeficientes de densidad de drenaje infieren suelos bien a excesivamente cubiertos por una diversa capa de vegetación, bajas pendientes y, de acuerdo con Linsley, 1977, cuencas pobremente drenadas y respuesta hidrológica muy lenta, de tal manera que, en regiones húmedas de presentarse las condiciones ideales y de acuerdo con Chow, 1994, no es factible encontrar el flujo superficial Hortoniano. De igual manera, se puede observar la categoría asignada para el

cálculo del Índice Morfométrico de Torrencialidad, a la densidad de drenaje con escala 1:25.000 en la **Tabla 7.47**.

Tabla 7.47. Resumen de categorización y clasificación de la Densidad de Drenaje.

CATEGORÍA D (ESCALA 1:25.000)				
1	2	3	4	5
Menor a 1.2	1.8 – 1.21	1.81 – 2.0	2.01 – 2.5	Mayor a 2.5
Baja	Moderada	Moderada Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: Rivas y Soto (2009) Elaboración propia con base en el Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua – IDEAM.

En la **Tabla 7.48**, se presenta los valores de densidad de drenaje obtenidos por subcuenca para la Cuenca del Río Guatapuri.

Tabla 7.48. Categorización y clasificación de la densidad de drenaje por subcuencas.

NOMBRE SUBCUENCA	CÓDIGO	DENSIDAD	CLASIFICACIÓN	
C. Capitanejo	28010101	4,34417	5	Muy Alta
C. Guatapuri medio	28010102	4,127032	5	Muy Alta
C. Guatapuri Alto bajo	28010103	4,550733	5	Muy Alta
I.C. Guatapuri Alto medio	28010104	6,173115	5	Muy Alta
C. Utumeiyi Surivaquita	28010105	4,698142	5	Muy Alta
C. Guatapuri Alto	28010106	3,463959	5	Muy Alta
C. Donachui Alto	28010107	3,628912	5	Muy Alta
C. Donachui Bajo	28010108	3,771449	5	Muy Alta
C. Timacá	28010109	4,19898	5	Muy Alta
C. Yukuinchukua	28010110	4,406086	5	Muy Alta
C. El Mangal	28010111	3,901601	5	Muy Alta
I.C. Guatapuri Bajo	28010112	1,736721	2	Moderada
I.C. Río Donachui	28010113	4,814348	5	Muy Alta
C. Mamanguka	28010114	5,742798	5	Muy Alta
C. Sibillinuia	28010115	5,075327	5	Muy Alta
M.C. Abastecedora Acueducto de Municipio Valledupar	28010116	0,088	1	Baja

Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar

7.3.4.4.2.4 Pendiente Media por Subcuencas

Este parámetro permite conocer la posibilidad o tendencia de una subcuenca a generar una crecida súbita. A medida que dicho parámetro incrementa, la probabilidad de ocurrencia de

caudales picos crece más rápidamente y con ello las posibilidades de incrementos en las velocidades de la corriente al momento de la crecida, al igual que su capacidad de arrastre o transporte de material sólido. Por otro lado, cuando se encuentran pendientes bajas, traducen en zonas de deposición de sedimentos transportados por las crecidas y poca probabilidad de generación de crecientes máximas o súbitas, por lo que estas zonas se pueden encontrar dentro de grandes planicies aluviales y las de áreas de alta pendiente como causante de eventos torrenciales.

Para el cálculo de este parámetro existe una variedad de metodologías, encontrándose las siguientes:

- Método de isotangentes.
- Método de coordenadas al azar.
- Método de la red cuadrada.
- Método de Horton.
- Índice de pendiente.

La metodología usada, mediante Software de Sistemas de Información Geográfica, es la de isotangentes, obteniendo así mapas con la distribución espacial del relieve presentada en la zona de estudio. De igual manera, se puede observar la categoría asignada, para el cálculo del Índice Morfométrico de Torrencialidad, a la pendiente media de cuenca, utilizando la escala 1:100.000, asumiendo el caso más crítico para diseño (ver **Tabla 7.49**).

Tabla 7.49. Resumen de categorización y clasificación de la Pendiente Media de la Cuenca (%).

CATEGORÍA PENDIENTE MEDIA (ESCALA 1:100.000)				
1	2	3	4	5
Menor a 15	16 – 30	30 – 45	46 – 65	Mayor a 65
Accidentado	Fuerte	Muy Fuerte	Escarpado	Muy Escarpado

Fuente: Rivas y Soto (2009) Elaboración propia con base en el Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua – IDEAM.

En la **Tabla 7.50**, se presenta los valores de pendientes medias obtenidas por subcuencas, para la Cuenca del Río Guatapurí, y seguidamente el Mapa 7.43 ilustra dichas pendientes.

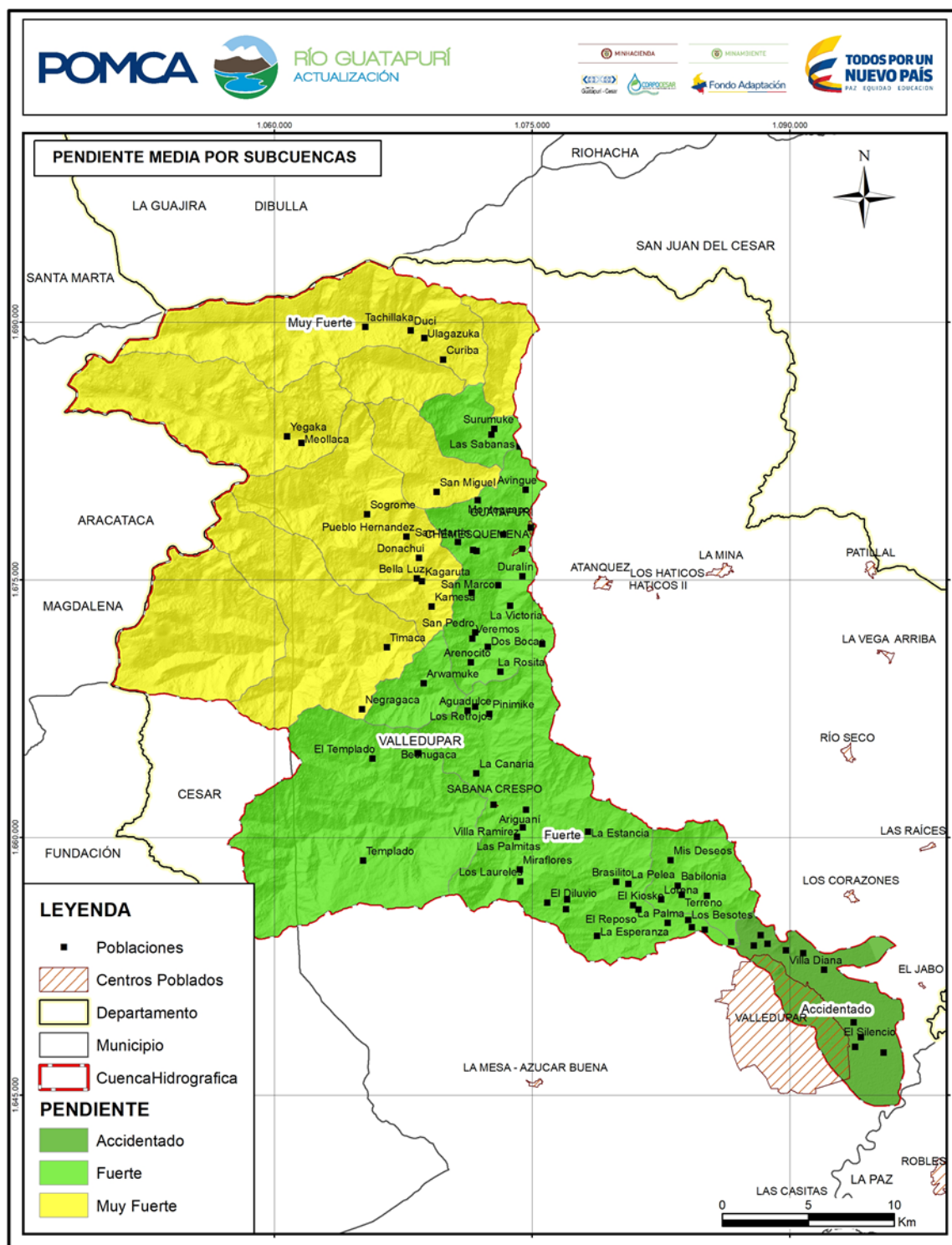
Tabla 7.50. Valores de Pendiente Media por subcuenca, Cuenca del Río Guatapurí.

NOMBRE SUBCUENCA	CÓDIGO	S (%)	CATEGORÍA	
C. Capitanejo	28010101	20.364	2	Fuerte
C. Guatapurí medio	28010102	23.472	2	Fuerte
C. Guatapurí Alto bajo	28010103	27.571	2	Fuerte
I.C. Guatapurí Alto medio	28010104	29.975	2	Fuerte
C. Utumeiyi Surivaquita	28010105	30.732	3	Muy Fuerte

NOMBRE SUBCUENCA	CÓDIGO	S (%)	CATEGORÍA	
C. Guatapurí Alto	28010106	32.575	3	Muy Fuerte
C. Donachui Alto	28010107	31.897	3	Muy Fuerte
C. Donachui Bajo	28010108	34.456	3	Muy Fuerte
C. Timacá	28010109	33.844	3	Muy Fuerte
C. Yukuinchukua	28010110	33.793	3	Muy Fuerte
C. El Mangal	28010111	29.275	2	Fuerte
I.C. Guatapurí Bajo	28010112	4.686	1	Accidentado
I.C. Río Donachui	28010113	29.691	2	Fuerte
C. Mamangueka	28010114	33.083	3	Muy Fuerte
C. Sibillinuia	28010115	35.223	3	Muy Fuerte
M.C. Abastecedora Acueducto de Municipio Valledupar	28010116	30.427	3	Muy Fuerte

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Mapa 7.43 Pendientes, para la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

Posteriormente al cálculo de los parámetros que son indicativos del potencial de Torrencialidad de una cuenca hidrográfica, se obtiene el Índice Morfométrico de torrencialidad que concluye en la categorización de torrencialidad para una cuenca determinada. En la **Tabla 7.51**, se observan los resultados obtenidos del Índice de Morfométrico de Torrencialidad para las subcuencas estudiadas en la Cuenca del Río Guatapurí.

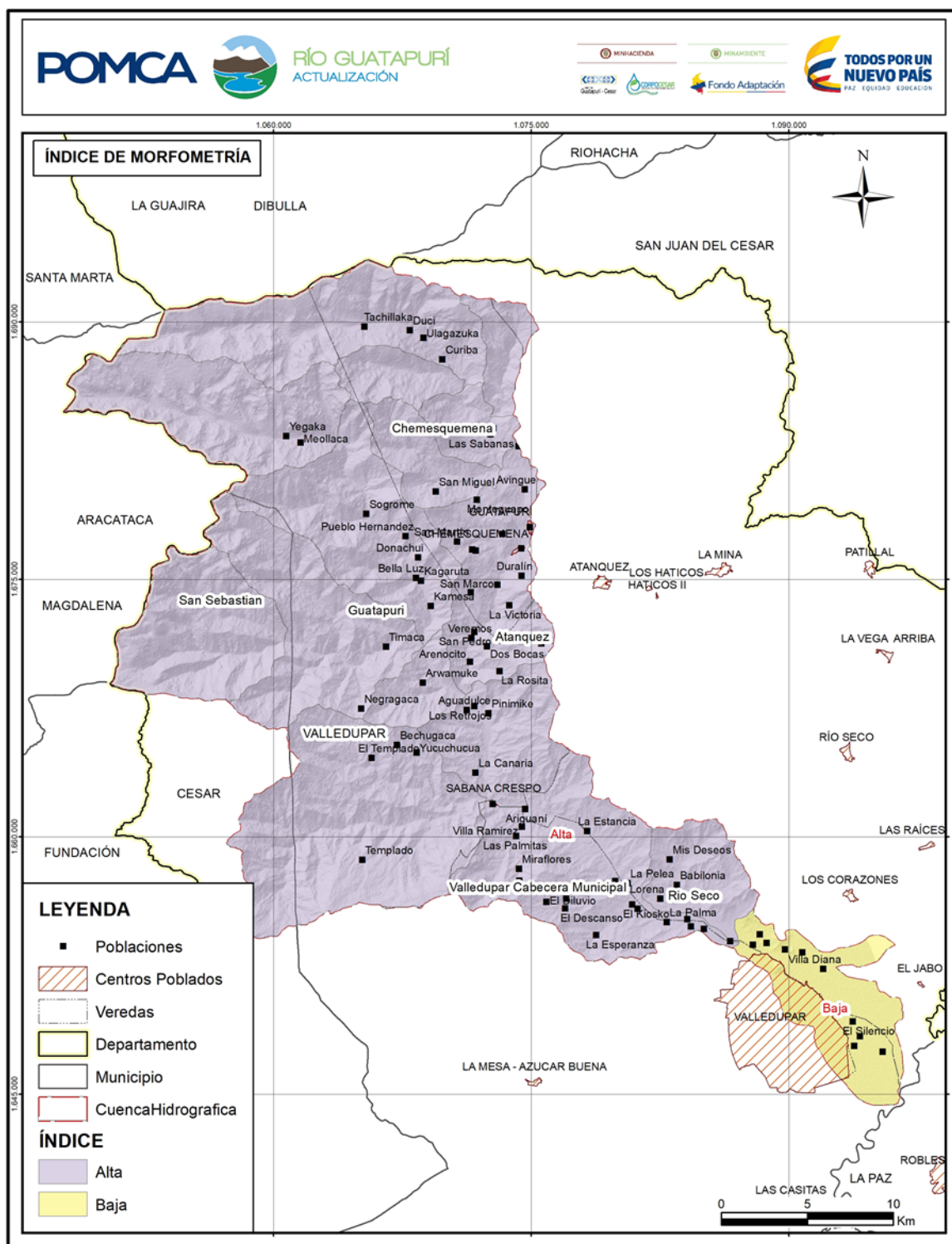
Tabla 7.51. Índices morfométricos de torrencialidad y categoría por subcuenca de la Cuenca del Río Guatapurí.

NOMBRE SUBCUENCA	CÓDIGO	KC	PENDIENTE	DENSIDAD DRENAJE	ÍNDICE MORFOMETRICO
C. Capitanejo	28010101	3	2	5	Alta
C. Guatapurí medio	28010102	1	2	5	Alta
C. Guatapurí Alto bajo	28010103	1	2	5	Alta
I.C. Guatapurí Alto medio	28010104	3	2	5	Alta
C. Utumeiyi Surivaquita	28010105	4	3	5	Alta
C. Guatapurí Alto	28010106	1	3	5	Alta
C. Donachui Alto	28010107	1	3	5	Alta
C. Donachui Bajo	28010108	2	3	5	Alta
C. Timacá	28010109	1	3	5	Alta
C. Yukuinchukua	28010110	4	3	5	Alta
C. El Mangal	28010111	4	2	5	Alta
I.C. Guatapurí Bajo	28010112	1	1	2	Baja
I.C. Río Donachui	28010113	3	2	5	Alta
C. Mamangueka	28010114	2	3	5	Alta
C. Sibillinuia	28010115	3	3	5	Alta
M.C. Abastecedora Acueducto de Municipio Valledupar	28010116	1	3	1	Baja

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

En el Mapa 7.44, se presenta el mapa de índices Morfométricos de Torrencialidad para la Cuenca del Río Guatapurí. Se cuenta con zonas de alta índice morfométrico hacia la cuenca media y alta en los paisajes montañosos, y zonas de baja en la cuenca baja hacia la llanura aluvial.

Mapa 7.44 índices Morfométricos de Torrencialidad para la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

7.3.4.4.3 Índice de Variabilidad

El índice de variabilidad es un parámetro que permite conocer el grado de variación del caudal líquido presente en una fuente hídrica y por tanto inferir la posible capacidad hidráulica de la corriente ante un evento torrencial. Este parámetro no contempla los efectos antrópicos que infieren los diferentes tipos de obras hidráulicas, de viviendas o de control de inundación en el cauce. Esta variable es obtenida mediante la curva de duración de caudales, el cual indica la variabilidad de los caudales en la cuenca:

- La cuenca torrencial presenta mayor variabilidad, es decir, existe gran diferencia entre los valores extremos.
- La cuenca de llanura presenta una variabilidad pequeña pues los caudales tienden a mantenerse, evitando situaciones de torrencialidad, además de presentar una curva atenuada en la mayor parte del tiempo, flujo más constante de acuerdo a su área de aporte.

El comportamiento de dicha gráfica a nivel anual muestra una variación poco significativa en la mayor parte del tiempo con respecto al nivel diario, indicando la necesidad de poseer información diaria para poder representar de manera más detallada el comportamiento hídrico de una corriente determinada.

Cuando no se poseen registros de caudales en todos los puntos de interés, resulta útil la modelación hidrológica de la cuenca a largo plazo o generar un balance hidrológico para la cuenca estudiada. Esto implica la necesidad de poseer la siguiente tipología de información:

- Registros diarios pluviométricos de precipitación.
- Registros diarios de evaporación.
- Distribución espacial del suelo.
- Distribución espacial del uso del suelo.

El tiempo de modelación debe ser continuo, es decir, la información pluviométrica y de evaporación deben ser consistentes en el intervalo de tiempo analizado, dando cumplimiento a las bases teóricas en las cuales se soportan dicho modelo a largo plazo. El parámetro de variabilidad es calculado, al ser graficado en escala logarítmica y con base en el Anexo Técnico del POMCAS del Río Guatapurí, de la siguiente manera:

$$IV = \frac{\text{Log}(Q_i) - \text{Log}(Q_f)}{\text{Log}(X_i) - \text{Log}(X_f)}$$

Donde Q_i y Q_f son los caudales que corresponden a tiempos de excedencia X_i y X_f .

De acuerdo con lo estipulado en la **Tabla 7.52**, se proporcionaron categorías a las subcuencas en relación a los resultados del índice de variabilidad (IV). De este modo, en la **Tabla 7.53** se presentan los valores de índice de variabilidad para las subcuencas de la zona de estudio y su respectiva calificación o categorización.

Tabla 7.52. Criterio para Calificar el Índice de Variabilidad (IV).

ÍNDICE DE VARIABILIDAD (IV)	CALIFICACIÓN	
<10°	Muy Bajo	

ÍNDICE DE VARIABILIDAD (IV)	CALIFICACIÓN	
10.1° - 37°	Bajo	
37.1° - 47°	Moderado	
47.1° - 55°	Alto	
> 55°	Muy Alto	

Fuente: Tomado de (IDEAM, 2013).

A continuación, se muestra el índice por subcuencas del índice de variabilidad por subcuencas, dentro de la Cuenca del Río Guatapurí.

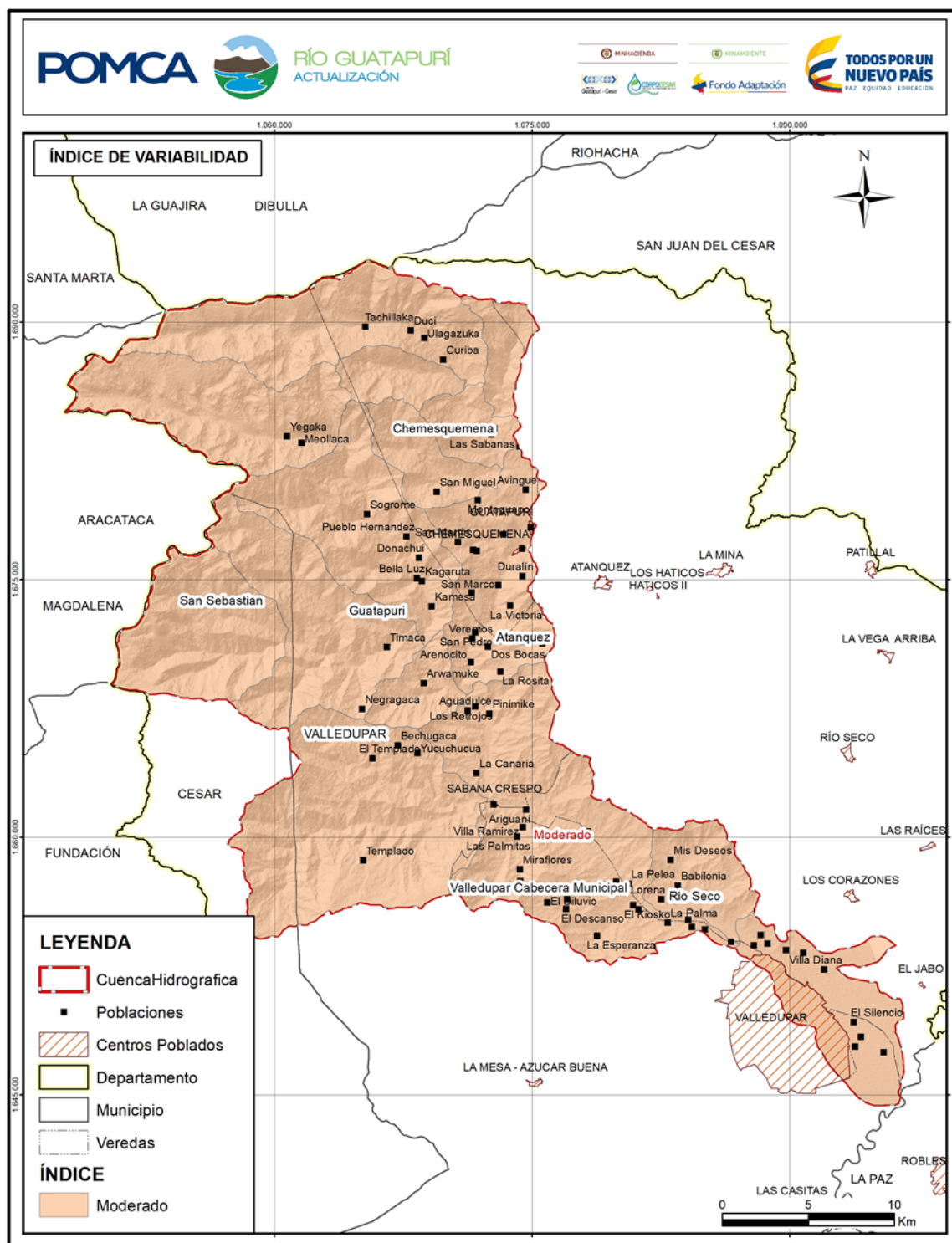
Tabla 7.53. Índices de Variabilidad en las subcuencas, Cuenca del Río Guatapurí.

NOMBRE SUBCUENCA	CÓDIGO	Q10	Q90	IV	ÍNDICE DE VARIABILIDAD
C. Capitanejo	28010101	1,966987179	0,234294872	44,07	Moderado
C. Guatapurí medio	28010102	52,79046474	6,156450321	44,36	Moderado
C. Guatapurí Alto bajo	28010103	14,89703526	1,774439103	44,11	Moderado
I.C. Guatapurí Alto medio	28010104	9,227483974	1,09911859	44,17	Moderado
C. Utumeiyi Surivaquita	28010105	1,070272436	0,127483974	44,87	Moderado
C. Guatapurí Alto	28010106	5,843108974	0,69599359	44,18	Moderado
C. Donachui Alto	28010107	4,946394231	0,589182692	44,27	Moderado
C. Donachui Bajo	28010108	10,03741987	1,195592949	44,13	Moderado
C. Timacá	28010109	9,256410256	1,102564103	44,1	Moderado
C. Yukuinchukua	28010110	4,165384615	0,496153846	44,23	Moderado
C. El Mangal	28010111	8,562179487	1,019871795	44,21	Moderado
I.C. Guatapurí Bajo	28010112	58,31538462	6,946153846	44,08	Moderado
I.C. Río Donachui	28010113	20,47980769	2,439423077	44,12	Moderado
C. Mamanguka	28010114	1,619871795	0,192948718	44,2	Moderado
C. Sibillinuia	28010115	1,185977564	0,141266026	44,13	Moderado
M.C. Abastecedora Acueducto de Municipio Valledupar	28010116	51,37307692	6,119230769	44,09	Moderado

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

En el Mapa 7.45, se observa la distribución de los índices de variabilidad presentados en las subcuencas de la zona de la Cuenca del Río Guatapurí.

Mapa 7.45 Índice de Variabilidad de Torrencialidad para la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

De acuerdo con la **Tabla 7.53**, todas las subcuencas que pertenecen a la Cuenca del Río Guatapurí presentan un Índice de Variabilidad moderado, lo cual quiere decir que los caudales tienden variar poco.

7.3.4.4.4 Índice de Vulnerabilidad Frente a Eventos Torrenciales-IVET

Una vez conocida la categoría del Índice Morfométrico de Torrencialidad y del Índice de Variabilidad, se determinó el IVET siguiendo los lineamientos establecidos en el Anexo Técnico, obteniendo el mapa de IVET presentado en la Tabla 7.54.

El análisis de los factores morfométricos y de variabilidad de caudales permite definir la vulnerabilidad de cada subcuenca en relación a la ocurrencia de fenómenos torrenciales.

En la **Tabla 7.54**, se observan los criterios para la asignación de categorías o niveles del Índice de Vulnerabilidad frente a Eventos Torrenciales (IVET).

Tabla 7.54. Clasificación del índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales IVET.

ÍNDICE DE VARIABILIDAD	ÍNDICE MORFOMÉTRICO DE TORRENCIALIDAD				
	MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
Muy baja	Muy Baja	Muy Baja	Media	Alta	Alta
Baja	Baja	Media	Media	Alta	Muy alta
Media	Baja	Media	Alta	Alta	Muy alta
Alta	Media	Media	Alta	Muy alta	Muy alta
Muy alta	Media	Alta	Alta	Muy alta	Muy alta

Fuente: Tomado de (IDEAM, 2013)

De acuerdo con lo anterior, se definen las categorías del IVET para cada una de las Subcuencas que conforman la Cuenca Hidrográfica del Río Guatapurí (Véase **Tabla 7.55** y **Anexo 7.6**).

Tabla 7.55. Índices de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales IVET por Subcuencas, Cuenca del Río Guatapurí.

NOMBRE SUBCUENCA	CÓDIGO	ÍNDICE MORFOMETRICO	ÍNDICE DE VARIABILIDAD	IVET
C. Capitanejo	28010101	Alta	Moderado	Alta
C. Guatapurí medio	28010102	Alta	Moderado	Alta
C. Guatapurí Alto bajo	28010103	Alta	Moderado	Alta
I.C. Guatapurí Alto medio	28010104	Alta	Moderado	Alta
C. Utumeiyi Surivaquita	28010105	Alta	Moderado	Alta
C. Guatapurí Alto	28010106	Alta	Moderado	Alta

NOMBRE SUBCUENCA	CÓDIGO	ÍNDICE MORFOMETRICO	ÍNDICE DE VARIABILIDAD	IVET
C. Donachui Alto	28010107	Alta	Moderado	Alta
C. Donachui Bajo	28010108	Alta	Moderado	Alta
C. Timacá	28010109	Alta	Moderado	Alta
C. Yukuinchukua	28010110	Alta	Moderado	Alta
C. El Mangal	28010111	Alta	Moderado	Alta
I.C. Guatapurí Bajo	28010112	Baja	Moderado	Media
I.C. Río Donachui	28010113	Alta	Moderado	Alta
C. Mamangueka	28010114	Alta	Moderado	Alta
C. Sibillinuia	28010115	Alta	Moderado	Alta
M.C. Abastecedora Acueducto de Municipio Valledupar	28010116	Baja	Moderado	Media

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

De acuerdo con la **Tabla 7.55**, la mayoría de las subcuencas presentan un alto Índice de Vulnerabilidad frente a Eventos Torrenciales (IVET), debido sus características morfométricas. Las únicas subcuencas que presentan un IVET media son I.C. Guatapurí Bajo, y M.C. Abastecedora Acueducto de Municipio Valledupar.

Mapa 7.46 Índice de Vulnerabilidad frente a Eventos Torrenciales (IVET) para la Cuenca del Río Guatapurí



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar

7.3.4.4.5 Análisis de los Eventos Históricos

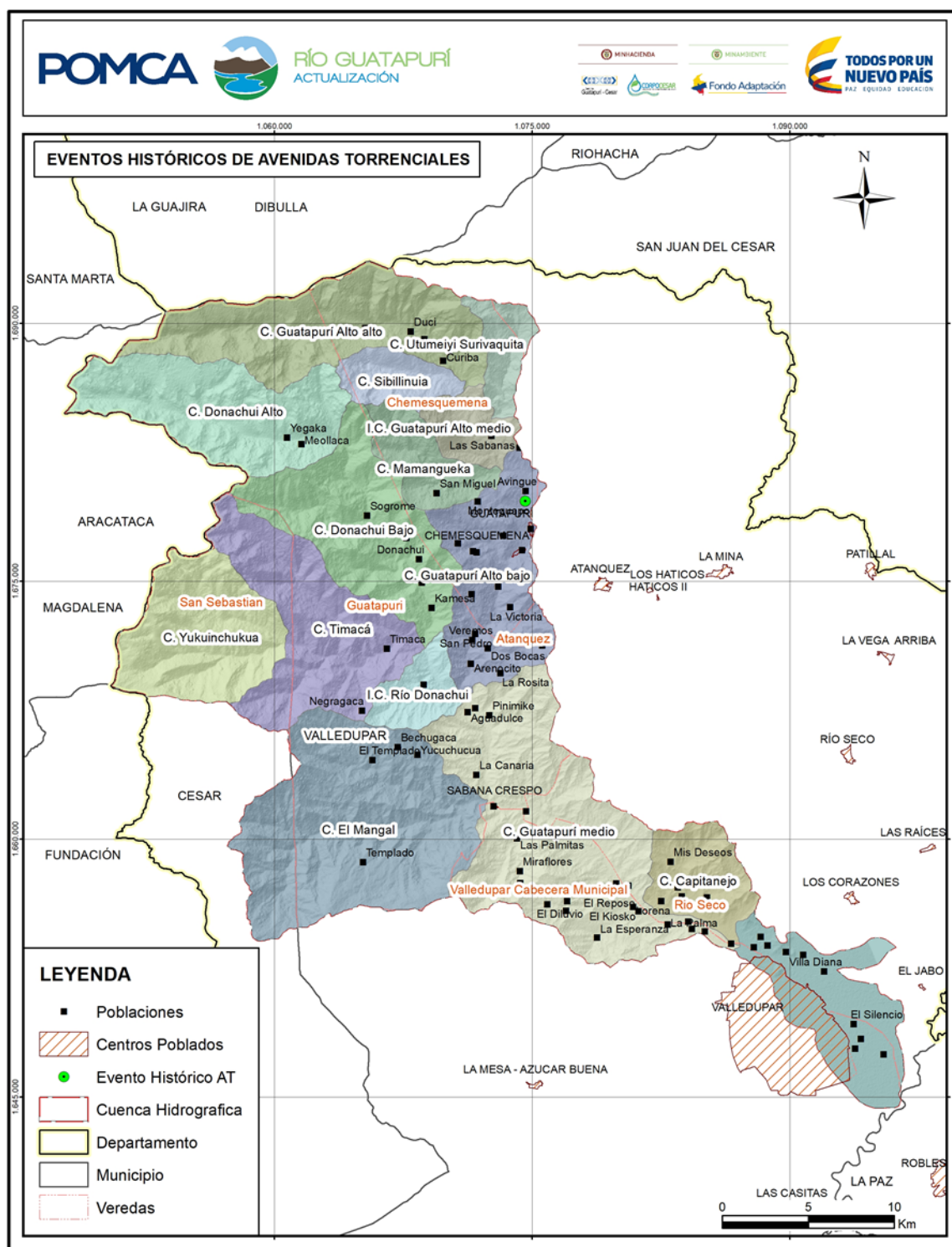
Estos eventos son poco frecuentes en el área de la Cuenca del Río Guatapurí, por tanto, se han registrado tan solo un (1) evento en el año 2017. En la **Tabla 7.56**, se presentan en detalle algunas observaciones producto del análisis de la avenida torrencial ocurrida en la Cuenca del Río Guatapurí.

Tabla 7.56. Análisis de Resultados por Municipio- Avenidas Torrenciales.

MUNICIPIO/CORREGIMIENTO	TOTALES	FUENTES OFICIALES	FUENTES COMUNITARIAS	OBSERVACIONES
Valledupar/ Guatapurí	1	0	1	En 2017 en el cerro Dunaruba sector el Cangrejal, se presentó un deslizamiento que cayó sobre el río Guatapurí que terminó represándose por un tiempo y desplazándose afectando la comunidad indígena de los Kogui.

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Mapa 7.47 Eventos Históricos de Avenidas Torrenciales para la Cuenca del Río Guatapurí.

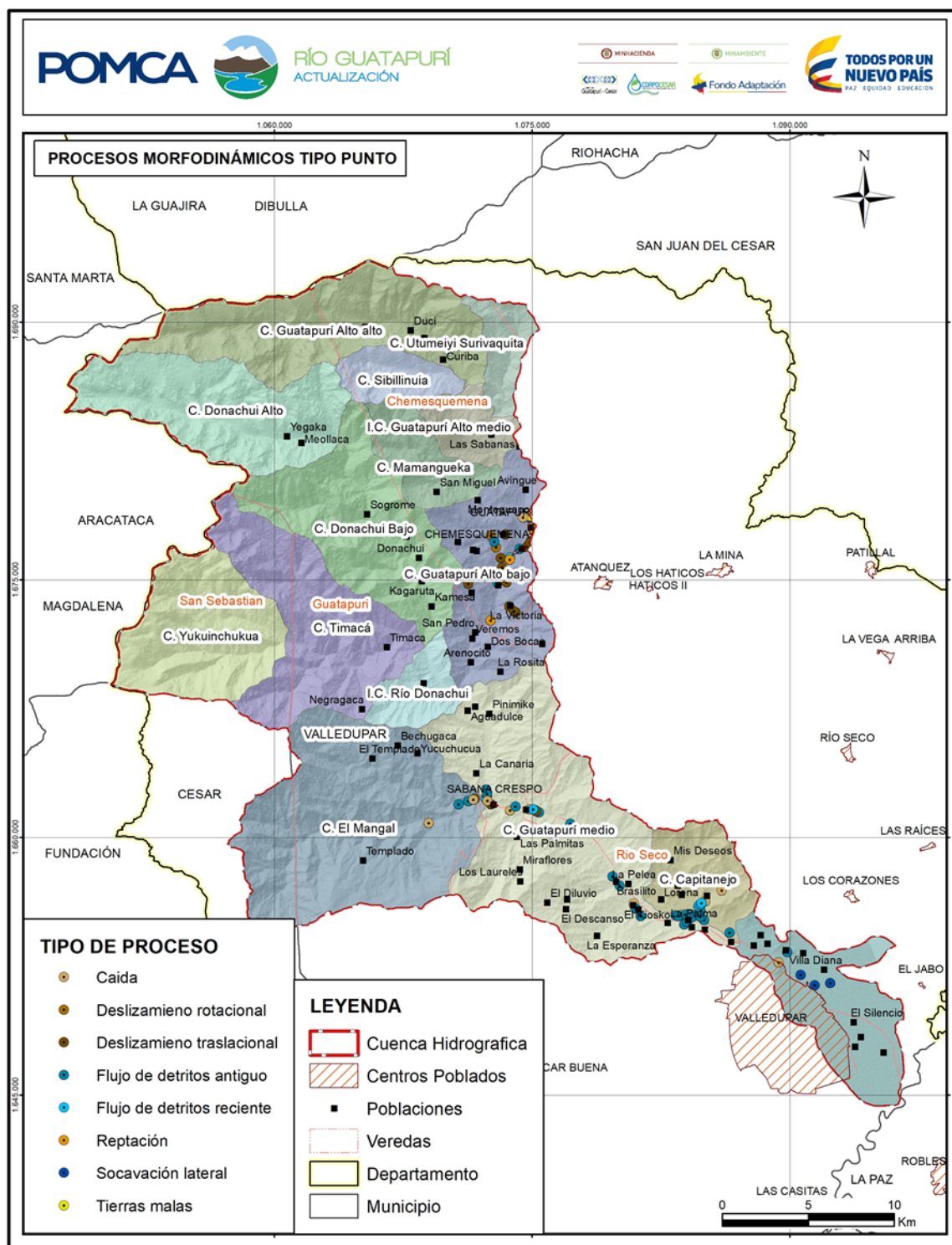


Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

7.3.4.4.6 Procesos Morfodinámicos de la Cuenca del Río Guatapurí.

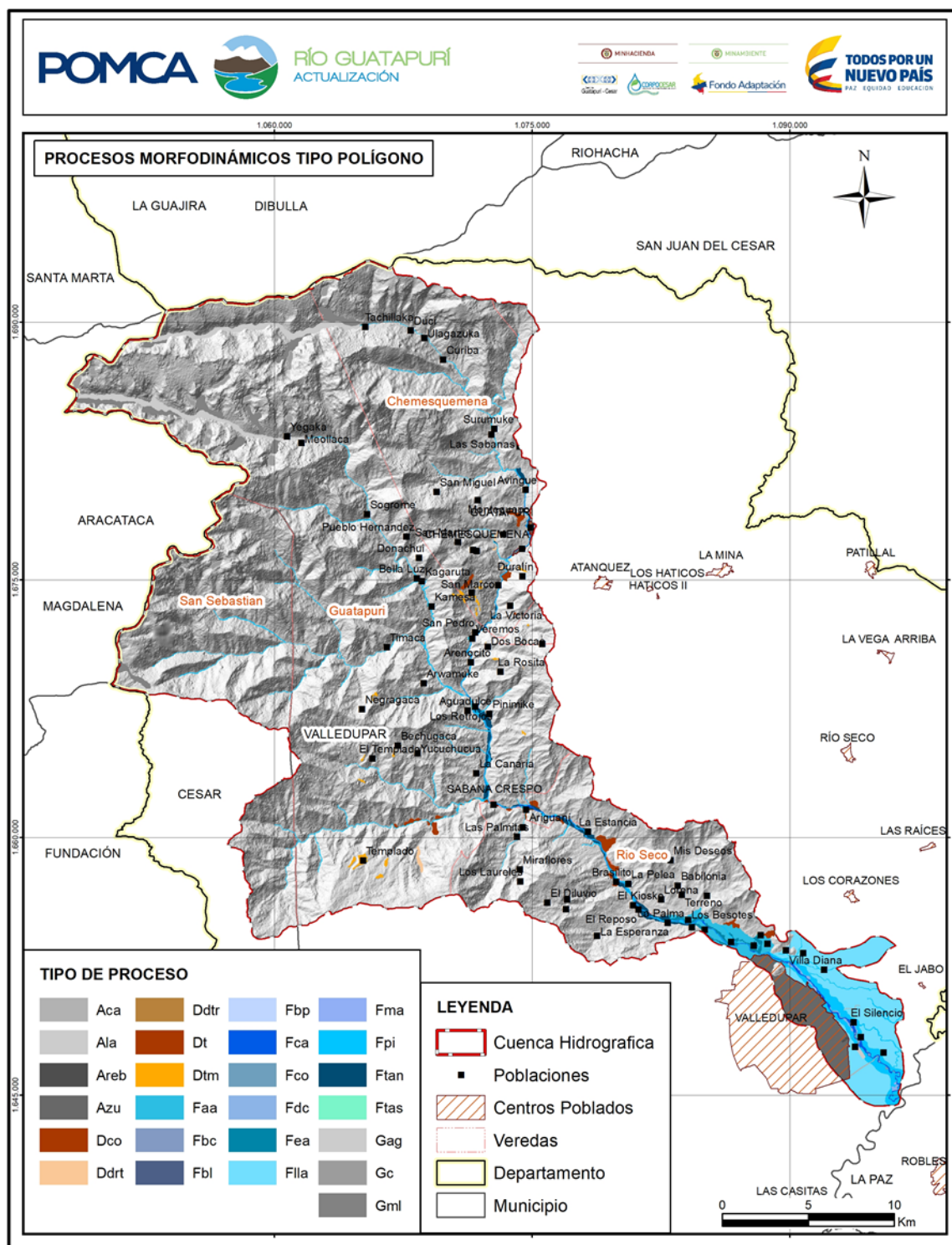
Se realizaron las visitas de campo por las principales corrientes hídricas, en las que se evidenciaron alrededor de 12 procesos de caída de rocas, 2 deslizamientos rotacionales, 22 deslizamientos traslacionales, 2 procesos de reptación, 3 procesos de socavación lateral, 2 tierras denudadas o malas, 30 flujos de detritos antiguos con morfología de terraza antigua y 7 flujos de detritos recientes, asociados a la torrencialidad actual dentro de la cuenca. Cada uno de estos procesos ayuda a conocer las zonas de aporte y de iniciación de las avenidas torrenciales, las zonas de tránsito, y las zonas de depositación de estos materiales. A continuación, se muestra gráficamente la localización espacial de estos procesos, su cartografía como punto y como polígono dentro de la Cuenca del Río Guatapurí. (Ver Mapa 7.48 y Mapa 7.49).

Mapa 7.48 Procesos Morfodinámicos tipo punto de la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Mapa 7.49 Procesos Morfodinámicos tipo polígono de la Cuenca del Río Guatapuri.

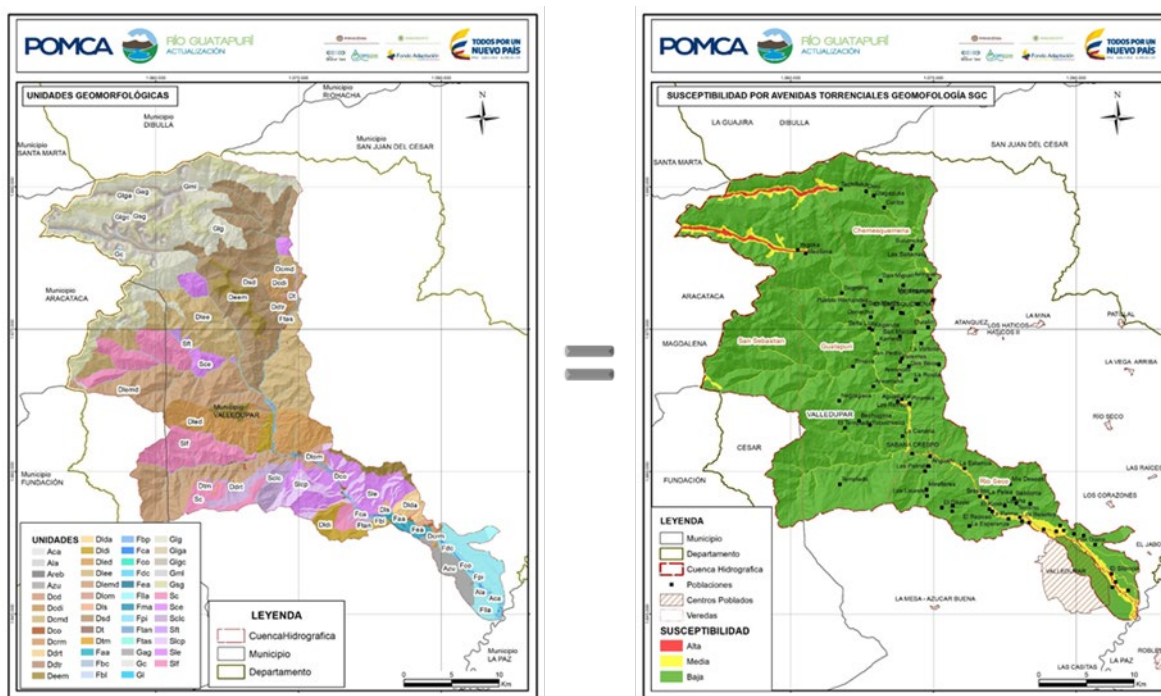


Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar.

7.3.4.4.7 Análisis de Geoformas Asociadas a Torrencialidad

Para la identificación y caracterización de las áreas del territorio susceptibles a presentar avenidas torrenciales se revisaron las formas del terreno (Metodología Zinck, 2012) y las subunidades (Metodología Carvajal, 2011), como abanicos torrenciales, planicies de inundación, terrazas fluvio-torrenciales, flujo de tierra, flujo de detritos, flujo de lodo, Alud (lava) torrencial, y zonas de avulsión o pérdida de confinamiento, además de canales por donde se puedan transportar flujos desde movimientos en masa. Las subcuencas que presenten algunas de estas geoformas se delimitaran como zonas susceptibles porque son áreas críticas. A continuación, se muestran las geoformas asociadas a torrencialidad dentro de la Cuenca del Río Guatapurí (ver **Figura 7.16**).

Figura 7.16. Mapa de unidades geomorfológicas con su rango equivalente de Susceptibilidad por Avenidas Torrenciales de las zonas de transito y depositacion en la Cuenca del Río Guatapurí (Metodología Carvajal, 2011).



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Las geoformas asociadas a torrencialidad con mayor ocupación dentro de la Cuenca del Río Guatapurí son: Plano de Inundación (1,115%), Artesa glaciaria (0,814%), y Abanico Aluvial (0,612%). A continuación, se muestra el porcentaje de todas las geoformas asociadas a torrencialidad dentro de la cuenca, y su respectiva calificación de susceptibilidad (ver **Tabla 7.57**).

Tabla 7.57. Porcentaje de ocupación de geoformas potencialmente torrenciales asociadas a procesos denudacionales, fluviales y glaciares en la Cuenca del Río Guatapurí, y su calificación de susceptibilidad (Metodología Carvajal, 2011).

ID	SUBUNIDAD	AREA_HA	% OCUPACIÓN	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	RECALIFICACIÓN
Aca	Canal Artificial	17,904764	0,020117491	1	0,11	0,11

ID	SUBUNIDAD	AREA_HA	% OCUPACIÓN	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	RECALIFICACIÓN
Ala	Laguna artificial	18,106732	0,020344419	1	0,11	0,11
Areb	Relleno de escombros y basuras	5,401158	0,00606865	1	0,11	0,11
Azu	Zonas urbanas y centros poblados	1284,55123	1,443300104	1	0,11	0,11
Dcd	Colina denudada	215,63787	0,242287074	1	0,11	0,11
Dcdi	Colinas disectadas	1123,43495	1,262272561	1	0,11	0,11
Dcmd	Colina muy disectada	272,908253	0,306635111	1	0,11	0,11
Dco	Lóbulo coluvial y de solifluxión	209,701835	0,235617446	1	0,11	0,11
Dcrm	Cerro remanente	153,99679	0,173028196	1	0,11	0,11
Ddrt	Deslizamiento rotacional	29,893965	0,033588355	1	0,11	0,11
Ddtr	Deslizamiento traslacional	10,107405	0,01135651	1	0,11	0,11
Deem	Escarpe de erosión mayor	2558,04177	2,874172597	1	0,11	0,11
Dlda	Lomo denudado alto	657,916505	0,739223891	1	0,11	0,11
Dldi	Lomeríos disectados	1750,08618	1,966367324	1	0,11	0,11
Dled	Ladera erosiva disectada	5283,3922	5,936330376	1	0,11	0,11
Dlee	Ladera erosiva escarpada	9021,23201	10,13610416	1	0,11	0,11
Dlem	Ladera erosiva muy disectada	10427,135	11,71575301	1	0,11	0,11
Dlom	Ladera ondulada moderada	499,279586	0,560982123	1	0,11	0,11
Dls	Ladera suave	325,513444	0,365741417	1	0,11	0,11
Dsd	Sierra denudada	10203,978	11,46501765	1	0,11	0,11
Dt	Talus	115,033389	0,129249576	1	0,11	0,11
Dtm	Tierras malas	117,862162	0,132427938	1	0,11	0,11
Faa	Abanico aluvial	441,393479	0,49594227	2	0,11	0,22
Fbc	Barra Compuesta	6,135627	0,006893887	3	0,11	0,33

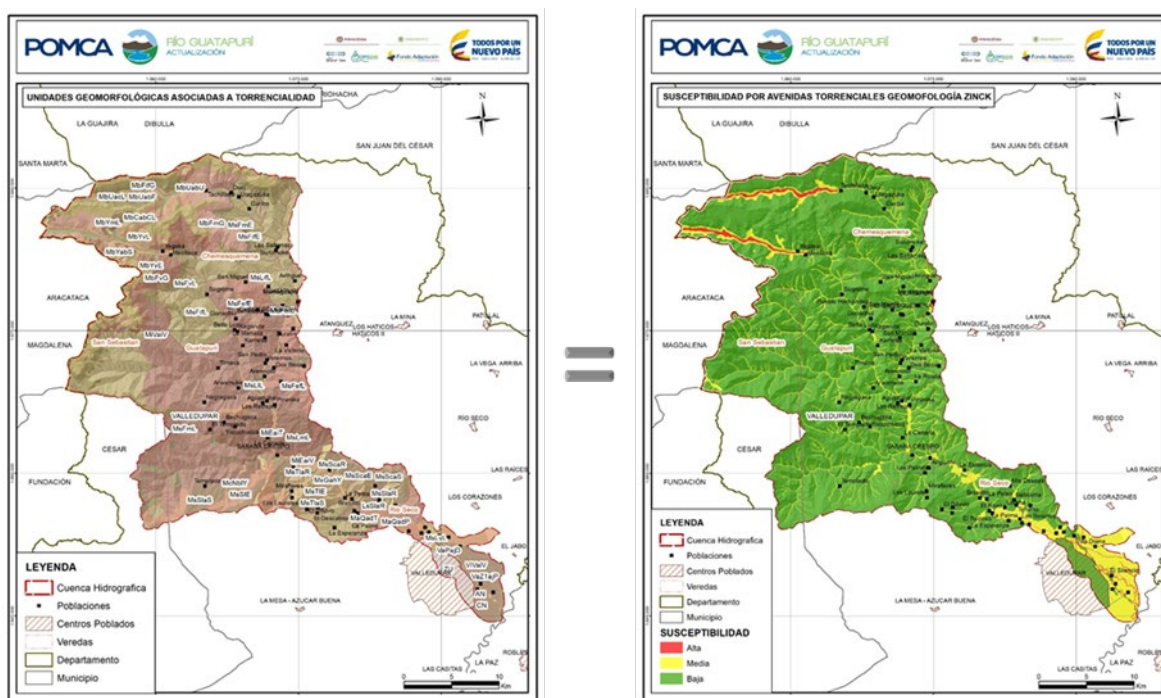
ID	SUBUNIDAD	AREA_HA	% OCUPACIÓN	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	RECALIFICACIÓN
Fbl	Barra Longitudinal	2,336844	0,002625639	3	0,11	0,33
Fbp	Barra puntual	1,535459	0,001725216	3	0,11	0,33
Fca	Cauce aluvial	226,595108	0,254598442	3	0,11	0,33
Fco	Complejo de orillales	18,440036	0,020718913	2	0,11	0,22
Fdc	Divagación de cauce aluvial	42,733656	0,048014815	2	0,11	0,22
Fea	Escarpe de abanico aluvial	120,671101	0,135584014	2	0,11	0,22
Flla	Llanura aluvial	2707,94251	3,042598538	1	0,11	0,11
Fma	Meandro abandonado	5,494282	0,006173283	2	0,11	0,11
Fpi	Plano de inundación	1658,66987	1,8636535	2	0,11	0,22
Ftan	Terraza de acumulación antigua	297,888827	0,334702863	2	0,11	0,22
Ftas	Terraza de acumulación subreciente	2,876565	0,00323206	2	0,11	0,22
Gag	Artesa Glaciar	724,728548	0,814292775	3	0,11	0,33
Gc	Circo glaciar	235,672336	0,264797463	1	0,11	0,11
Gl	Laguna glaciar	4,471273	0,005023847	1	0,11	0,11
Glg	Ladera glaciada o de gelifracción	10038,9317	11,27957435	1	0,11	0,11
Glga	Ladera glaciada de artesa	741,377815	0,832999611	2	0,11	0,22
Glgc	Ladera glaciada de circo	2121,99735	2,384240437	1	0,11	0,11
Gml	Morrena lateral	649,298177	0,729540483	2	0,11	0,22
Gsg	Sierra glaciada	6446,41736	7,24308584	1	0,11	0,11
Sc	Cuesta estructural	1905,58226	2,141080098	1	0,11	0,11
Sce	Cerro estructural	1545,71627	1,736740738	1	0,11	0,11
Sclc	Ladera de contrapendiente de cuesta	2130,76278	2,394089125	1	0,11	0,11
Sft	Facetas triangulares	256,242982	0,287910294	1	0,11	0,11

ID	SUBUNIDAD	AREA_HA	% OCUPACIÓN	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	RECALIFICACIÓN
Slcp	Ladera contrapendiente	2039,82139	2,291908919	1	0,11	0,11
Sle	Ladera estructural	3711,28328	4,169935304	1	0,11	0,11
Slf	Lomo falla	6614,84766	7,432331289	1	0,11	0,11

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

A continuación, se hace el análisis geomorfológico por la metodología Zinck, con el fin de acercar más a la realidad el modelo de susceptibilidad por fenómenos de avenidas torrenciales, y poder identificar el grado de influencia de cada forma del terreno en este tipo de eventos, para esto se clasifico de 1 a 3, siendo 3 el grado de influencia más alto en las avenidas torrenciales, y con un peso de ponderación de un 33.3% en el modelo, el 66.6% restante se dividió entre la geoformas asociadas a avenidas torrenciales de la metodología Carvajal (ver **Tabla 7.57**), y el Índice de Vulnerabilidad Frente a Eventos Torrenciales.

Figura 7.17. Mapa de unidades geomorfológicas con su rango equivalente de Susceptibilidad por Avenidas Torrenciales de las zonas de transito y depositacion en la Cuenca del Río Guatapurí (Metodología Zinck, 2012).



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

A continuación, en la **Tabla 7.58** se muestran las formas del terreno y los resultados de calificación teniendo en cuenta su grado de influencia en los fenómenos de avenidas torrenciales.

Tabla 7.58. Porcentaje de ocupación de geoformas potencialmente torrenciales, y su calificación de susceptibilidad (Metodología Zinck, 2012).

TIPO RELIEVE	FORMA TERRENO	SIMBOLO	ÁREA (HA)	% ÁREA	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	RECALIFICACIÓN
Cumbres	Cima y ladera	MbCabCL	6157,76719	7,02629451	1	0,11	0,11
	Ladera de Gelifracción	MbFifG	3797,57413	4,33320609	1	0,11	0,11
	Ladera de Gelifracción	MbFmG	3482,77065	3,97400089	1	0,11	0,11
	Ladera de Gelifracción	MbFvG	3018,62073	3,44438456	1	0,11	0,11
Artesas / Valles Glaciares	Fondo	MbUabF	724,82598	0,82705965	3	0,11	0,33
	Morrena	MbUabU	640,898668	0,73129475	2	0,11	0,22
	Ladera	MbUacL	761,32081	0,86870193	2	0,11	0,22
Circos	Fondo	MbYabS	235,672337	0,26891293	1	0,11	0,11
	Ladera	MbYmL	427,953905	0,48831501	1	0,11	0,11
	Escarpe	MbYvE	43,825733	0,05000717	1	0,11	0,11
	Ladera	MbYvL	1654,48992	1,8878488	1	0,11	0,11
Espinazos	Ladera erosional	LsSlar	16,800903	0,0191706	1	0,11	0,11
Filas y Vigas	Escarpe	MsFefE	859,001286	0,98015983	1	0,11	0,11
	Ladera	MsFefL	4257,9213	4,85848329	1	0,11	0,11
	Escarpe	MsFifE	669,508676	0,76394008	1	0,11	0,11
	Ladera	MsFifL	13866,6246	15,822454	1	0,11	0,11
	Cima	MsFmC	39,622397	0,04521097	1	0,11	0,11
	Escarpe	MsFmE	1269,88166	1,44899316	1	0,11	0,11
	Ladera	MsFmL	18463,2916	21,0674617	1	0,11	0,11
	Ladera	MsFvL	755,246258	0,86177059	1	0,11	0,11
Lomas	Ladera	MsLefL	87,404959	0,09973306	1	0,11	0,11
	Ladera	MsLifL	81,78136	0,09331628	1	0,11	0,11
	Ladera	MsLIL	555,009811	0,63329162	1	0,11	0,11
	Ladera	MsLmL	4159,7686	4,74648657	1	0,11	0,11
	Ladera	MsLvL	184,545841	0,21057526	1	0,11	0,11

TIPO RELIEVE	FORMA TERRENO	SIMBOLO	ÁREA (HA)	% ÁREA	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	RECALIFICACIÓN
Espinazos	Escarpe	MsScaE	156,074488	0,17808814	1	0,11	0,11
	Ladera estructural	MsScaS	207,360999	0,2366084	1	0,11	0,11
	Ladera erosional	MsSlaR	805,341785	0,91893188	1	0,11	0,11
	Ladera estructural	MsSlaS	3671,72561	4,18960716	1	0,11	0,11
	Escarpe	MsSIE	2565,85512	2,92775826	1	0,11	0,11
Crestones	Ladera erosional	MsTlaR	1309,503	1,49420292	1	0,11	0,11
	Ladera estructural	MsTlaS	1881,58292	2,14697232	1	0,11	0,11
	Escarpe	MsTIE	305,165091	0,34820735	1	0,11	0,11
Abanicos Terraza	Plano	MaQadP	409,34894	0,4670859	2	0,11	0,22
	Talud	MaQadT	199,502999	0,22764206	2	0,11	0,22
Valle Estrecho	Plano de terraza	MiEaiP	504,677485	0,57586013	2	0,11	0,22
	Talud	MiEaiT	12,337121	0,01407722	2	0,11	0,22
	Vega	MiEaiV	467,143981	0,53303269	2	0,11	0,22
Vallecito	Vega	MiVaiV	4937,75887	5,63420912	3	0,11	0,33
Glacis de Acumulación	Cuerpo	MxGahY	419,024127	0,47812573	1	0,11	0,11
Valle Estrecho	Vega	PaPajD	70,61408	0,0805739	2	0,11	0,22
Abanico de terraza 1	Plano de terraza	PaZ1ajP	2559,61466	2,9206376	2	0,11	0,22
Abanico de terraza 2	Plano de terraza	PaZ2ajP	712,469272	0,81296008	2	0,11	0,22
Vallecito	Vega	PiVaiV	231,669789	0,26434584	3	0,11	0,33

Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar.

7.3.4.4.8 Generación del Mapa de Susceptibilidad por Avenidas Torrenciales

El análisis de la susceptibilidad se planteó de manera que permita establecer que áreas dentro de las subcuencas están predispuestas a que se presenten eventos de avenidas torrenciales. A partir de lo anterior y de los criterios mencionados se iniciaron los análisis, en donde se revisa en primera instancia el índice de vulnerabilidad frente a eventos torrenciales (IVET) en el cual categoriza la torrencialidad en muy alta, alta, media, baja o muy baja para cada subcuenca.

Después de tener el IVET, se revisan las geoformas asociadas a torrencialidad a nivel de formas del terreno de la metodología de Zinck (2012) y de subunidades y procesos morfodinámicos de la metodología de Carvajal. A partir de este cruce de información se establece el siguiente criterio (Ver **Tabla 7.61**):

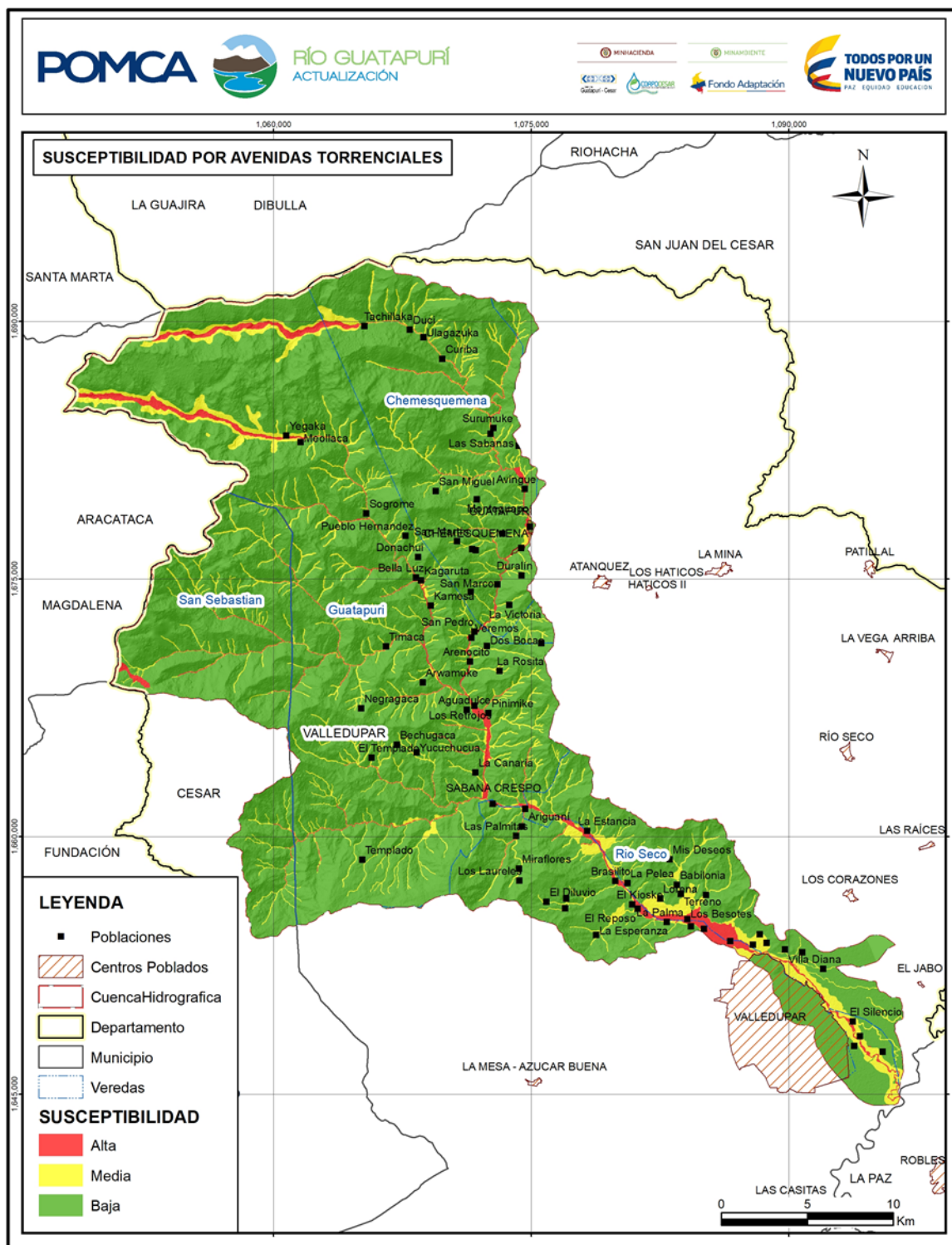
Tabla 7.59. Nivel susceptibilidad por avenidas torrenciales con los criterios tomados en cuenta para el análisis.

RANGOS DE PONDERACIÓN	ZONIFICACIÓN DE SUSCEPTIBILIDAD
70-100%	Susceptibilidad Alta
50-70%	Susceptibilidad Media
0-50%	Susceptibilidad Baja

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

A continuación, se muestra el mapa de susceptibilidad por avenidas torrenciales de la Cuenca del Río Guatapurí, ver Mapa 7.50.

Mapa 7.50 susceptibilidad por avenidas torrenciales de las zonas de transito y depositacion en la Cuenca Río Guatapuri

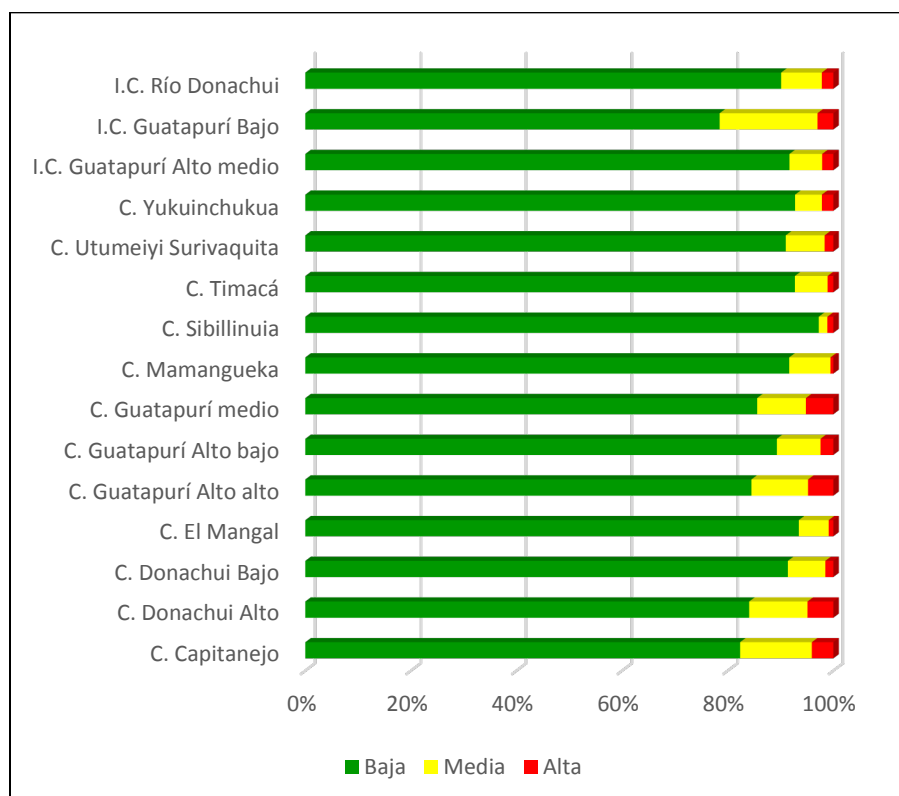


Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar.

7.3.4.4.9 Análisis de resultados

En el análisis de resultados se determinaron los porcentajes de susceptibilidad por subcuencas hidrográficas y por municipios. A continuación, se muestra el análisis por subcuencas en donde se aprecia que la mayoría de subcuencas presentan más del 65% en susceptibilidad media y alta por avenidas torrenciales, con excepción de I.C. Guatapurí Bajo que tan solo presenta un 12% en susceptibilidad media y alta. **Ver** Gráfica 7.45.

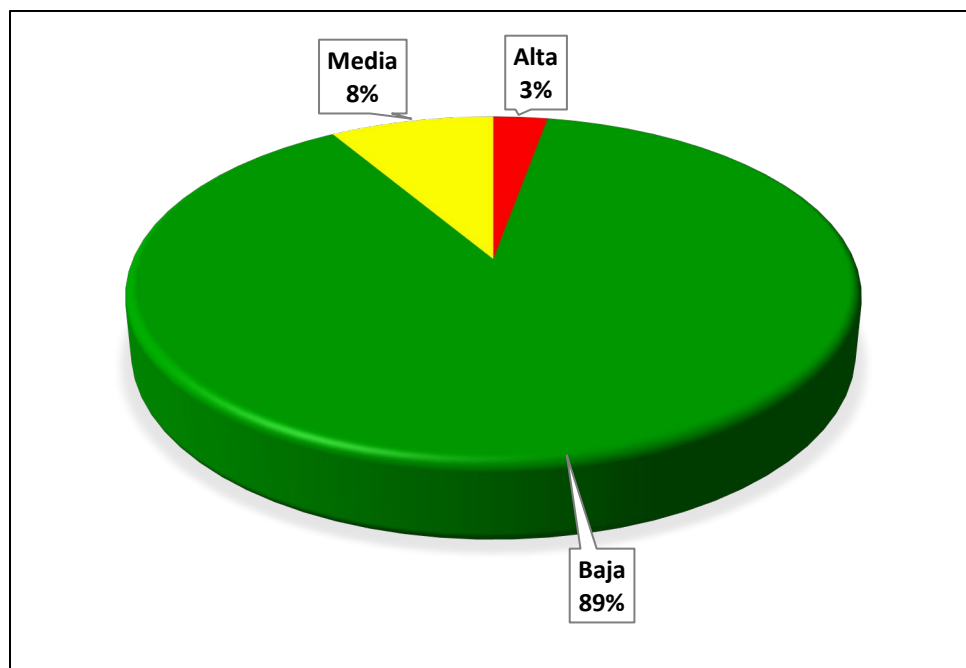
Gráfica 7.45 Porcentaje de susceptibilidad a avenidas torrenciales de las zonas de tránsito y depositación en la Cuenca del Río Guatapurí, por subcuencas.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Teniendo en cuenta la zonificación anterior se puede observar que las áreas con susceptibilidad alta se encuentran principalmente en la parte media y alta de la cuenca y se caracterizan por presentar el 3% del territorio de la Cuenca del Río Guatapurí (ver Gráfica 7.46).

Gráfica 7.46 Porcentaje de susceptibilidad a avenidas torrenciales en la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

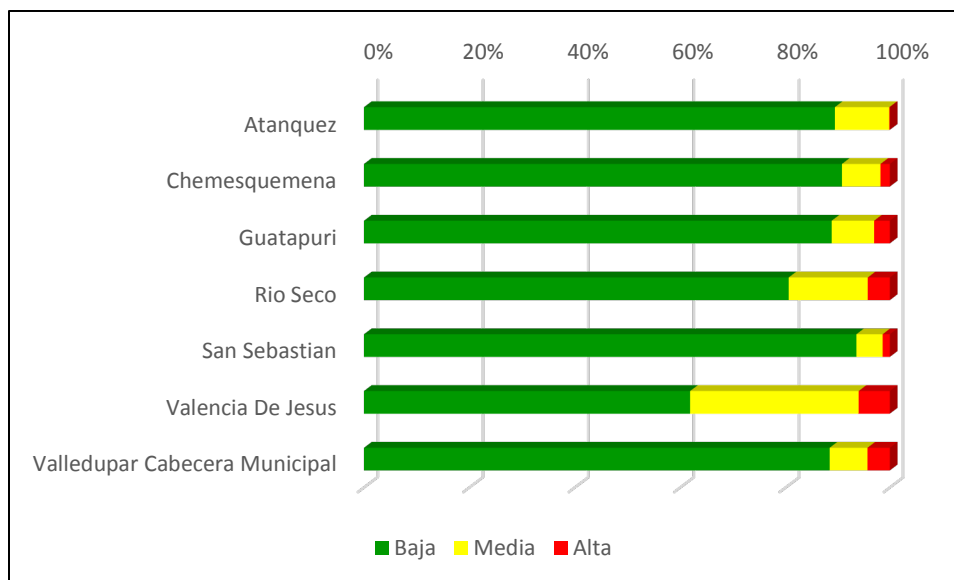
La Cuenca del Río Guatapurí la conforman los municipios de Pueblo Bello y Valledupar, a su vez 7 veredas las cuales son: San Sebastián, Atanquez, Chemesquemena, Guatapurí, Río Seco, Valencia de Jesús, y Valledupar Cabecera Municipal. A continuación, se presenta el porcentaje de susceptibilidad por cada una de las veredas (ver **Tabla 7.60** y Gráfica 7.47).

Tabla 7.60. Porcentaje de susceptibilidad a avenidas torrenciales por municipios y veredas que hacen parte de la Cuenca del Río Guatapurí.

MUNICIPIO	VEREDA	SUSCEPTIBILIDAD		
		BAJA	MEDIA	ALTA
PUEBLO BELLO	San Sebastián	93.6%	5.1%	1.4%
VALLEDUPAR	Atanquez	89.4%	10.5%	0.1%
	Chemesquemena	90.8%	7.4%	1.8%
	Guatapurí	88.8%	8.2%	3.0%
	Río Seco	80.6%	15.2%	4.3%
	Valencia de Jesús	61.9%	32.1%	6.0%
	Valledupar Cabecera Municipal	88.4%	7.3%	4.3%

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Gráfica 7.47 Porcentaje de susceptibilidad a avenidas torrenciales por municipios y veredas que hacen parte de la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

7.3.4.5 Zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales

Las cuencas torrenciales son aquellas que tienen la capacidad de generar eventos de caudales muy grandes producidos en pocas horas durante los períodos invernales principalmente.

Durante estos eventos de gran caudal, con flujo no uniforme y alta velocidad, la cuenca adquiere una amplia capacidad de arrastre de materiales heterogéneos de gran magnitud, los cuales provienen usualmente de movimientos en masa generados en las márgenes del cauce, que van aumentando gradualmente su poder destructivo al incrementar la cantidad y tamaño del material disponible que puede incluir árboles, sedimentos gruesos, bloques de roca, entre otros.

En la literatura existente, varios autores mencionan que las características básicas de las cuencas torrenciales se presentan en su mayoría en cuencas jóvenes o en evolución, estas características son:

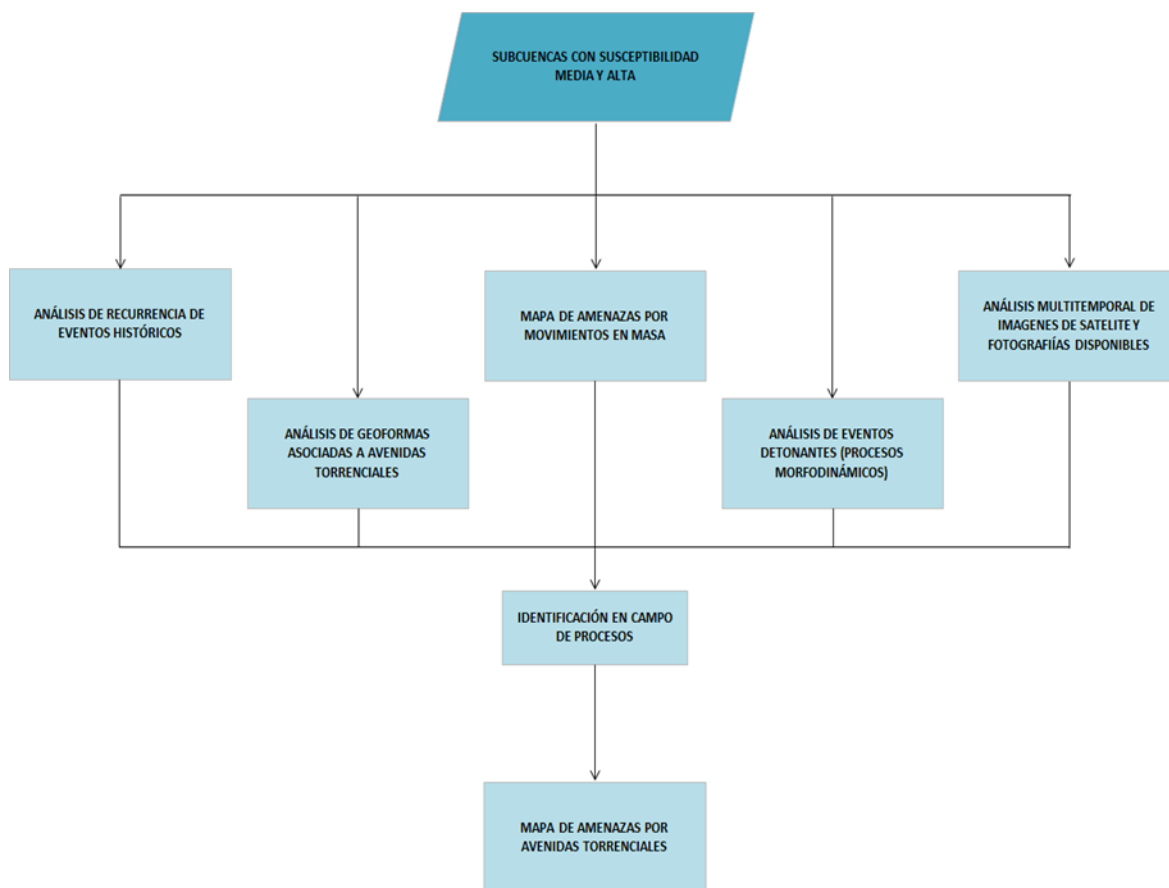
- Cuencas relativamente pequeñas en las cuales los eventos de lluvia pueden cubrir completamente toda al área de captación.
- Cuencas o microcuencas situadas en regiones montañosas fuertemente escarpadas.
- Pendientes escarpadas del lecho o canal del río principal y de sus afluentes.
- Gran capacidad del río para socavar y profundizar su propio lecho, principalmente drenajes jóvenes.
- Alta capacidad de transporte de rocas y materiales.
- Presencia de valles estrechos en forma de “V” con laderas muy pendientes, propio de drenajes jóvenes.

- Gran variabilidad entre los caudales máximos y mínimos, hasta el punto de que una creciente puede presentar un caudal 100 veces mayor al caudal medio de la corriente.

7.3.4.5.1 Metodología empleada para la zonificación de la amenaza

A partir de las anteriores características y teniendo en cuenta las subcuencas con susceptibilidad media y alta, se realizó la delimitación de las áreas que posiblemente se vean afectadas en las diferentes cuencas del área en estudio y se presenta a continuación en la **Figura 7.18**.

Figura 7.18. Esquema metodológico para la obtención de la amenaza por avenidas torrenciales.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Con base a la zonificación de la susceptibilidad a avenidas torrenciales se pretende aplicar el esquema metodológico de la **Figura 7.18**, que permita zonificar y evaluar la amenaza por avenidas torrenciales.

Aunque se toma como base la metodología propuesta se incluye algunas variables que influyen también en las avenidas torrenciales como lo son las coberturas vegetales, el estado de las rocas y suelos en superficie conocidas como las unidades geológicas superficiales, y se ponderan dependiendo de su grado de influencia en los fenómenos de avenidas torrenciales, y se realiza un análisis estadístico mediante herramientas SIG. A continuación, se presenta la ponderación e ilustración de las variables:

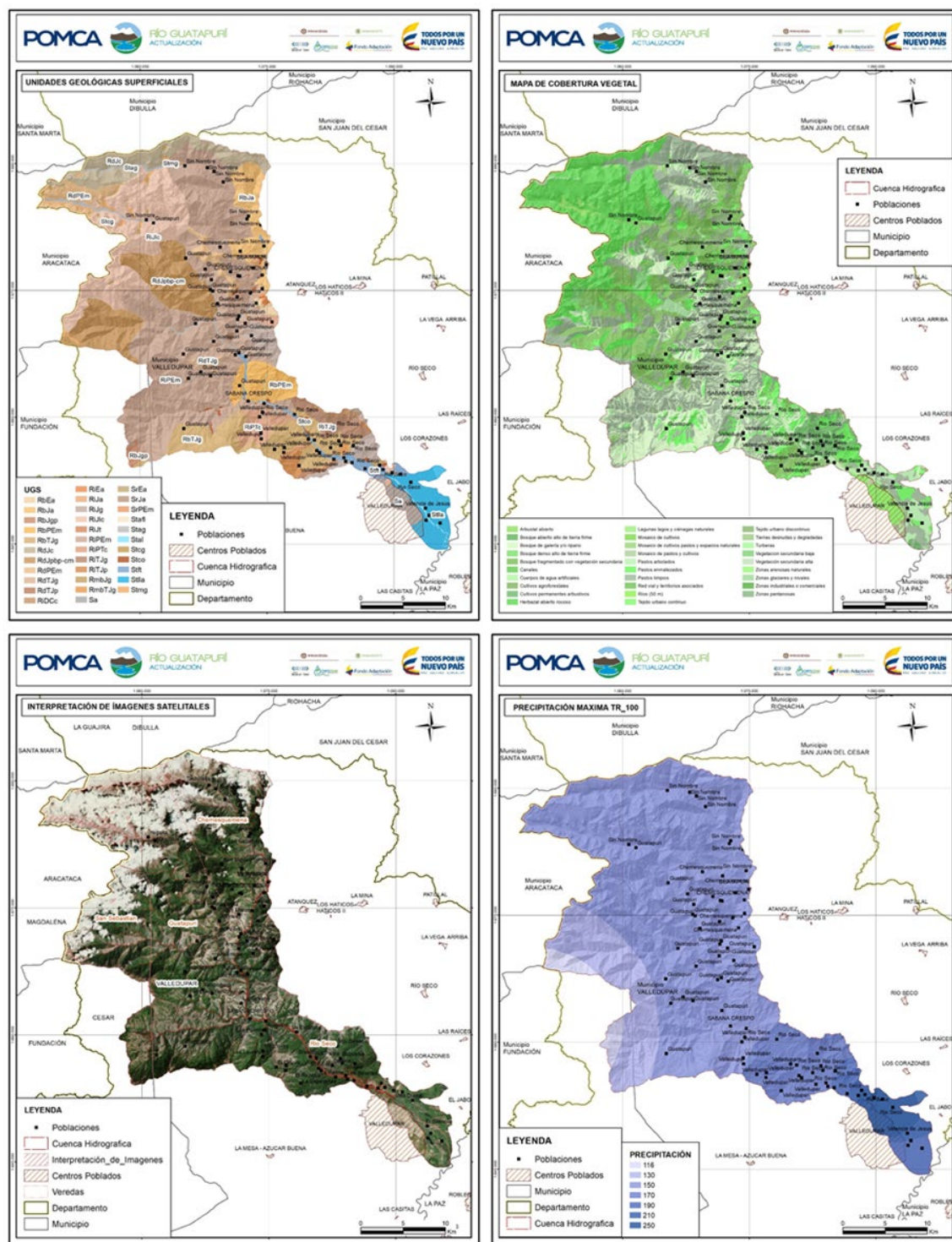
Tabla 7.61. Esquema de ponderación de variables temáticas para el modelo de amenaza de las zonas de tránsito y depositación por fenómenos de avenidas torrenciales.

VARIABLES		PARAMETROS	PONDERACIÓN
1	Clima	Precipitación máxima	25%
2	Geología	UGS	25%
3	Cobertura Vegetal	Cobertura Vegetal	25%
4	Procesos morfodinámicos asociados a Avenidas Torrenciales	- Rastros de Avenidas Torrenciales interpretados con imágenes satelitales. - Registro de eventos activos cartografiados en campo	25%

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

A continuación, se muestra una ilustración de las variables temáticas que se ponderaron para la obtención de la amenaza por fenómenos de avenidas torrenciales dentro de la cuenca hidrográfica del Río Guatapurí, en donde se incluyen las unidades geológicas superficiales, la cobertura vegetal, los procesos morfodinámicos asociados a avenidas torrenciales en punto y en polígono, y la precipitación máxima con periodo de retorno de 100 años.

Figura 7.19. Variables temáticas utilizadas para elaborar la zonificación de la amenaza por Avenidas Torrenciales.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Para el análisis de la amenaza se incluyó la precipitación como detonante, y se ponderarán las variables a utilizar, se normalizaron según su importancia en los fenómenos de avenidas torrenciales y se realizó la zonificación de la amenaza por tránsito y transporte de material en las áreas evaluadas en rangos de susceptibilidad media y alta (ver **Figura 7.19**).

7.3.4.5.2 Procesos morfodinámicos y geoformas asociadas a torrencialidad verificados en campo

Se realizaron las visitas de campo por las principales corrientes hídricas en las que se evidenciaron alrededor de 12 procesos de caída de rocas, 2 deslizamientos rotacionales, 22 deslizamientos traslacionales, 2 procesos de reptación, 3 procesos de socavación lateral, 2 tierras denudadas o malas, 30 Flujos de detritos antiguos con morfología de terraza antigua, 7 flujos de detritos recientes asociados a la torrencialidad actual dentro de la cuenca (ver **Tabla 7.62**). Cada uno de estos procesos ayuda a conocer las zonas de aporte y de iniciación de las avenidas torrenciales, las zonas de tránsito, y las zonas de depositación de estos materiales.

A continuación, se hace una relación de los procesos y de su localización geográfica:

Tabla 7.62. Procesos morfodinámicos verificados en campo.

ESTACIÓN	TIPO DE PROCESO	DESCRIPCIÓN	COORD_ESTE	COORD_NORTE
GUAT-GR-26	Caída	Depósitos desarrollados en la base de los escarpes y laderas elevadas, por caída de bloques y cantos. Sus pendientes varían de suavemente inclinada a inclinada.	1073717	1661568
GUAT-GR-27	Caída		1074830	1661624
GUAT-GR-35	Caída		1080915	1656158
GUAT-GR-49	Caída		1083642	1655476
GUAT-GR-44	Caída		1089352	1652703
GUAT-AP-02	Caída		1074471	1678626
PC-AP-24	Caída		1072387	1662143
PC-AP-27	Caída		1071569	1662198
PC-AP-29	Caída		1068978	1660838
PC-AP-66	Caída		1085080	1656274
PC-AP-68	Caída		1086043	1656905
PC-AP-70	Caída		1074970	1677385
GUAT-GR-08	Deslizamiento rotacional	Estructura en forma de cono o lóbulo con morfología alomada baja, de longitud muy corta a corta, irregular, localmente escalonada, muy inclinada a abrupta y lobulada en su parte distal.	1072611	1677571
GUAT-GR-09	Deslizamiento rotacional		1072890	1676885
GUAT-GR-05	Deslizamiento traslacional		1073445	1677637

ESTACIÓN	TIPO DE PROCESO	DESCRIPCIÓN	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
GUAT-GR-06	Deslizamiento traslacional	Estructura en forma de cono o lóbulo con morfología alomada baja, de longitud muy corta a corta, irregular, localmente escalonada, muy inclinada a abrupta y lobulada en su parte distal.	1073172	1676281
GUAT-GR-04	Deslizamiento traslacional		1073668	1676178
GUAT-GR-14	Deslizamiento traslacional		1074036	1673114
GUAT-GR-18	Deslizamiento traslacional		1071279	1662113
GUAT-GR-17	Deslizamiento traslacional		1071663	1662251
GUAT-GR-16	Deslizamiento traslacional		1072607	1661922
GUAT-JR-07	Deslizamiento traslacional		1071292	1674763
GUAT-JR-10	Deslizamiento traslacional		1071588	1675230
GUAT-JR-16	Deslizamiento traslacional		1073721	1675297
GUAT-JR-34	Deslizamiento traslacional		1075167	1661584
GUAT-GR-13	Deslizamiento traslacional		1073677	1673441
PC-AP-03	Deslizamiento traslacional		1073212	1675115
PC-AP-12	Deslizamiento traslacional		1073507	1674851
PC-AP-14	Deslizamiento traslacional		1073956	1673167
PC-AP-71	Deslizamiento traslacional		1074926	1677244
PC-AP-72	Deslizamiento traslacional		1074860	1677104
PC-AP-73	Deslizamiento traslacional		1074706	1676920
PC-AP-75	Deslizamiento traslacional		1074883	1677168
PC-AP-02	Deslizamiento traslacional		1073259	1675714
PC-VH-03	Deslizamiento traslacional		1075153	1661595
PC-VH-04	Deslizamiento traslacional		1075239	1661536
GUAT-GR-01	Flujo de detritos antiguo	Antiguos flujos que forman depósitos clasto soportados fluvio-torrenciales, dejando expresión morfológica de terrazas	1074857	1678604
GUAT-GR-20	Flujo de detritos antiguo		1070717	1661916
GUAT-GR-24	Flujo de detritos antiguo		1072332	1662786
GUAT-GR-22	Flujo de detritos antiguo		1072374	1662471
GUAT-GR-25	Flujo de detritos antiguo		1074032	1661795
GUAT-GR-28	Flujo de detritos antiguo		1075388	1661472
GUAT-GR-30	Flujo de detritos antiguo		1077227	1660799

ESTACIÓN	TIPO DE PROCESO	DESCRIPCIÓN	COOR_ESTE	COOR_NORTE
GUAT-GR-31	Flujo de detritos antiguo		1077706	1660404
GUAT-GR-36	Flujo de detritos antiguo		1084470	1655463
GUAT-GR-33	Flujo de detritos antiguo		1083846	1654932
GUAT-GR-37	Flujo de detritos antiguo		1085001	1655190
GUAT-GR-34	Flujo de detritos antiguo		1081308	1655426
GUAT-GR-07	Flujo de detritos antiguo		1072797	1677229
GUAT-GR-19	Flujo de detritos antiguo		1071279	1662113
GUAT-GR-23	Flujo de detritos antiguo		1072369	1662540
PC-AP-04	Flujo de detritos antiguo		1072994	1674830
PC-AP-44	Flujo de detritos antiguo		1079682	1657719
PC-AP-45	Flujo de detritos antiguo		1080089	1657188
PC-AP-47	Flujo de detritos antiguo		1081034	1655843
PC-AP-48	Flujo de detritos antiguo		1084013	1655086
PC-AP-49	Flujo de detritos antiguo		1084266	1655329
PC-AP-50	Flujo de detritos antiguo		1084098	1655489
PC-AP-51	Flujo de detritos antiguo		1083923	1655500
PC-AP-53	Flujo de detritos antiguo		1083343	1655466
PC-AP-55	Flujo de detritos antiguo		1083495	1655424
PC-AP-58	Flujo de detritos antiguo		1084794	1655371
PC-AP-59	Flujo de detritos antiguo		1086493	1654464
PC-AP-60	Flujo de detritos antiguo		1089861	1653324
PC-AP-69	Flujo de detritos antiguo		1084801	1655737
PC-AP-74	Flujo de detritos antiguo		1074267	1676797
GUAT-GR-21	Flujo de detritos reciente	Flujos asociados a la actividad reciente del cauce compuestos por cantos y bloques en matriz arenosa	1072306	1662257
GUAT-GR-03	Flujo de detritos reciente		1073714	1676300
PC-AP-62	Flujo de detritos reciente		1084676	1655976
PC-AP-63	Flujo de detritos reciente		1084741	1656070
PC-AP-64	Flujo de detritos reciente		1084811	1656101

ESTACIÓN	TIPO DE PROCESO	DESCRIPCIÓN	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
PC-AP-65	Flujo de detritos reciente		1084855	1656166
PC-VH-02	Flujo de detritos reciente		1075058	1661637
PC-AP-07	Reptación	Movimiento lento de los suelos, producto de la intensa erosión pluvial, la pérdida de cobertura y el sobrepastoreo	1072581	1672616
PC-AP-10	Reptación		1073700	1676170
GUAT-JR-46	Socavación lateral	Proceso de erosión hídrica intenso el cual desgasta las terrazas adyacentes a los cauces aluviales	1090627	1651993
PC-VH-01	Socavación lateral		1091441	1651396
PC-VH-05	Socavación lateral		1092358	1651508
GUAT-GR-02	Tierras malas	Áreas de intensa erosión, surcos, cárcavas, hondonadas, etc.	1074939	1678691
GUAT-JR-01	Tierras malas		1075073	1677950

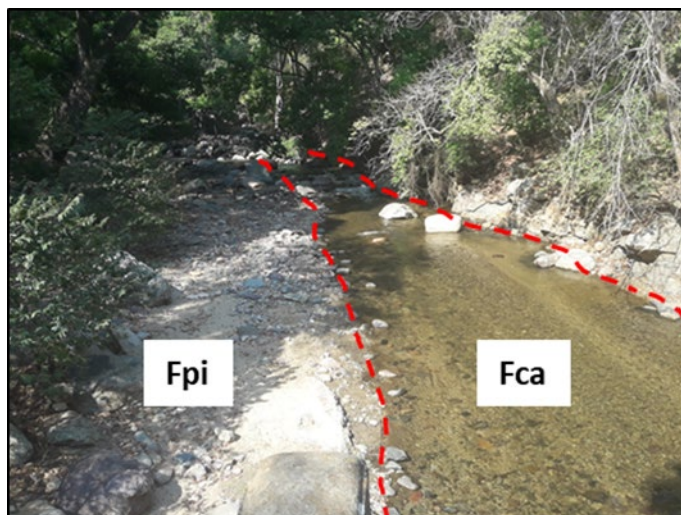
Fuente: Consorcio Guatapuri-Cesar.

A continuación, se muestran algunos ejemplos de los procesos morfodinámicos y las geoformas asociados a torrencialidad, reconocidos en los recorridos de campo, los cuales son provenientes de ambientes, fluvial, denudacional y glaciar. Estas geoformas y procesos son la evidencia de avenidas torrenciales antiguas, recientes, y zonas inestables con potencial de aportar material para una avenida torrencial.

7.3.4.5.2.1 Plano de inundación (Fpi)

Geoformas con morfología baja y ondulada con pendientes levemente inclinadas a medias eventualmente inundables. En regiones montañosas donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas que presentan una red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad y localmente pueden presentar control estructural (ver **Fotografía 7.13**). La composición granulométrica y mineralógica, así como las características estructurales y texturales varían ampliamente en función del régimen de los ríos, de las propiedades de las rocas, de la cuenca hidrológica y de las condiciones morfodinámicas generales. En las corrientes de alta gradiente se presentan materiales heterogéneos con predominio de guijarros de composición mineralógica variada, mientras que las de bajo gradiente se caracterizan por una mejor distribución y disminución del tamaño y redondez de los materiales.

Fotografía 7.13. Azimut 300°. Plano de inundación (Fpi), y cauce aluvial (Fca) del Río Guatapurí. Estación GUAT-GR-21. Municipio Valledupar, Vereda Guatapurí. E: 1072306 m, N: 1662257 m.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

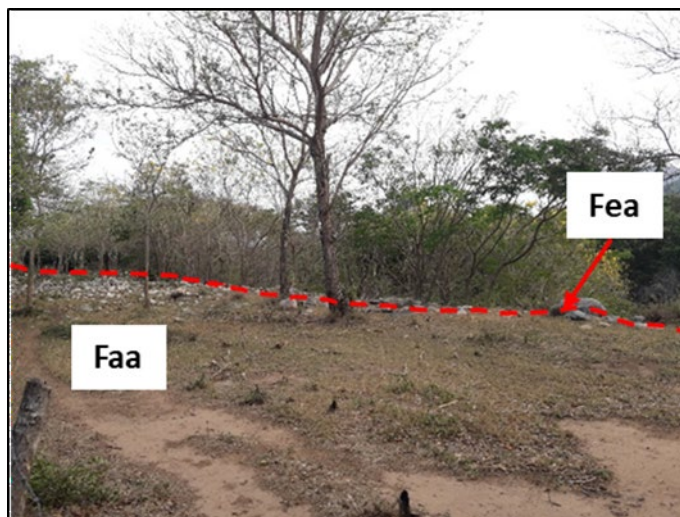
7.3.4.5.2.2 Cauce aluvial (Fca)

Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. Dependiendo de factores como pendiente, resistencia del lecho, carga de sedimentos y caudal, pueden persistir por grandes distancias. Para la cuenca se delimitó la geoforma con ayuda de las imágenes satelitales y la cartografía IGAC, principalmente de río Guatapurí y algunos de sus tributarios (ver **Fotografía 7.13**).

7.3.4.5.2.3 Abanico aluvial (Faa)

Superficies en forma de abanico, de laderas cóncavo convexas, de dimensiones de cientos de metros de morfología plana a suavemente inclinada, aterrazada formados donde una corriente desemboca en una zona plana, ver **Fotografía 7.14** Su origen está asociado a la acumulación torrencial y fluvial en forma radial. Esta geoforma se reconoce hacia el piedemonte, en donde el río Guatapurí sufre un cambio abrupto de pendiente, generando las condiciones óptimas para que se depositaran materiales de proveniencia torrencial, controlados de manera litológica por los cerros remanentes.

Fotografía 7.14. Azimut 180°. Abanico aluvial (Faa), y Escarpe de abanico aluvial (Fea). Estación GUAT-GR-37. Municipio Valledupar, Vereda Río Seco. E: 1085001 m, N: 1655190 m.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.3.4.5.2.4 Escarpe de abanico aluvial (Fea)

Plano subvertical de longitud muy corta a corta, cóncavo o convexo, presente en los bordes de la superficie del abanico. Su origen es relacionado a procesos de incisión de la red de drenaje tributaria (ver **Fotografía 7.14**).

7.3.4.5.2.5 Terraza de acumulación antigua (Ftan), “Flujo de detritos antiguo”

Son superficies planas a ligeramente inclinadas dejadas por la acumulación de material fluvial y fluvio-torrencial depositado por un río o quebrada que indican los diferentes niveles de divagación del cauce a través de su evolución, localizándose a diferentes alturas a los lados de los valles de los ríos. Esta geoforma está asociada a depósitos antiguos de avenidas torrenciales dispuestos adyacente al cauce principal del río Guatapurí (ver **Fotografía 7.15**).

Fotografía 7.15. Azimut 170°. Terraza de acumulación antigua (Ftan). Estación GUAT-GR-01. Municipio Valledupar, Vereda Chemesquemena. E: 1074857 m, N: 1678604 m.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.3.4.5.2.6 Terraza de acumulación subreciente (Ftas), “Flujo de detritos reciente”

Superficie plana a suavemente inclinada, remanente de terrazas de morfología ondulada, disectadas, localmente basculadas, con inclinaciones entre 3° a 5°, aunque algunos sectores pueden alcanzar los 10° donde se presenta limitada por escarpes de 5 a 20 m. Su origen es relacionado a la ampliación del valle de un río Guatapurí, asociadas a depósitos clastosoportados en matriz arenosa, producto de la actividad fluvial y fluvio-torrencial actual.

Fotografía 7.16. Azimut 140°. Terraza de acumulación subreciente (Ftas). Estación GUAT-GR-03. Municipio Valledupar, Vereda Chemesquemena. E: 1073714 m, N: 1676300 m.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.3.4.5.2.7 Talus (Dt) “Caidas”

Depósitos desarrollados en la base de los escarpes y laderas elevadas, por caída de bloques y cantos. Sus pendientes varían de suavemente inclinada a inclinada. Esta geoforma está relacionada al fuerte diaclasamiento de las rocas dentro de la cuenca, producto de la tectónica compresiva, que junto con las fuertes pendientes generan la caída de rocas (ver **Fotografía 7.17**).

Fotografía 7.17. Azimut 95°. Talus (Dt). Estación GUAT-GR-17. Municipio Valledupar, Vereda Guatapurí. E: 1071663 m, N: 1662251 m.

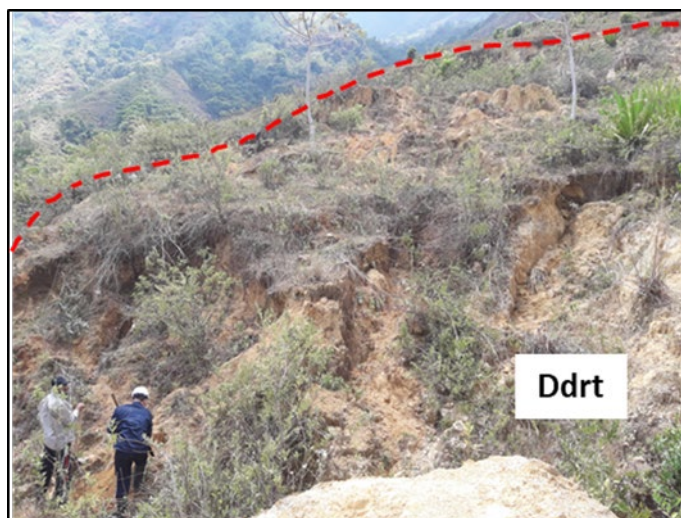


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.3.4.5.2.8 Deslizamiento rotacional (Ddrt)

Estructura en forma de cono o lóbulo con morfología alomada baja, de longitud muy corta a corta, irregular, localmente escalonada, muy inclinada a abrupta y lobulada en su parte distal. Su origen está relacionado al desprendimiento rotacional de tierra y bloques, en laderas con un buen espesor de suelos residual o coluvial antiguo (ver **Fotografía 7.18**).

Fotografía 7.18. Azimut 240°. Deslizamiento rotacional (Ddrt). Estación GUAT-GR-09. Municipio Valledupar, Vereda Chemesquemena. E: 1072890 m, N: 1676885 m.

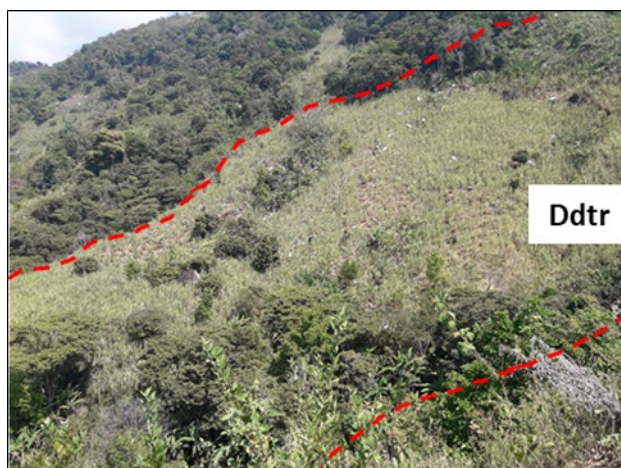


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.3.4.5.2.9 Deslizamiento traslacional (Ddtr)

Estructura en forma de cono o lóbulo, con morfología plana a suavemente ondulada. Su origen es relacionado al movimiento de rocas o tierra a lo largo de una superficie de falla más o menos planar. El movimiento es controlado por segmentos de debilidad asociados con planos de estratificación, zonas de alto fracturamiento o el contacto entre un plano rocoso y los detritos suprayacentes. En la Cuenca del Río Guatapurí son más comunes que los deslizamientos rotacionales, debido a que es poco el espesor de suelo sobre las vertientes, lo que genera reptación, y deslizamientos superficiales o traslacionales (ver **Fotografía 7.19**).

Fotografía 7.19. Azimut 335°. Deslizamiento traslacional (Ddtr). Estación GUAT-GR-06. Municipio Valledupar, Vereda Chemesquemena. E: 1073014 m, N: 1673444 m.

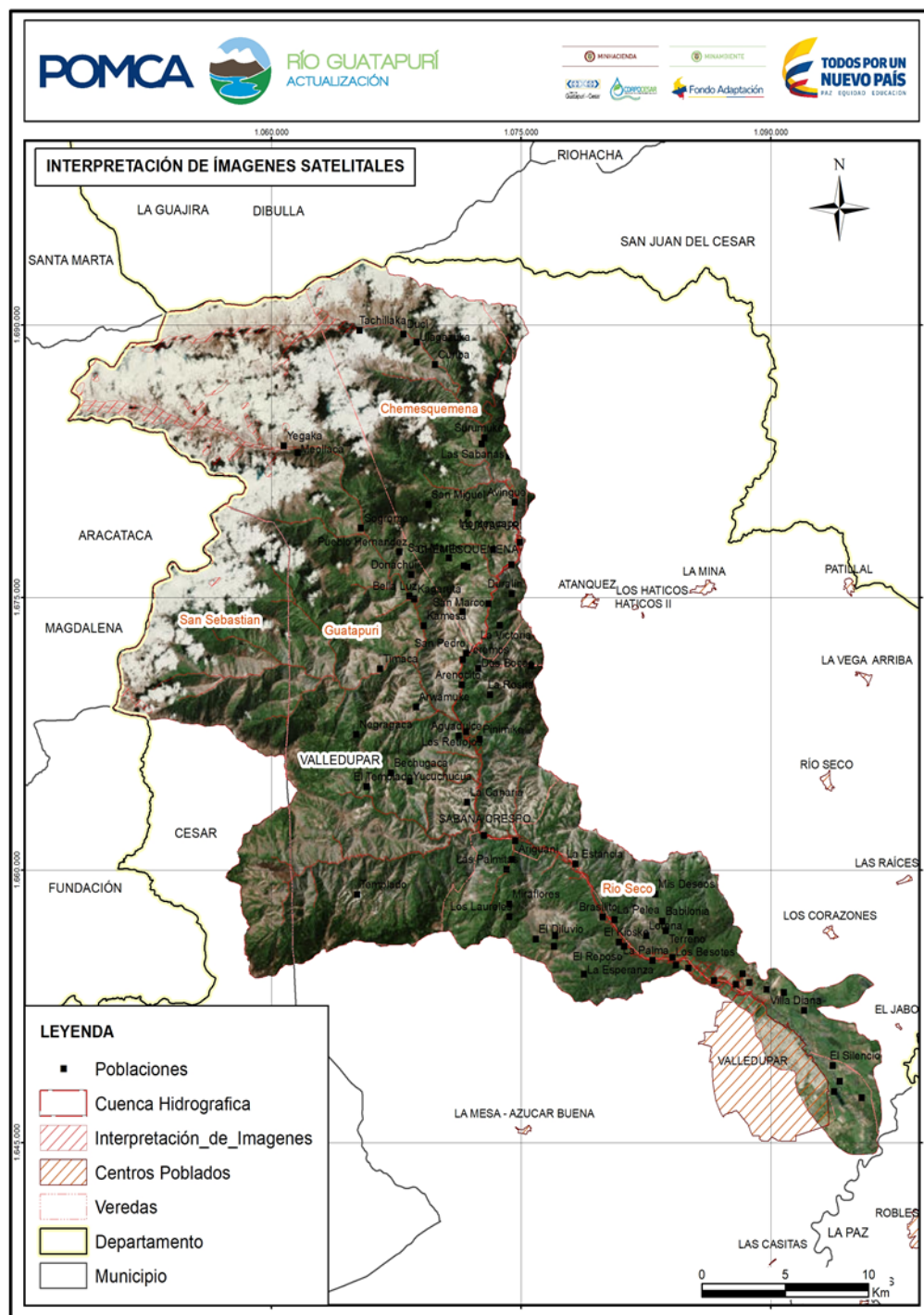


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.3.4.5.3 Interpretación de imágenes satelitales

A partir de la fotointerpretación y actividades de campo, se establecieron zonas que han sufrido procesos morfodinámicos recientes, consideradas como zonas de inestabilidad, que puede en algún momento ser una de las causas de eventos de torrencialidad, en temporales de alta precipitación o de movimientos sísmicos, que permitan su desplazamiento pendiente abajo. Esta interpretación estuvo encaminada a determinar las zonas de aporte, tránsito y depositación de avenidas torrenciales dentro de la cuenca, y ayudo a establecer el mapa final de amenaza por fenómenos de Avenidas Torrenciales (ver Mapa 7.51).

Mapa 7.51 Interpretación de procesos morfodinámicos para la cuenca Río Guatapurí.



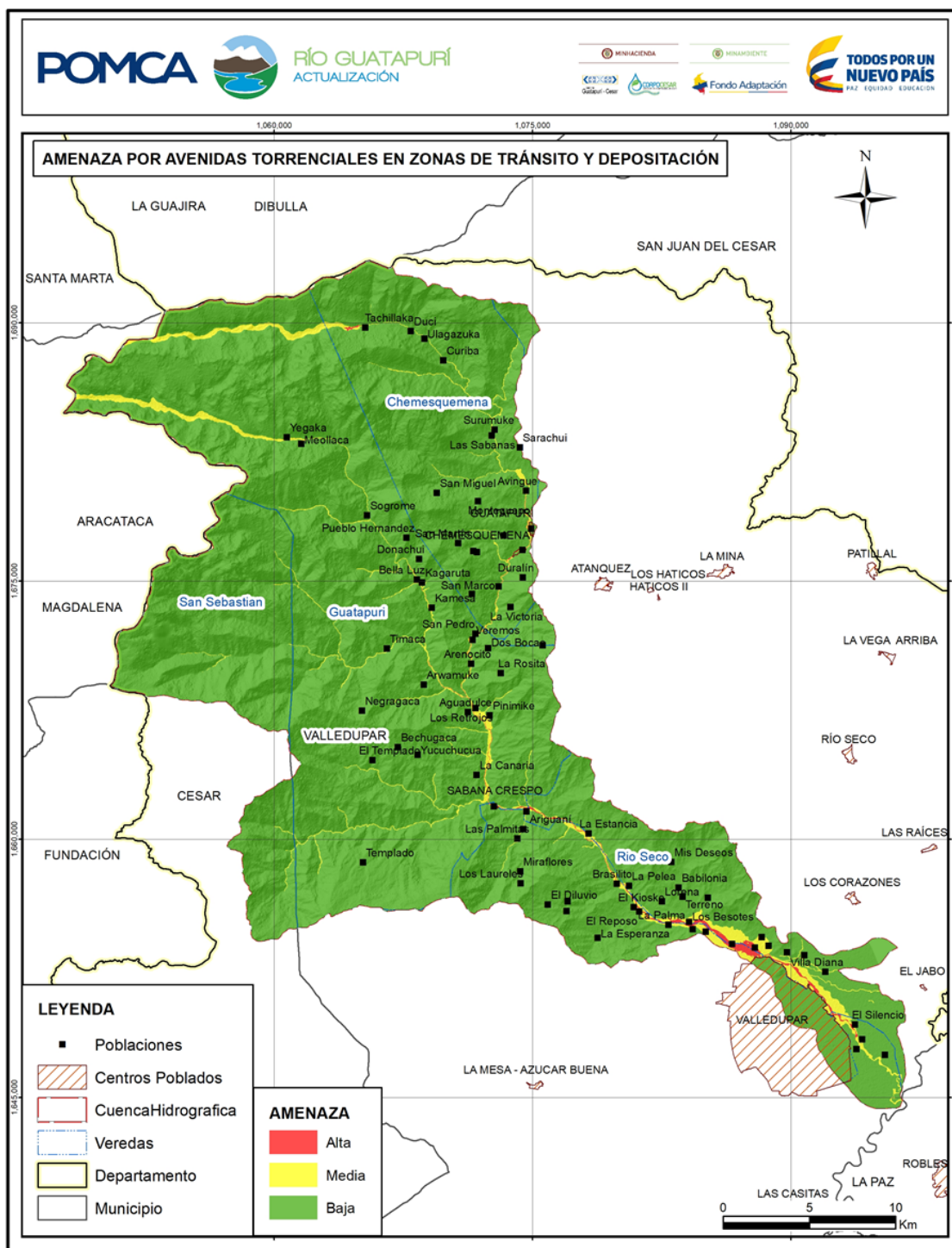
Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.3.4.5.4 Generación del Mapa de Amenaza por Avenidas Torrenciales

Para la zonificación de la amenaza por fenómenos de Avenidas Torrenciales, se dividió en dos fases, la primera enfocada en la identificación en las zonas de tránsito y depositación del material torrencial y la segunda enfocada en analizar las áreas potencialmente inestables que pueden aportar material en este tipo de fenómenos. En esta fase tendremos en cuenta la zonificación de la amenaza por fenómenos de movimientos en masa junto con la función distancia a ríos, lo cual nos permitirá determinar los posibles materiales que aportaran a una avenida torrencial.

El análisis de la amenaza dio especial prioridad a las áreas con niveles de susceptibilidad por torrencialidad media y alta. Para el análisis se necesito el resultado de las dos fases iniciales las cuales buscaban determinar de forma precisa las zonas de tránsito y depositación de los materiales torrenciales y las zonas de iniciación de este tipo de fenómenos, para hallar así la amenaza total por fenómenos de avenidas torrenciales dentro de la cuenca del Río Guatapurí. Mapa 7.52

Mapa 7.52 amenaza total por avenidas torrenciales en la Cuenca Río Guatapuri

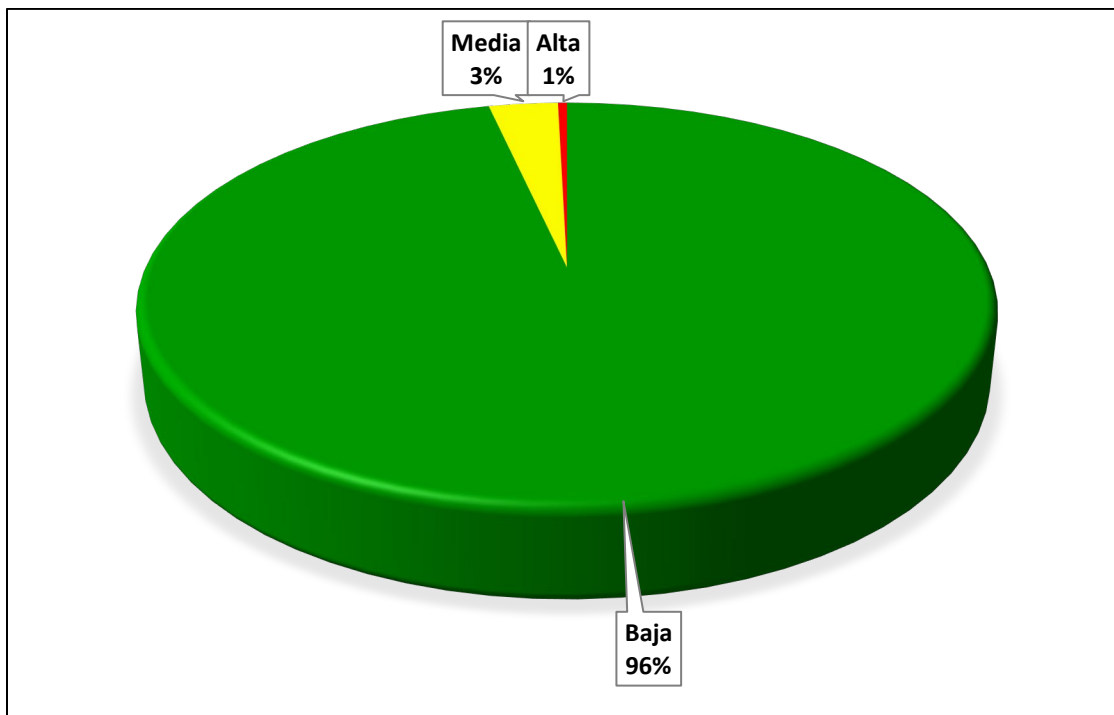


Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

7.3.4.5.5 Análisis de resultados

En la Gráfica 7.48 Área porcentual para cada nivel de amenaza identificada en la Cuenca Río Guatapurí, se muestra la distribución de área en porcentaje para cada nivel de amenaza en la Cuenca del Río Guatapurí, siendo la amenaza baja la de mayor área alcanzando hasta un 96%, amenaza media 3%, y amenaza alta de 1%.

Gráfica 7.48 Área porcentual para cada nivel de amenaza identificada en la Cuenca Río Guatapurí.



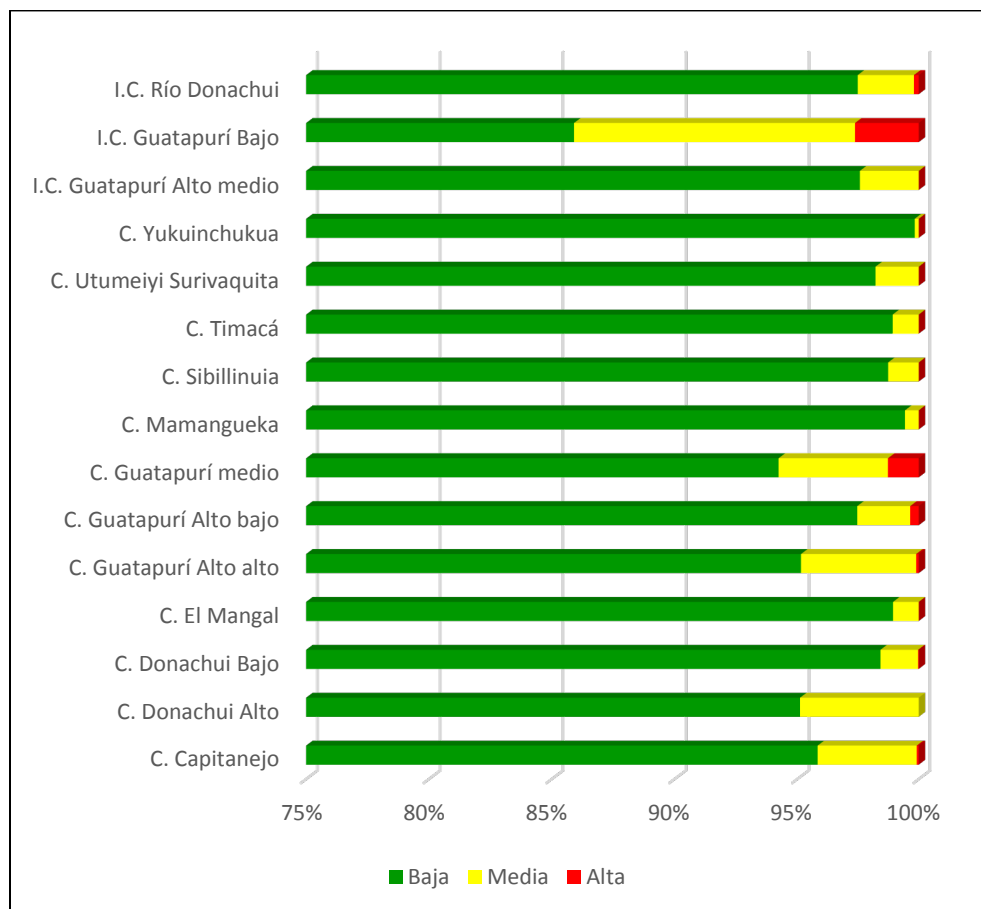
Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

A continuación, se exponen las características físicas de la cuenca que hacen que se presenten niveles altos, medios y bajos frente a la ocurrencia de fenómenos naturales de tipo avenida torrencial.

- **Nivel de Amenaza baja:** Corresponde al 96% de área de la cuenca, se localiza en sector norte y sur, donde el relieve corresponde a pendientes bajas o de muy poca inclinación, los cuerpos hídricos presentes han perdido la velocidad por el cambio de pendiente (río en etapa de vejez) y las características no favorecen la generación de movimientos en masa. No se observa deslizamientos sobre esta zona, o si se presenta puede ser de muy pequeña magnitud.
- **Nivel de Amenaza Media:** Corresponde al 3% de área de la cuenca, se localiza en la zona media y alta de la cuenca, en zonas que se pueden identificar procesos morfodinámicos y abanicos aluviales en los que no hay amenaza alta, debido al tipo de litología o de geoforma.
- **Nivel de Amenaza Alta:** Corresponde al 1% del área de la cuenca, localizada en la parte norte y centro de la zona de estudio, donde el relieve se caracteriza por tener

pendientes fuertes. Se encuentran unidades geomorfológicas de origen fluvial como abanicos, y terrazas aluviales y algunos depósitos coluviales adyacentes a los cauces principales (ver Gráfica 7.49).

Gráfica 7.49 Porcentaje de amenaza por avenidas torrenciales en la Cuenca del Río Guatapurí por subcuencas.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Las subcuencas con mayor amenaza (media y alta) a fenómenos por avenidas torrenciales son: I. C. Guatapurí Bajo, C. Guatapurí Medio, C. Guatapurí Alto alto, C. Donachui Alto, y Capitanejo (ver **Tabla 7.63**).

Tabla 7.63. Porcentaje de amenaza por avenidas torrenciales en la Cuenca del Río Guatapurí por subcuencas.

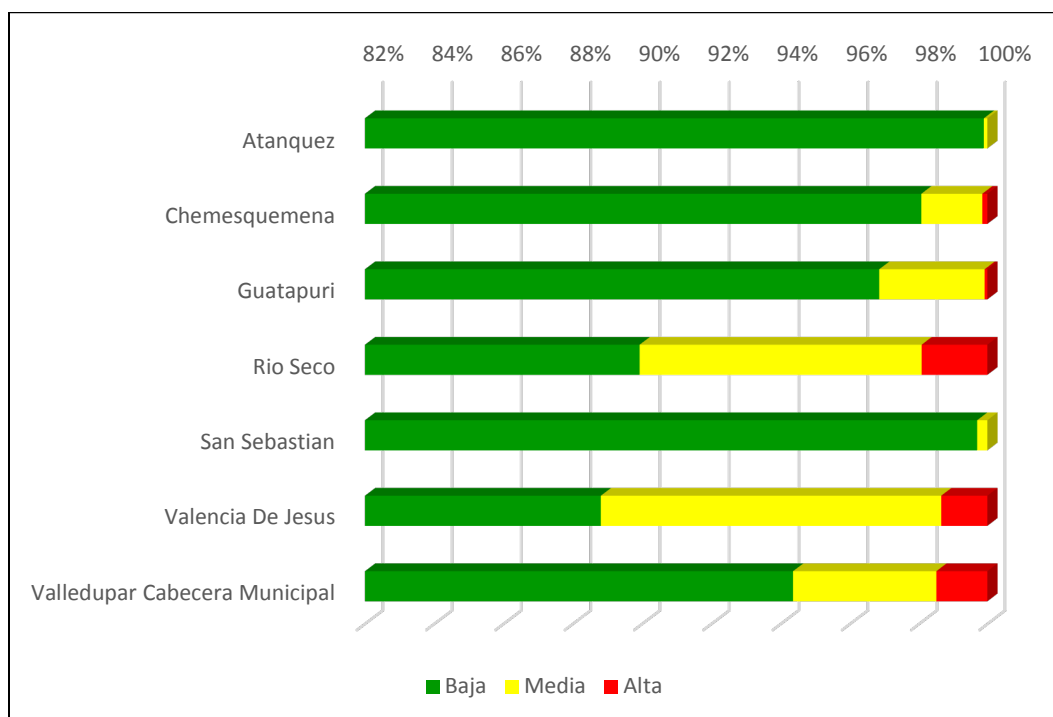
SUBCUENCA	BAJA	MEDIA	ALTA
C. Capitanejo	95.8%	4.1%	0.1%
C. Donachui Alto	95.1%	4.9%	0.0%
C. Donachui Bajo	98.4%	1.6%	0.0%

SUBCUENCA	BAJA	MEDIA	ALTA
C. El Mangal	98.9%	1.1%	0.0%
C. Guatapurí Alto alto	95.2%	4.7%	0.1%
C. Guatapurí Alto bajo	97.5%	2.2%	0.4%
C. Guatapurí medio	94.2%	4.5%	1.3%
C. Mamanguera	99.4%	0.6%	0.0%
C. Sibillinuia	98.7%	1.3%	0.0%
C. Timacá	98.9%	1.1%	0.0%
C. Utumeiyi Surivaquita	98.2%	1.8%	0.0%
C. Yukuinchukua	99.8%	0.2%	0.0%
I.C. Guatapurí Alto medio	97.6%	2.4%	0.0%
I.C. Guatapurí Bajo	85.9%	11.5%	2.6%
I.C. Río Donachui	97.5%	2.3%	0.2%

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

A partir de la zonificación de la amenaza se determinó que las veredas que más presentan amenaza por avenidas torrenciales son Río Seco, Valencia de Jesus, y Valledupar Cabecera Municipal. Las demás veredas presentan un bajo porcentaje de amenaza por fenómenos de avenidas torrenciales, (ver Gráfica 7.50 y **Tabla 7.64**).

Gráfica 7.50 Porcentajes de amenaza por avenidas torrenciales para cada vereda que forma parte de la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Tabla 7.64. Porcentajes de amenaza por avenidas torrenciales para cada vereda que forma parte de la Cuenca del Río Guatapurí.

VEREDAS	BAJA	MEDIA	ALTA
Atanquez	99.9%	0.1%	0.0%
Chemesquemena	98.1%	1.8%	0.1%
Guatapurí	96.8%	3.1%	0.1%
Rio Seco	89.9%	8.1%	1.9%
San Sebastian	99.7%	0.3%	0.0%
Valencia De Jesus	88.9%	9.8%	1.3%
Valledupar Cabecera Municipal	94.4%	4.1%	1.5%

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.4 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

7.4.1 Resumen

La vulnerabilidad de un área o sector puede entenderse como el grado de pérdida de un elemento o un grupo de elementos bajo riesgo, como resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso; el grupo (GRAVITY, 2001) define la vulnerabilidad como el nivel de gravedad hasta el cual una comunidad, una estructura, un servicio o un área geográfica puede estar afectada o perturbada por el impacto de una amenaza en particular.

Dentro del presente capítulo se describe de manera metodológica y conceptual, la forma de analizar, cuantificar y evaluar la vulnerabilidad y el riesgo frente a los eventos amenazantes que pueda presentar la Cuenca del Río Guatapurí, fundamentado en la estimación de la vulnerabilidad global según lo planteado por (Wilches-Chaux, 1993), con el objetivo de conocer, estudiar y anticipar la propensión de un sistema o sociedad de ser dañada o afectada como consecuencia de un evento amenazante.

Este análisis relaciona un modelo de indicadores socio-económicos e instrumentos cartográficos de planificación como potenciales zonas de afectación dentro de áreas de importancia ambiental y cultural, considerados como justos para realizar la especialización y definir cada uno de los indicadores de vulnerabilidad; que de igual forma, aportan una metodología base para la establecer las posibles medidas de mitigación, su eficiencia y orden de prioridades. Como acción posterior al análisis de vulnerabilidad, se estimó el grado real del riesgo, entendido como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas y sociales en un determinado sitio y en un cierto período de tiempo.

Es importante resaltar que el análisis para determinar la vulnerabilidad y riesgo dentro de la cuenca, se realizó únicamente para las áreas con categoría de amenaza alta, derivadas del proceso de susceptibilidad ya presentado con anterioridad y teniendo como base la metodología propuesta por el Fondo Adaptación (2014), a través del protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en los POMCA, el cual enmarca la evaluación de la exposición y vulnerabilidad de áreas y elementos de infraestructura vital o estratégica para los eventos amenazantes priorizados, como movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales.

7.4.2 Introducción

A través de la Ley 1523 del año 2012, se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD), como efecto de las catástrofes presentadas dentro de la temporada invernal correspondiente al periodo 2010-2011, conocido como el fenómeno de la niña, el cual se fortaleció alcanzando su etapa de madurez durante el trimestre (noviembre-diciembre de 2010-enero de 2011) alcanzando una categoría de FUERTE. Este fenómeno identificado por la presencia de lluvias continuas con registros superiores a los regímenes estándar, causaron gran número de desbordamientos de ríos, inundaron vastas zonas del país, ocasionaron altos niveles de saturación en los suelos, dificultando el drenaje de las aguas desde las zonas inundadas; lo que posteriormente se tradujo en deslizamientos y derrumbes que destruyeron y bloquearon vías, dejando ciudades y pueblos enteros aislados.

Estos fenómenos climáticos no solo afectan el entorno biológico de los ecosistemas, sino también la economía de la población. Por lo anterior, el presente análisis tiene como

principal objetivo estudiar, anticipar y dar a conocer la propensión de la población localizada dentro de la Cuenca del Río Guatapurí a ser dañada o afectada como consecuencia de un evento amenazante, y visualizar de manera preliminar aquellos escenarios que merecen una intervención inmediata, partiendo de la evaluación y zonificación final del riesgo por movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales

7.4.3 Variables Temáticas

Para el análisis de vulnerabilidad y riesgo del presente estudio fue necesaria información social, cultural, económica y ecosistémica, entre otros. En la **Tabla 7.65** se presenta en detalle cada uno de los insumos utilizados para la evaluación y zonificación de la vulnerabilidad y el riesgo de los eventos de origen natural estudiados.

Tabla 7.65. Variables Temáticas Utilizadas en el Estudio de Vulnerabilidad y Riesgo.

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
Cartografía base	Contiene las construcciones y elementos viales que constituyen las relaciones funcionales a nivel local, regional y nacional.	Construcción del inventario de elementos de infraestructura vital para su posterior análisis de exposición.
Mapa de Coberturas de la Tierra y Usos del Suelo	Contiene las coberturas identificadas en la cuenca, a una escala 1:25.000. Así también, los usos relacionados con las actividades económicas presentes.	Construcción del inventario de coberturas, identificación de las actividades productivas de importancia en la región, y posterior análisis de exposición y resiliencia.
Mapas temáticos de Amenaza por fenómenos naturales	Contiene la zonificación de las categorías de amenaza a una escala 1:25.000 de fenómenos naturales de tipo: Movimiento en masa, inundación, avenida torrencial e incendio forestal.	Establecimiento de las condiciones físicas que propician la exposición de elementos tipo punto, línea y polígono.
Mapa temático Social	Contiene la división político-administrativa, la densidad poblacional municipal, y la localización de infraestructura básica de servicios.	Descripción de datos sociales que intervienen en la estimación de la Fragilidad Socio-cultural.
Mapa temático Cultural	Contiene división político-administrativa, localización de grupos étnicos (en caso de que existan), las zonas de patrimonio cultural y arqueológico, y los sitios de interés cultural.	Descripción de datos culturales que intervienen en la estimación de la Fragilidad Socio-cultural.
Mapa temático Económico	Contiene la identificación de las principales actividades productivas y las zonas en donde se tenga contemplado el desarrollo de macroproyectos.	Descripción de los usos del suelo y su influencia en el análisis de exposición y resiliencia.
Mapa de Áreas y Ecosistemas Estratégicos	Contiene la representación espacial de las áreas protegidas y ecosistemas estratégicos presentes en la cuenca.	Descripción de la importancia ecológica y su influencia en el análisis de fragilidad.

Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

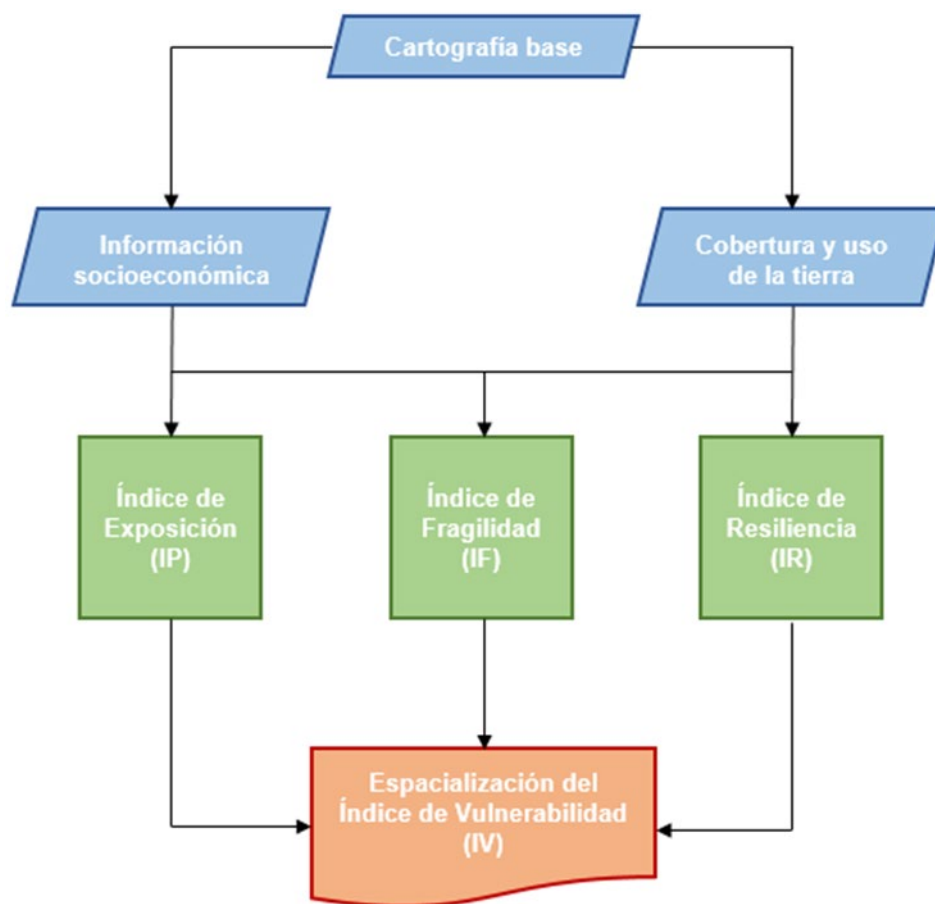
7.4.4 Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad

Los procesos empleados para la elaboración de la zonificación y análisis de la vulnerabilidad y riesgo según la escala de detalle 1:25.000, desarrollada para la Cuenca del Río Guatapurí se fundamenta en la metodología descrita a continuación.

La vulnerabilidad entendida como debilidad frente a las amenazas y como incapacidad de recuperación después de que ha ocurrido un evento, no solo depende de la vecindad física de las poblaciones a las fuentes de las amenazas, sino de otros múltiples factores de distinta índole, todos presentes en las comunidades humanas y ecológicas.

La zonificación de los niveles de vulnerabilidad se relaciona con la estimación de indicadores de exposición, fragilidad y falta resiliencia (Cardona O. D., 2003) (**Figura 7.20**). Considerando estos factores se puede hablar de la existencia de una vulnerabilidad global, la cual requiere de un proceso complejo, dinámico y cambiante que determina la probabilidad de que una comunidad quede expuesta o no a la ocurrencia e impacto de un desastre, o que tenga más o menos probabilidad de recuperación en el corto, mediano y largo plazo.

Figura 7.20. Metodología de Análisis de Vulnerabilidad Basada en Indicadores.



Fuente: Tomado de (Fondo Adaptación, 2014).

Con base en el diagrama de flujo, se evaluaron cada una de las variables indicadas dentro del modelo de vulnerabilidad, estableciendo así la espacialización final del índice de vulnerabilidad global, resultante de la siguiente expresión:

$$IV = IP * IF * IR \quad (1).$$

Dónde:

IV : Índice de Vulnerabilidad.

IP : Índice de Pérdidas o Exposición.

IF : Índice de Fragilidad.

IR : Índice de Falta de Resiliencia.

La estimación y categorización del índice de vulnerabilidad (*IV*) se establece para zonas relativamente homogéneas, en función de su cobertura o uso, teniendo en cuenta los valores resultantes del procesamiento (Ver **Tabla 7.66**).

Tabla 7.66. Niveles de Vulnerabilidad Propuestos.

VALOR	CATEGORÍA ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (IV)	SÍMBOLO
0.50 – 1.0	Alta	
0.125 – 0.50	Media	
0.0 – 0.125	Baja	

Fuente: Tomado de (Fondo Adaptación, 2014).

A continuación, se detallan los procedimientos e insumos necesarios para conocer los parámetros que permiten desarrollar lo expuesto en la Ecuación (1).

7.4.4.1 Índice de Exposición

Son considerados como elementos expuestos, aquellos que se encuentran dentro de la descripción de las coberturas de la tierra, en este caso el mapa base de coberturas desarrollado para la Cuenca del Río Guatapurí, aplicando la metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia y a una escala de detalle 1:25.000, en donde se incluye hasta un nivel IV de clasificación. Esta exposición, según (Leone, 1999) se mide de acuerdo al porcentaje de daño y se calcula mediante el Índice de Pérdidas (*IP*), definido por medio de la siguiente ecuación:

$$IP = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100 \quad (2)$$

Donde:

V_i : Valor inicial del bien (antes del evento).

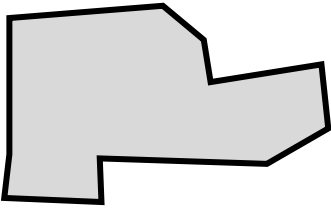
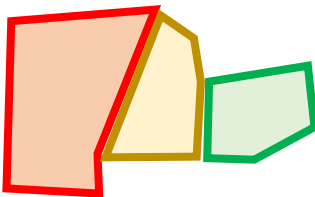
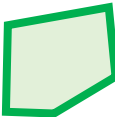
V_f : Valor final del bien (después del evento).

El análisis de coberturas en relación a su uso y costo, y su posible afectación asociada a la inminente amenaza por fenómenos naturales permitirán definir el nivel de daño en los elementos analizados. Estos valores se estiman a partir de información catastral de los

precios unitarios por kilómetro cuadrado y de las áreas antes y después de ocurrido el evento amenazante.

En la **Tabla 7.67** se expone gráficamente las áreas consideradas afectadas o con pérdidas después de la ocurrencia de un suceso de amenaza.

Tabla 7.67. Afectación de Polígonos de Zonas Homogéneas.

ÁREA INICIAL ANTES DEL EVENTO AMENAZANTE	ÁREAS AFECTADAS POR LA AMENAZA	ÁREA FINAL DESPUÉS DEL EVENTO AMENAZANTE
		

Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

El valor de reposición en función de áreas afectadas y de su uso se precisa como sigue:

$$V = CM * IVE$$

Dónde:

CM : Cantidad de área dedicada a cada uso [Km²].

IVE : Índice de Precios Unitarios promedio de la zona [COP/Km²].

7.4.4.1.1 Precios Unitarios Promedio asociados a las Coberturas de la Tierra

La Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) presenta un Geovisor como una primera etapa de los productos tecnológicos desarrollados por la unidad. Esta herramienta está orientada a disponer de información de interés del sector agropecuario. Contiene información geográfica disponible a la fecha, de fuente propia y de otras Instituciones.

Este sistema de información geográfico alberga información a nivel nacional relacionada con los rangos de avalúos catastrales integrales en salarios mínimos mensuales legales vigentes (SMMLV), a precios constantes traídos a 2014, con el fin de visualizar las tendencias del valor de los avalúos catastrales. Es importante resaltar que, si bien este producto no nos indica el precio comercial del suelo, sí nos está mostrando una tendencia del mismo.

El avalúo integral catastral por hectárea está expresado en SMMLV calculado a partir de la relación aritmética entre el avalúo total catastral del predio y su correspondiente área en hectáreas, por lo tanto, el avalúo integral catastral unitario incluye el avalúo de la tierra y el avalúo de las posibles construcciones existente en el predio. Todos los avalúos fueron traídos a la misma fecha con una tasa de nivelación calculada por la UPRA. El SMMLV usado corresponde a \$616.000 establecido para 2014.

Esta información determino que la mayor parte de la Cuenca del Río Guatapurí presenta un dominio marcado por aquellos predios con valores inferiores a 1 SMMLV, con una proporción aproximada del 80%, equivalentes a 74926.96 ha, las cuales se localizan hacia la parte central y norte de la cuenca; en segundo lugar de importancia se registran las tierras cuyo avalúo se encuentra dentro del rango de 1 a 2.3 SMMLV, con un porcentaje de ocupación del 12.44%, localizadas por su parte en el área sur de la cuenca y en jurisdicción de la vereda Chemesquemena.

En la **Tabla 7.68** se presenta el porcentaje de área para cada uno de los rangos del avalúo propuestos por la UPRA.

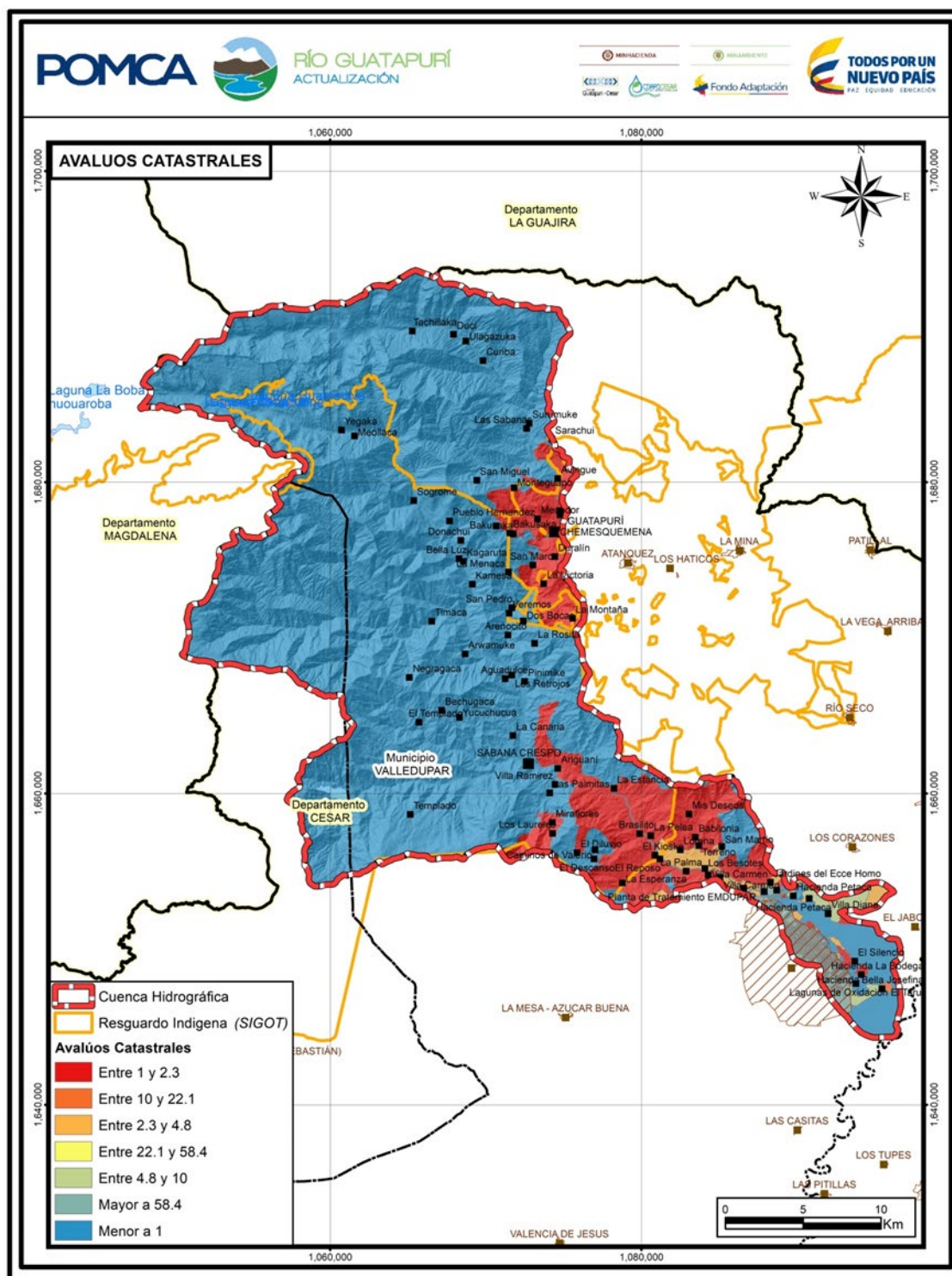
Tabla 7.68. Rangos de Avalúo Catastral Integral.

RANGO AVALÚO CATASTRAL INTEGRAL [SMMLV/HA]	ÁREA [%]	ÁREA [HA]
Menor a 1	84.20	74926.968
Entre 1.0 y 2.3	12.44	11066.518
Entre 2.3 y 4.8	1.32	1178.146
Entre 4.8 y 10.0	0.66	588.893
Entre 10.0 y 22.1	0.06	48.964
Entre 22.1 y 58.4	0.00	4.382
Mayor a 58.4	1.32	1174.321

Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

La zonificación de precios unitarios promedios para la Cuenca Hidrográfica del Río Guatapurí se presentan en el Mapa 7.53.

Mapa 7.53 Zonificación de Avalúos Catastrales Integrales.



Fuente: Tomado de (Unidad para la Planificación Rural Agropecuaria, 2014).

Esta información sirvió de base para la reclasificación de las coberturas de la tierra y la construcción de una matriz que describiese los costos asociados a cada una de las coberturas identificadas en el componente físico-biótico. En la **Tabla 7.69** se presentan los resultados del análisis de precios unitarios de cada una de las coberturas clasificadas por municipio; esto debido a la variación de los costos de un municipio a otro.

Tabla 7.69. Matriz de Costos Asociados a Coberturas de la Tierra [SMMLV/ha].

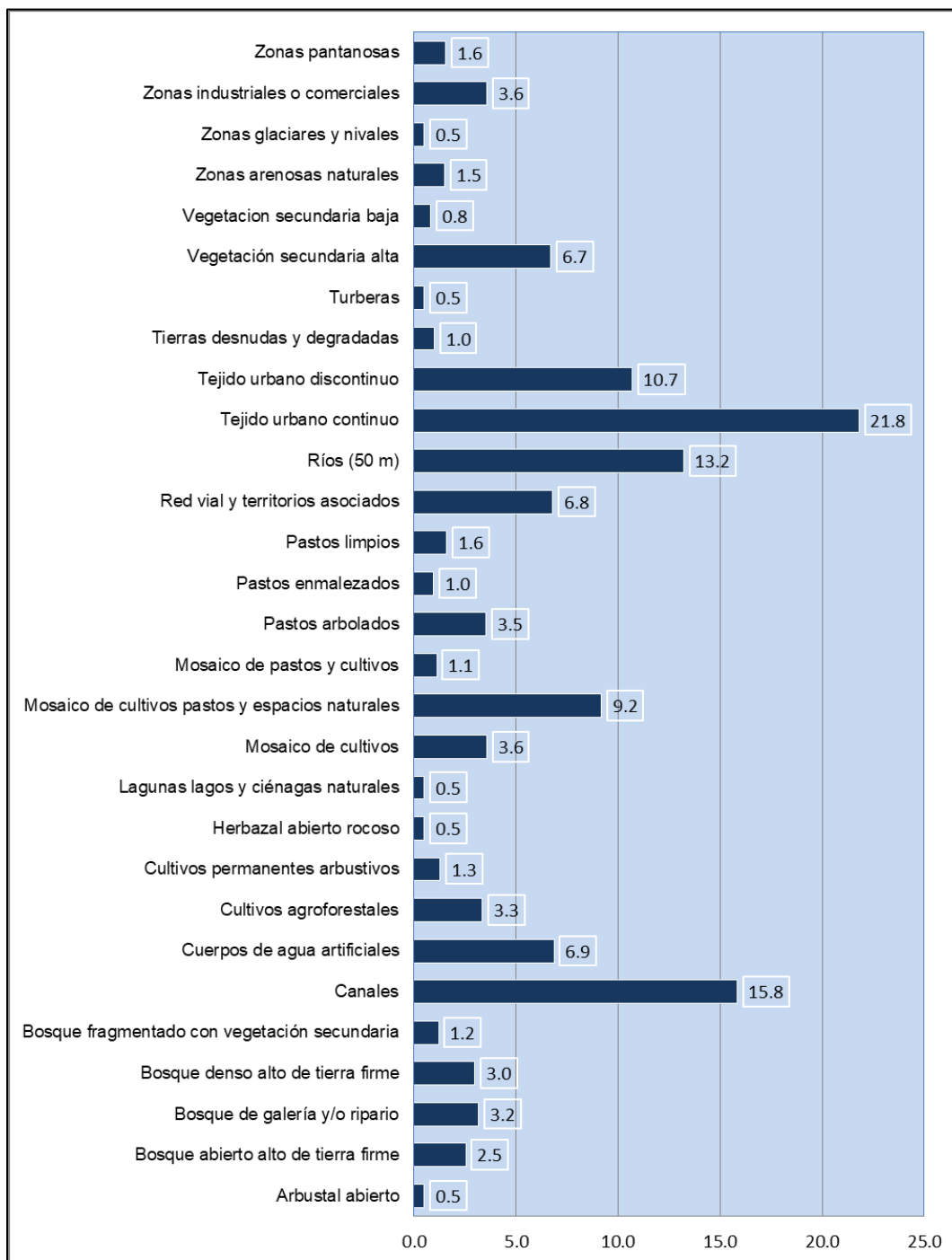
COBERTURAS DE LA TIERRA	Valledupar	Pueblo Bello
Arbustal abierto	0.50	-
Bosque abierto alto de tierra firme	4.57	0.5
Bosque de galería y/o ripario	3.16	-
Bosque denso alto de tierra firme	5.48	0.5
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	1.20	-
Canales	15.84	-
Cuerpos de agua artificiales	6.86	-
Cultivos agroforestales	3.33	-
Cultivos permanentes arbustivos	1.27	-
Herbazal abierto rocoso	0.50	0.5
Lagunas lagos y ciénagas naturales	0.50	0.5
Mosaico de cultivos	3.55	-
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	9.16	-
Mosaico de pastos y cultivos	1.11	-
Pastos arbolados	6.58	0.5
Pastos enmalezados	1.42	0.5
Pastos limpios	2.70	0.5
Red vial y territorios asociados	6.80	-
Ríos (50 m)	13.21	-
Tejido urbano continuo	21.80	-
Tejido urbano discontinuo	10.70	-

COBERTURAS DE LA TIERRA	Valledupar	Pueblo Bello
Tierras desnudas y degradadas	0.98	-
Turberas	0.50	-
Vegetación secundaria alta	12.88	0.5
Vegetación secundaria baja	1.12	0.5
Zonas arenosas naturales	1.48	-
Zonas glaciares y nivales	0.50	-
Zonas industriales o comerciales	3.55	-
Zonas pantanosas	1.55	-

Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

Con el fin de identificar la predominancia en los costos de algunas coberturas sobre otras presentes en la Cuenca Hidrográfica del Río Guatapurí, se expone la Gráfica 7.51 Promedio de Costos Asociados a Coberturas de la Tierra [SMMLV/ha]. que describe el promedio de costos para cada cobertura de la tierra.

Gráfica 7.51 Promedio de Costos Asociados a Coberturas de la Tierra [SMMLV/ha].



Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

7.4.4.1.2 Índice de Exposición por Movimientos en Masa

En la Cuenca Hidrográfica Río Guatapurí, la identificación de zonas rurales homogéneas rurales tuvo como base la zonificación a partir del tipo de cobertura, uso principal y las

condiciones de relieve. En la **Tabla 7.70** se presentan las ZHR de la cuenca asociadas a cada unidad de relieve:

Tabla 7.70. Zonas Homogéneas Rurales- Escenarios de análisis 1 y 2.

CATEGORIA		ÁREA TOTAL (HA)
ZONA HOMOGÉNEA RURAL EN TERRENO MONTAÑOSO	ZHM Pastos limpios	14809,874
	ZHM Bosque fragmentado	11954,122
	ZHM Herbazal	8385,287
	ZHM Bosque de galería y/o ripario	7449,868
	ZHM Pastos enmalezados	4395,563
	ZHM Vegetación secundaria o en transición	1394,648
	ZHM Pastos arbolados	398,648
	ZHM Bosque abierto	383,033
	ZHM Arbustal	259,349
	ZHM Tierras desnudas y degradadas	122,766
	ZHM Zonas glaciares y nivales	122,033
	Cultivos permanentes arbustivos	17,114
	ZHM Lagunas, lagos y ciénagas naturales	14,669
	ZHM Ríos (50 m)	11,071
	ZHM Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0,216
	ZHM Turberas	0,056
	ZHM Tejido urbano discontinuo	0,037
ZONA HOMOGÉNEA RURAL EN TERRENO ONDULADO	ZHO Herbazal	88392912,668
	ZHO Bosque fragmentado	40358227,853
	ZHO Pastos limpios	19183893,204
	ZHO Bosque de galería y/o ripario	17174959,252
	ZHO Pastos enmalezados	1115705,616
	ZHO Bosque abierto	984021,876
	ZHO Vegetación secundaria o en transición	306963,051
	ZHO Tejido urbano continuo	231324,064

CATEGORIA		ÁREA TOTAL (HA)
	ZHO Pastos arbolados	210456,412
	ZHO Arbustal	87893,903
	ZHO Ríos (50 m)	27163,495
	ZHO Zonas glaciares y nivales	14271,943
	ZHO Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	7466,395
	ZHO Tierras desnudas y degradadas	6077,863
	ZHO Lagunas, lagos y ciénagas naturales	3239,169
	ZHO Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1998,446
	ZHO Cultivos permanentes arbustivos	1012,644
	ZHO Mosaico de pastos y cultivos	569,025
	ZHO Zonas pantanosas	371,810
	ZHO Zonas arenosas naturales	243,590
	ZHO Tejido urbano discontinuo	212,337
	ZHO Cuerpos de agua artificiales	201,437
	ZHO Bosque denso	22,272
	ZHO Canales	3,275
	ZHO Turberas	2,903
	ZHO Mosaico de cultivos	1,100
	ZHO Zonas industriales o comerciales	0,292
ZONA HOMOGÉNEA RURAL EN TERRENO PLANO	ZHP Herbazal	4936170,009
	ZHP Bosque de galería y/o ripario	2623248,508
	ZHP Bosque fragmentado	2131168,435
	ZHP Pastos limpios	1312556,809
	ZHP Bosque abierto	1206540,406
	ZHP Tejido urbano continuo	1191646,930
	ZHP Pastos enmalezados	402902,301
	ZHP Pastos arbolados	361779,242

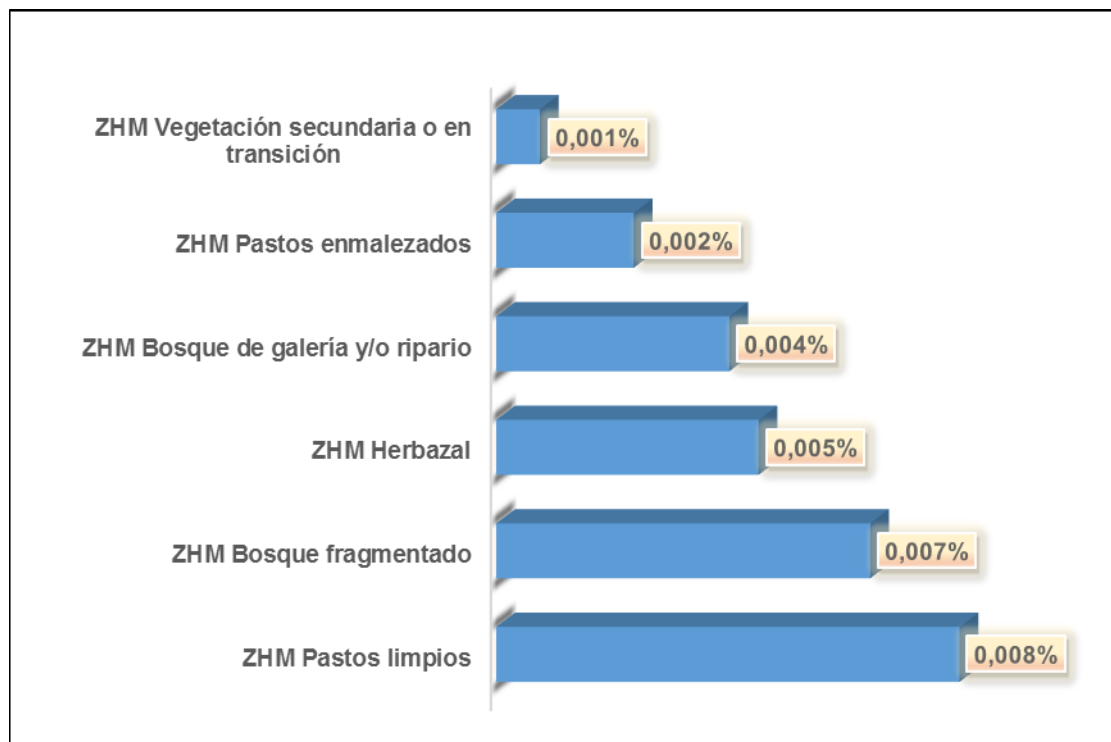
CATEGORIA		ÁREA TOTAL (HA)
	ZHP Ríos (50 m)	33498,750
	ZHP Vegetación secundaria o en transición	30552,472
	ZHP Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	22833,246
	ZHP Arbustal	10712,545
	ZHP Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	4918,523
	ZHP Mosaico de pastos y cultivos	1897,813
	ZHP Zonas pantanosas	1859,623
	ZHP Lagunas, lagos y ciénagas naturales	1335,833
	ZHP Zonas arenosas naturales	1094,945
	ZHP Tejido urbano discontinuo	758,425
	ZHP Tierras desnudas y degradadas	430,374
	ZHP Cuerpos de agua artificiales	400,449
	ZHP Bosque denso	389,754
	ZHP Zonas glaciares y nivales	284,567
	ZHP Cultivos agroforestales	89,355
	ZHP Canales	29,422
	ZHP Zonas industriales o comerciales	2,193
	ZHP Mosaico de cultivos	0,550

Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

De acuerdo con los datos presentes en la **Tabla 7.70**, 20 de las 70 ZHR identificadas en la Cuenca Río Guatapurí, corresponden con terrenos montañosos, representando la categoría con menor ocupación en la cuenca. Mientras que, las ZHR asociadas a terrenos ondulados y planos, ocupan en conjunto el 99,98%, casi la totalidad de todo el territorio.

En las ZHR de terreno montañoso-ZHM (pendientes >25%), predominan las áreas con pastos limpios, bosque fragmentado, herbazales, bosque de galería y/o ripario, pastos enmalezados y vegetación secundaria o en transición, ocupando en conjunto 49,7183 Ha, esto es el 0,03% del territorio (ver Gráfica 7.52).

Gráfica 7.52 Zonas Homogéneas Rurales en Terreno Montañoso.

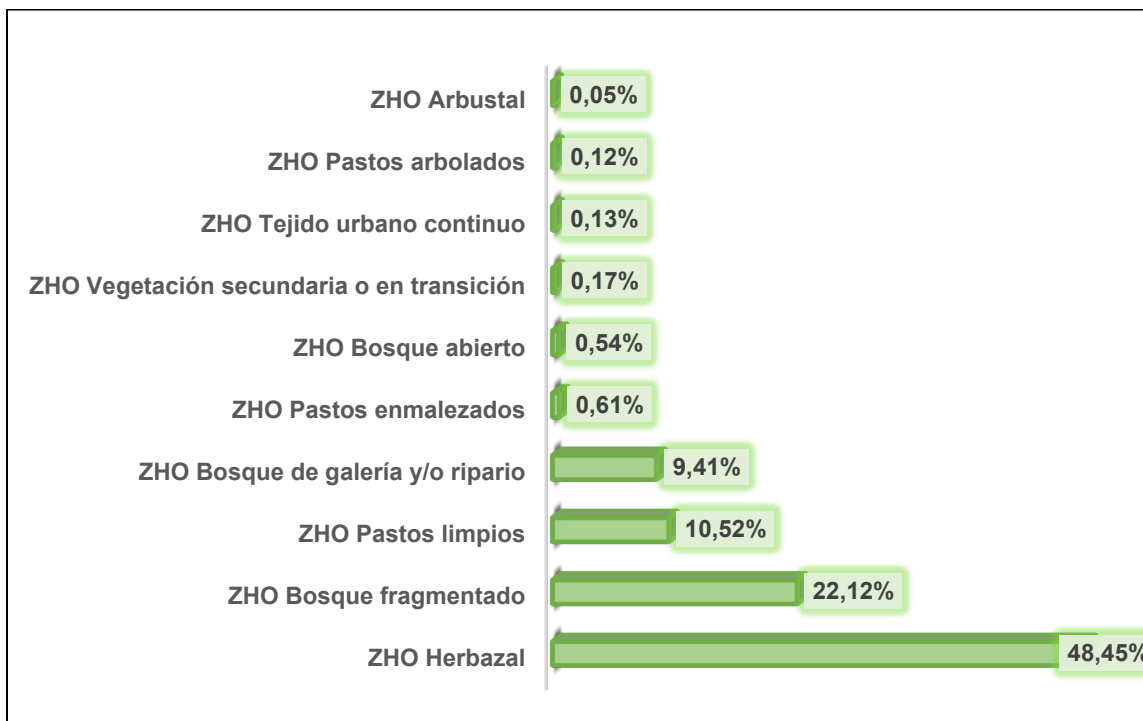


Fuente: Consorcio Guatapuri- Cesar.

En las unidades de la **Tabla 7.70**, de paisaje correspondientes con pendientes onduladas-ZHO, que varían entre 7% y 25%, la zonificación indica, que los herbazales, bosque fragmentado, pastos limpios, bosque de galería y/o ripario, pastos enmalezados, presentan porcentajes de ocupación correspondientes con 48,45%, 22,12%, 10,52%, 9,41% y 0,61% respectivamente, frente al escenario actual de amenaza por movimientos en masa, ocupando un porcentaje total del 92,15%, lo que representa en áreas valor de 168,109,21 Ha (Gráfica 7.53).

Otras categorías de ZHO con una importante participación en la cuenca frente a dicho escenario, son las correspondientes con bosque abierto, vegetación secundaria o en transición, tejido urbano continuo, pastos arbolados y arbustales, mientras que cultivos permanentes arbustivos, mosaico de pastos y cultivos, zonas pantanosas y zonas arenosas naturales, muestran una menor recurrencia sobre este tipo de terreno.

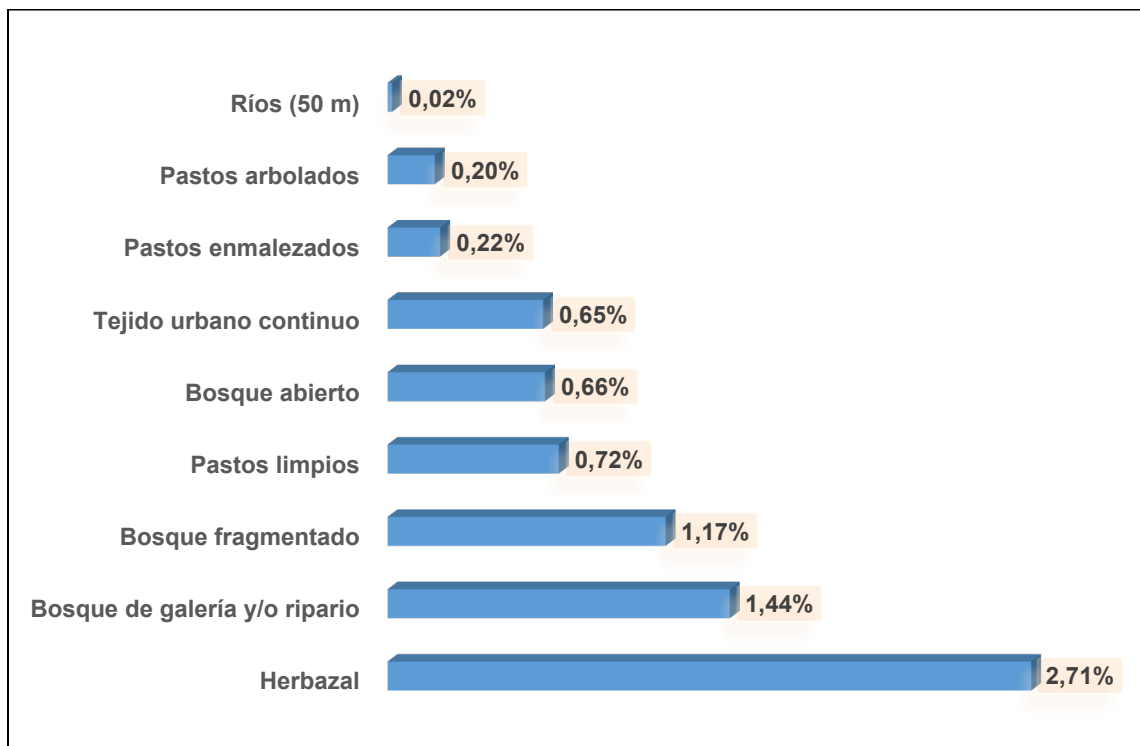
Gráfica 7.53 Zonas Homogéneas Rurales en Terreno Ondulado.



Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

De acuerdo con la información analizada (ver Gráfica 7.54), el 7,83% (142,77 Ha) de la cuenca se caracteriza por un relieve plano (pendientes menores al 7%), con mayor proporción de área ocupada correspondiente con espacios cubiertos por herbazales (2,71%), bosque de galería y/o ripario (1,44%), bosque fragmentado (1,17%), pastos limpios (0,72%). Mientras que, bosque abierto, tejido urbano continuo, pastos enmalezados, pastos arbolados y ríos ocupan en conjunto (1,75%), en relación con el área de la superficie.

Gráfica 7.54 Zonas Homogéneas Rurales en Terreno Plano.



Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

7.4.4.1.2.1 Identificación y Localización de Elementos Expuestos

La infraestructura vial primaria y secundaria en conjunto con la infraestructura de servicios, constituyen aspectos vitales en la evaluación de la exposición ante eventos amenazantes, al representar elementos estructurantes para la atención temprana de desastres y la posterior recuperación de las pérdidas y/o daños que puedan ser ocasionados por su ocurrencia.

La ocurrencia de movimientos en masa puede generar afectaciones sobre la infraestructura estratégica de un territorio y por lo tanto intervenir en su adecuado funcionamiento.

La evaluación de la exposición de infraestructura vital de la cuenca Río Guatapurí, fue desarrollada para zonas identificadas como priorizadas al estar bajo la influencia de los niveles de amenaza media y alta, dada en zona rural del área de estudio.

La caracterización y cuantificación de las posibles afectaciones a las que se enfrentarían los elementos vitales o estratégicos de la Cuenca Río Guatapurí, dada la probabilidad de ocurrencia del evento por movimiento en masa, indica que los impactos se generarían en la red vial estructurante de la cuenca, dinamizadora de actividades económicas y otras de vital importancia para la población, expuesta con mayor proporción por espacios influenciados por el nivel de amenaza medio dado en 7581,30 km, es decir que cerca del 9% de la cuenca presenta daños y afectaciones; de los cuales el 3,9% estarían bajo la influencia de altos niveles de amenaza. Mientras que, la red eléctrica que surte a los municipios del territorio, estaría expuesta en un 0,05% (41,67 km) para amenaza alta y cerca del 3% (2645,59 km) para amenaza media.

Tabla 7.71. Infraestructura vital ante la amenaza por movimiento en masa.

TIPO DE INFRAESTRUCTURA	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA	LONGITUD TOTAL KM
VIAL	8.536	7076525.195	7076533.732
RED ELECTRICA	0.000	0.776	0.776
TOTAL GENERAL	8.536	7076525.972	7076534.508

Fuente: Consorcio Guatapuri- Cesar.

Los servicios básicos e infraestructura de importancia para la adecuada atención y respuesta rápida ante desastres, que están bajo la influencia de los niveles de amenaza media y alta (ver **Tabla 7.72**), permiten analizar el indicador con mayor porcentaje sobre la cuenca, por el evento movimiento en masa. Están representados por cementerios (2), que representa el 50% de la cuenca, subestación de tratamiento de agua (1), que representa el 25%, y otras (1), que representa el 25%, asociadas a la Alcaldía de Valledupar, La Casona y Lagunas de Oxidación, las cuales presentan niveles de exposición, al estar bajo la influencia de niveles de amenaza alta y media.

Finalmente, la amenaza media presenta actividades con mayor número de elementos expuestos sobre el territorio, como cementerios, subestación de tratamiento de agua y otras, correspondiente al 33% en relación con la superficie de estudio.

Tabla 7.72. Infraestructura y Equipamientos expuestos ante la amenaza por movimiento en masa.

TIPO DE INFRAESTRUCTURA/EQUIPAMIENTOS	AMENAZA ALTA	AMENAZA MEDIA	TOTAL GENERAL
Cementerio	1	1	2
Equipamientos recreativos			0
Subestación de tratamiento de agua		1	1
Equipamientos educativos			0
Equipamientos de Salud			0
Establecimientos comerciales			0
Otras		1	1
Total general	1	3	4

Fuente: Consorcio Guatapuri- Cesar.

POMCA **RÍO GUATAPURÍ ACTUALIZACIÓN**

MINIACIENDA MINAMINENTE

CEDES CORDOBA Fondo Adaptación

TODOS POR UN NUEVO PAÍS PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

1.060.000 1.075.000 1.090.000

ELEMENTOS EXPUESTOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

LA GUAJIRA DIBULLA RIOHACHA

SANTA MARTA SAN JUAN DEL CESAR

ARACATACA

MAGDALENA

San Sebastian

Guatapuri

VALLEDUPAR

LA MINA PATINILAL

ATANQUEZ LOS HATICOS HATICOS II

LA VEGA ARRIBA

RIO SECO

LAS RAICES

LOS CORAZONES

EL JABO

LA MESA - AZUCAR BUENA

VALLEDUPAR

LA PAZ

ROBLES

LA CASITAS

LEYENDA

- Poblaciones
- Centros Poblados
- Cuenca Hidrografica
- Veredas
- Departamento
- Municipio

AMENAZA

- ALTA
- MEDIA
- BAJA

AMENAZA

- ALTA
- MEDIA
- BAJA

0 5 10 Km

282

7.4.4.1.3 Índice de Exposición por Inundaciones

7.4.4.1.3.1 Exposición de Infraestructura Estratégica – Inundaciones

Este tipo de eventos suele afectar extensas áreas de cultivos, obstaculizar el paso vehicular, poner en peligro la salud de comunidades expuestas y afectar la integridad física y buen funcionamiento de entidades indispensables.

En la **Tabla 7.73** se presenta en resumen la exposición en cantidad y longitud de elementos en tipología punto y línea, es decir infraestructura de servicios educativos, salud, industria, energético y vial, entre otros.

Tabla 7.73. Elementos expuestos a eventos de tipo inundación según tipo de infraestructura.

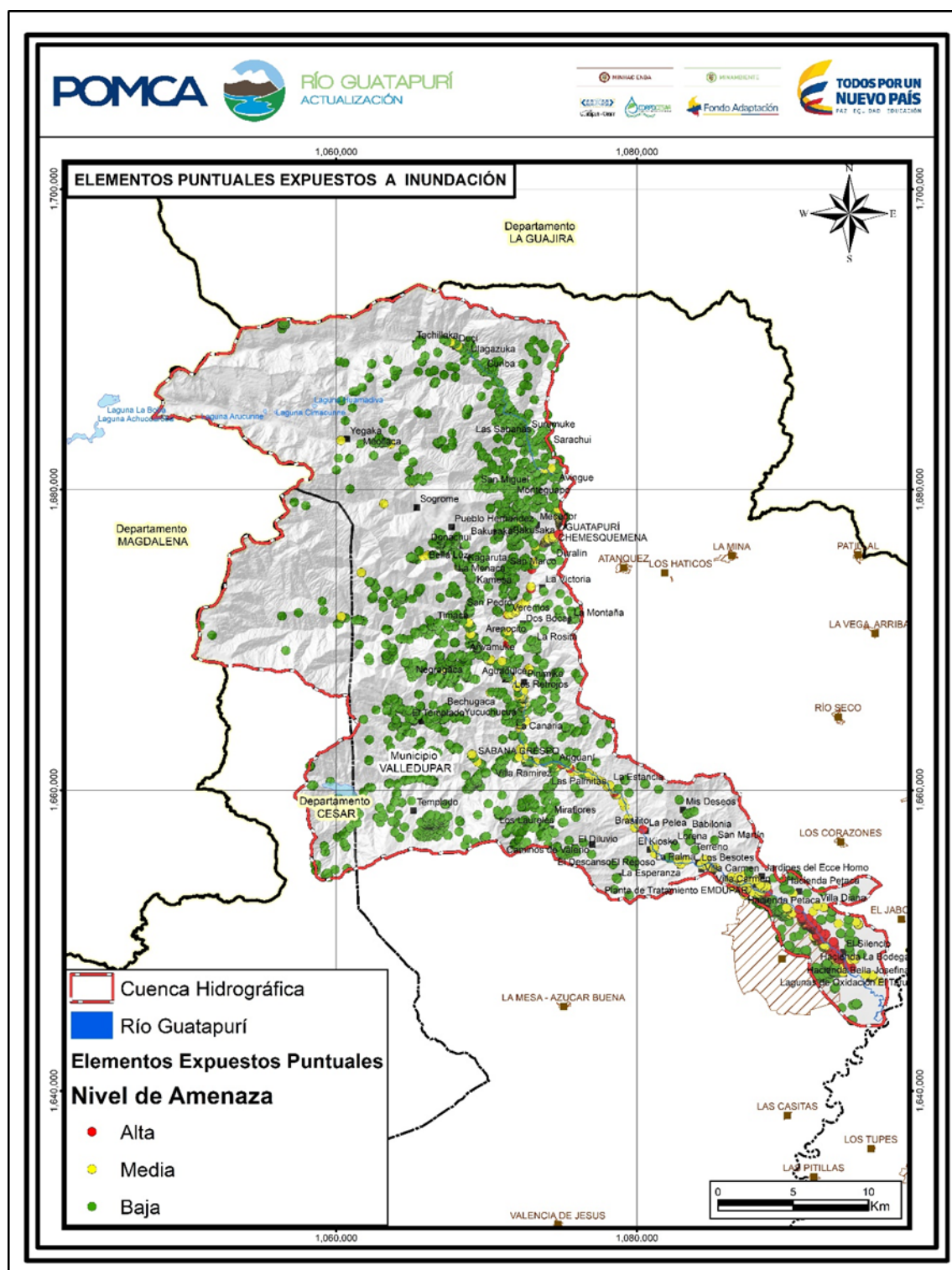
TIPO		DESCRIPCIÓN	CANTIDAD/LONGITUD EN AMENAZA ALTA	CANTIDAD/LONGITUD EN AMENAZA MEDIA
Puntual		Establecimientos educativos	-	1
		Cementerio	-	1
		Sitios de Interés	-	1
		Otras Construcciones	162-	539
Lineal	Energía	Línea de conducción de oleoducto	0,09 Km	1,12 Km
	Vial	Tipo 1 5-8 metros de ancho pavimentadas	0,03 Km	1,44 Km
		Tipo 2 5-8 metros de ancho sin pavimentar	-	-
		Tipo 3 2-5 metros de ancho pavimentada	0,56 Km	1,03 Km
		Tipo 4 2-5 metros de ancho sin pavimentar	1,72 Km	3,76 Km
		Tipo 5 Transitables en tiempo seco	1,14 Km	12,69 Km
		Tipo 6 Sin afirmado transitable en tiempo seco	1,70 Km	8,59 Km
		Vía Tipo 7 Sin afirmado poco transitable	0,05 Km	0,12 Km
		Vía Tipo 8 Camino de herradura	0,53 Km	21,03 Km

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Se evidencia la gran afectación que podrían tener las vías tipo 4, tipo 5 y tipo 6 principalmente, presentes en la cuenca. Dentro de los elementos de tipología puntual cabe destacar que no se encuentran establecimientos educativos, iglesias, salud, industria y sitios de interés en amenaza alta, sin embargo, se observan un establecimiento educativo, un cementerio y un sitio de interés en amenaza media, otras construcciones con 162 elementos expuestos en amenaza alta y 539 elementos expuestos en amenaza media.

Esta información se presenta de manera visual en el Mapa 7.55 y Mapa 7.56, en donde se presentan los niveles de exposición de cada uno de los elementos indispensables que componen la Cuenca del Río Guatapurí.

Mapa 7.55 Localización de elementos puntuales de infraestructura estratégica expuestos a la amenaza por Inundación.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

POMCA **RÍO GUATAPURÍ ACTUALIZACIÓN**

TODOS POR UN NUEVO PAÍS

ELEMENTOS LINEALES EXPUESTOS A INUNDACIÓN

Departamento LA GUAJIRA

Departamento MAGDALENA

Departamento CESAR

Municipio VALLEDUPAR

Cuenca Hidrográfica

Río Guatapuri

Elementos Expuestos Lineales

Nivel de Amenaza

Alta

Media

Baja

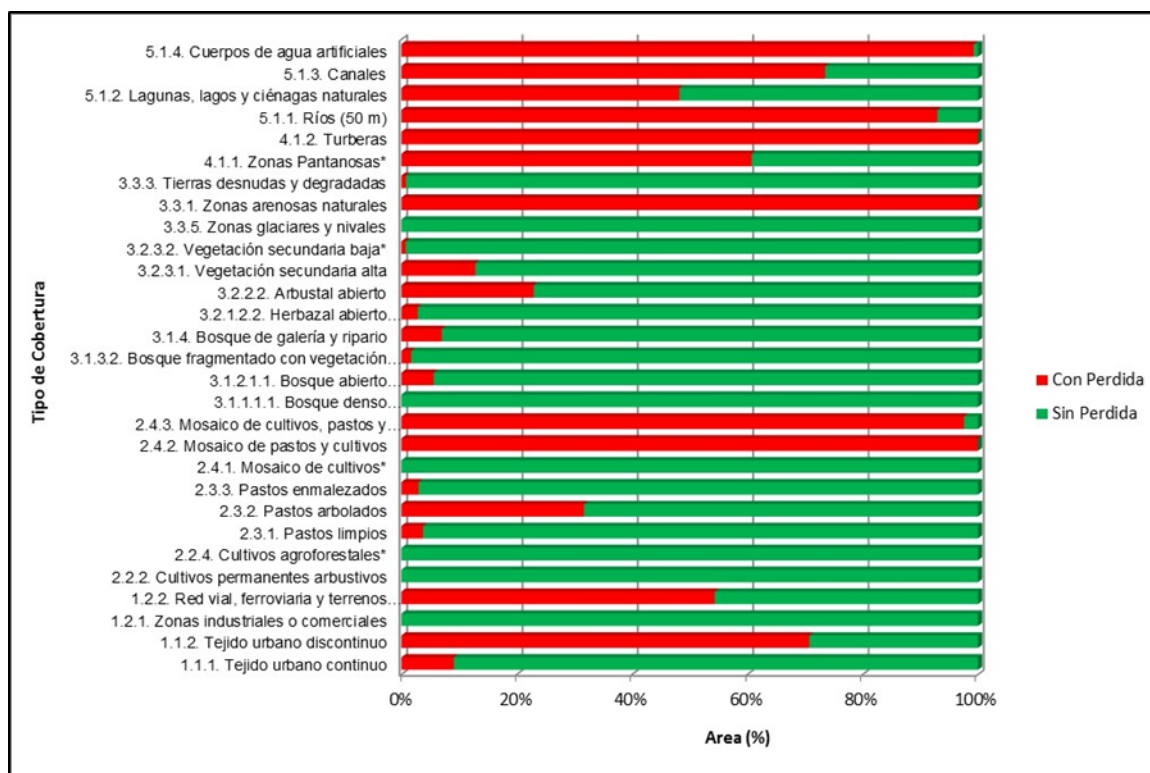
0 5 10 Km

286

7.4.4.1.3.2 Análisis de Índice de Exposición por Inundaciones

La Gráfica 7.55 ilustra el porcentaje de cobertura afectada ante la ocurrencia de eventos de inundación. Al contrario, con lo que podría suceder ante un movimiento en masa, las pérdidas que se pueden presentar al ocurrir los eventos inundación en la cuenca son bastante altos. En su mayoría influyen en el desarrollo de actividades económicas en las partes bajas de la cuenca, afectando principalmente a las zonas arenosas naturales, mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos y cultivos, pastos arbolados, arbustal abierto, vegetación secundaria alta, red vial ferroviaria, tejidos urbanos discontinuos y continuos.

Gráfica 7.55 Porcentaje áreas de cobertura afectada ante un evento de Inundación.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

POMCA **RÍO GUATAPURÍ** ACTUALIZACIÓN

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RORCULTURA
CORPORACIÓN COLOMBIANA DEL AGUA
FONDO ADAPTACIÓN

TODOS POR UN NUEVO PAÍS
PAT. EC. DAD. EDUCACIÓN

ÍNDICE DE EXPOSICIÓN - IP

Departamento LA GUAJIRA

Departamento MAGDALENA

Departamento CESAR

Municipio VALLEDUPAR

Cuenca Hidrográfica

Río Guatapuri

Índice de Exposición

Sin Pérdida

Con Pérdida

0 5 10 Km

288

7.4.4.1.4 Índice de Exposición por Avenidas Torrenciales

7.4.4.1.4.1 Exposición de Infraestructura Estratégica – Avenidas Torrenciales

Frente a un evento torrencial de gran magnitud, podría llegar a afectar algunas de las vías dentro del municipio, cabe aclarar que el evento torrencial cuenta con un área de iniciación o aporte de material de las laderas adyacentes a los cauces, que pueden llegar a obstruir el mismo y generar un evento de avenida torrencial. A continuación, se muestra cómo podrían ser afectadas la infraestructura vial y los elementos puntuales.

Tabla 7.74. Exposición de vías y elementos puntuales de la Cuenca del Río Guatapuri.

Tipo		Descripción	Cantidad/longitud en amenaza alta	Cantidad/longitud en amenaza media
Puntual		Establecimientos educativos	-	1
		Cementerio	-	1
		Sitios de Interés	-	1
		Otras Construcciones	48	699
Lineal	Energía	Línea de conducción de oleoducto	0.49 Km	1.11 Km
	Vial	Tipo 1 5-8 metros de ancho pavimentadas	0.05 Km	1.08 Km
		Tipo 2 5-8 metros de ancho sin pavimentar	-	-
		Tipo 3 2-5 metros de ancho pavimentada	0.05 Km	0.18 Km
		Tipo 4 2-5 metros de ancho sin pavimentar	-	2.23 Km
		Tipo 5 Transitables en tiempo seco	0.22 Km	11.95 Km
		Tipo 6 Sin afirmado transitable en tiempo seco	2.43 Km	21.68 Km
		Vía Tipo 7 Sin afirmado poco transitable	0.83 Km	2.77 Km
		Vía Tipo 8 Camino de herradura	2.73 Km	38.26 Km

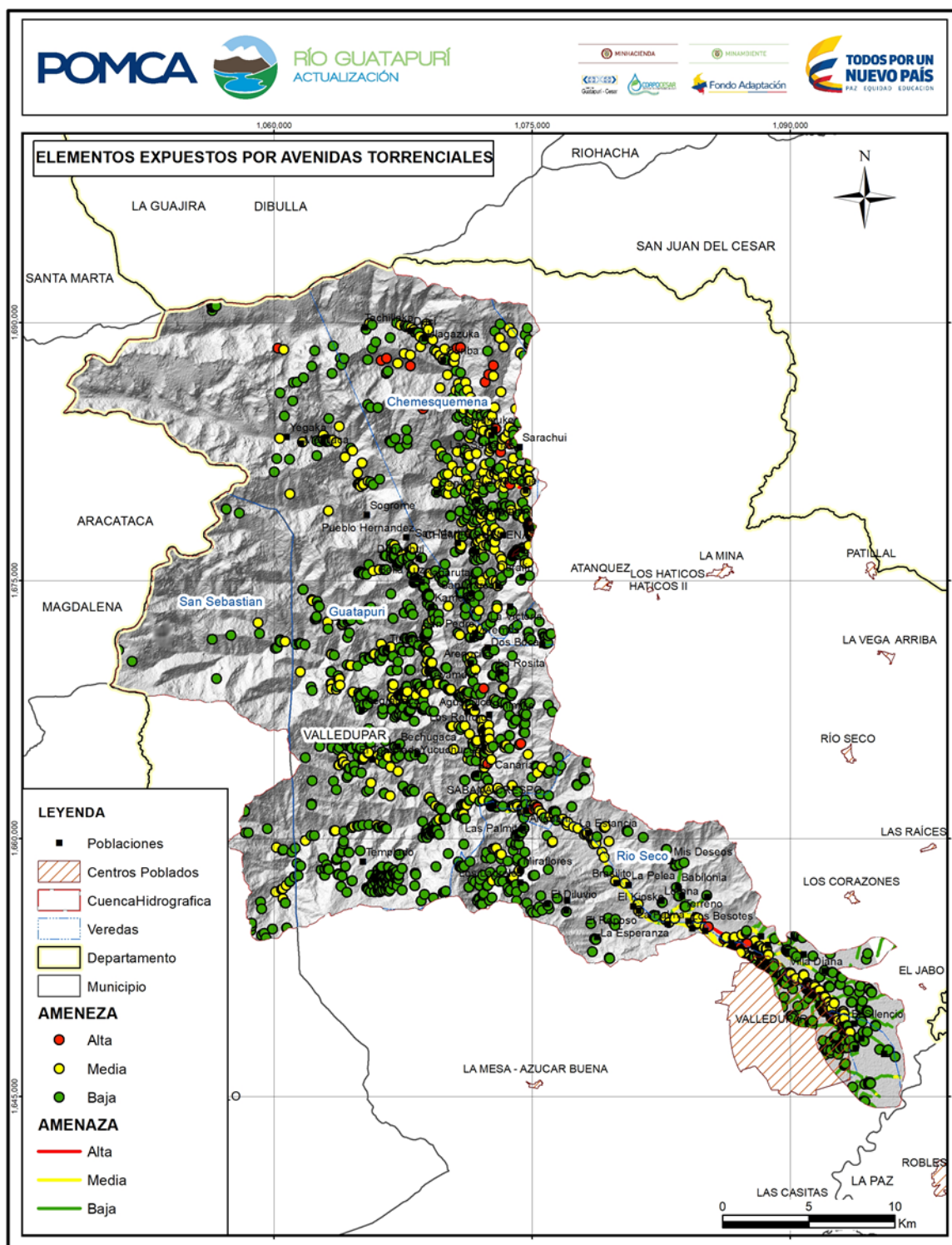
Fuente: Consorcio Guatapuri- Cesar.

Se evidencia la gran afectación que podrían tener las vías tipo 5, tipo 6 y tipo 8 principalmente, presentes en la cuenca. Dentro de los elementos de tipología puntual cabe destacar que no se encuentran establecimientos educativos, iglesias, salud, industria y sitios de interés en amenaza alta, sin embargo, se observan un establecimiento educativo,

un cementerio y un sitio de interés en amenaza media, otras construcciones con 48 elementos expuestos en amenaza alta y 699 elementos expuestos en amenaza media.

Dentro de la Línea de conducción de oleoducto 1.6 Km podrían ser afectados por fenómenos de avenidas torrenciales, y en total un estimado de 86.6 Km de infraestructura vial dentro de la cuenca del Río Guatapurí. La exposición de los elementos enlistados anteriormente a fenómenos de avenidas torrenciales, está relacionada principalmente a las zonas de tránsito y depositación del material torrencial (ver Mapa 7.58).

Mapa 7.58 Elementos expuestos por Avenidas Torrenciales.

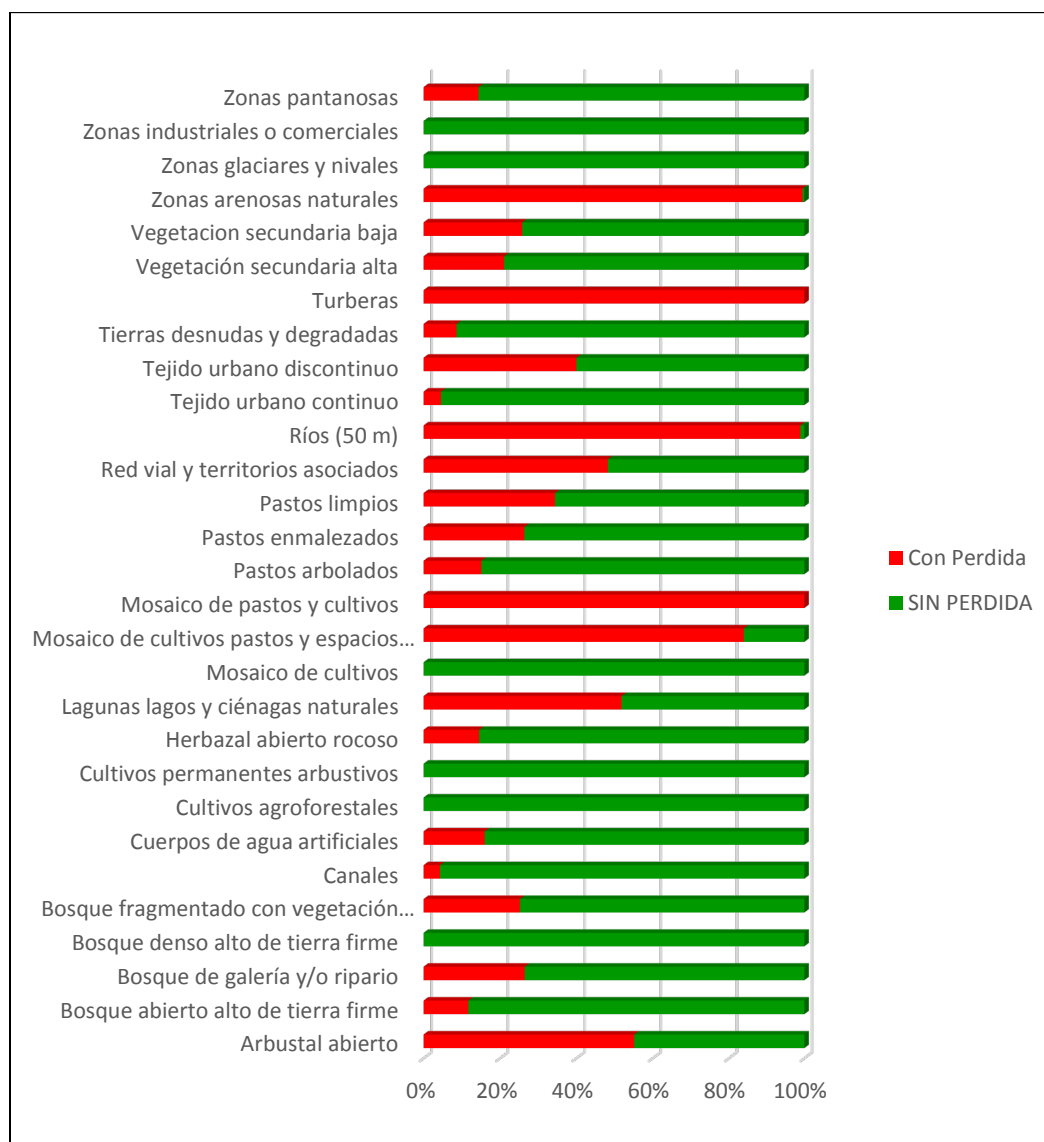


Fuente: Consorcio Guatapuri- Cesar.

7.4.4.1.4.2 Análisis de Índice de Exposición por Avenidas Torrenciales

Sin embargo, los elementos más expuestos a fenómenos de avenidas torrenciales son las zonas homogéneas o coberturas vegetales, a continuación, se muestra la distribución porcentual de las coberturas expuestas a ser afectadas por avenidas torrenciales.

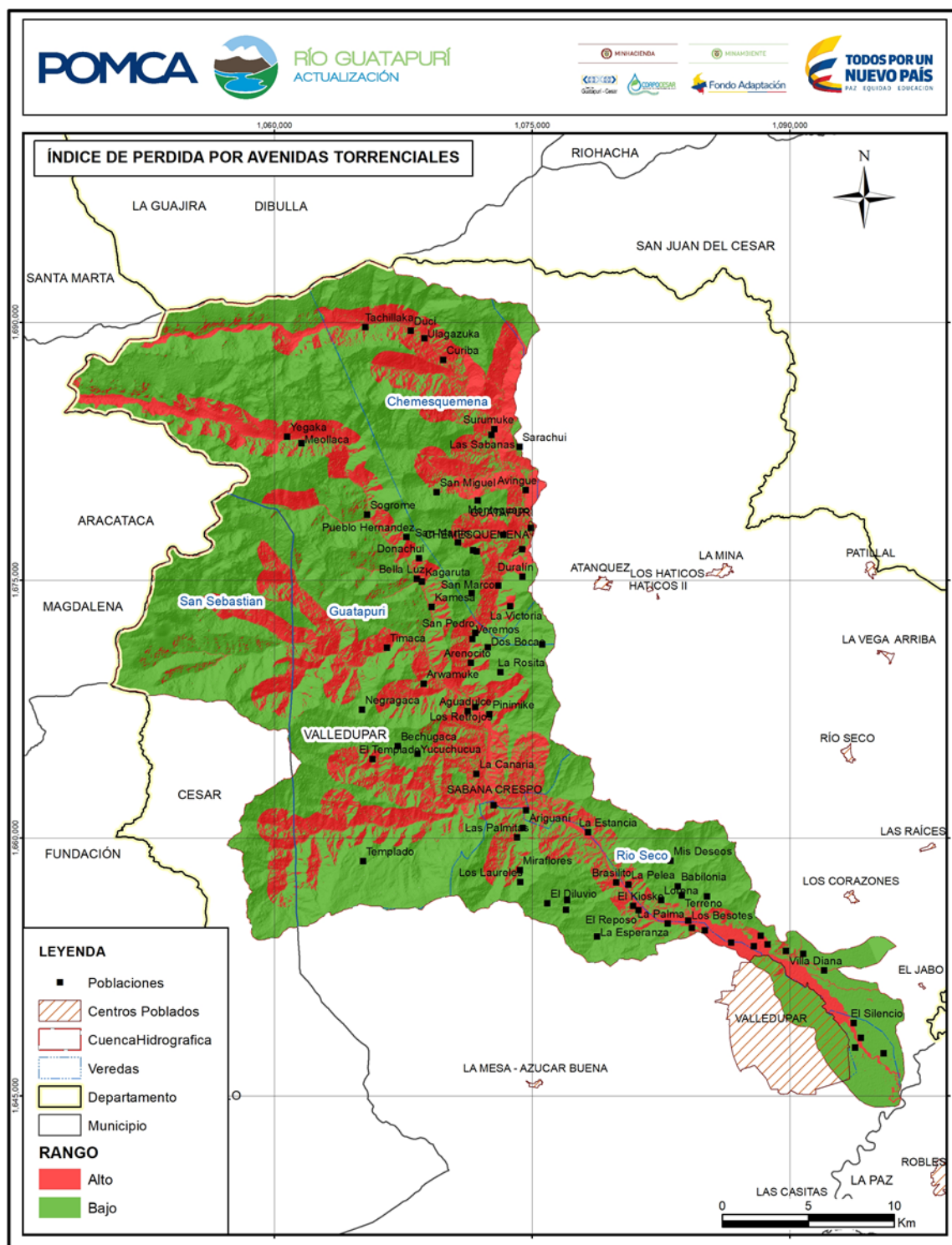
Gráfica 7.56 Porcentaje Áreas de Cobertura Afectada ante un Evento de Avenida Torrencial extremo.



Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

Las coberturas que pueden tener mayores pérdidas frente a eventos torrenciales serían las turberas, mosaico de pastos y cultivos, arbustal abierto, Ríos, zonas arenosas naturales, Red Vial, y Arbustal abierto (ver Mapa 7.59).

Mapa 7.59 Índice de Exposición o de Pérdida por Avenidas Torrenciales.



Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

7.4.4.1.5 Índice de Pérdidas por Movimientos en Masa (IP)

Para el cálculo del índice de pérdida o daño (IP) se requiere el cálculo de indicadores económicos y de desarrollo que se describen enseguida.

- **Indicadores económicos y de desarrollo**

Estos indicadores se obtendrán para la fecha estimada o escenario de amenaza definido previamente. Este indicador se puede obtener a partir del precio por metro cuadrado de construcción en cada zona. Para el efecto se usan indicadores de valores per cápita o normalizados con el PIB, de manera que estos indicadores permitan obtener los valores de reposición estimados del bien en los casos que ello aplique.

Dentro de la Cuenca Río Guatapurí, se tiene que los indicadores para las zonas rurales se obtendrán para la fecha estimada o escenario de amenaza definido para las zonas productivas o áreas estratégicas generadoras de servicios ambientales, de manera que este indicador se pueda obtener a partir del precio estimado por Ha en cada zona. Las áreas en las cuales se presenten ecosistemas estratégicos, zonas de reserva o áreas protegidas serán excluidas de este análisis por estar por fuera de los alcances de este trabajo su valoración, estas últimas se tendrán en cuenta en el análisis de fragilidad.

- **Valor de reposición para las zonas productivas (agrícolas, ganaderas, etc.) o áreas estratégicas generadoras de servicios ambientales**

Este se calcula con base en los índices de precio por Ha estimados para Colombia, multiplicándolo por el área del polígono calculado. La valoración misma del bien no incluye el valor del terreno en el cual está localizado. Corresponde únicamente a un valor de reposición de la pérdida del mismo.

Como indicadores de exposición para zonas rurales se tiene el *Vuso*, para el cual se requieren por lo menos:

- **Área total zonas productivas (agrícolas, ganaderas, etc.) o áreas estratégicas generadoras de servicios ambientales = (área ocupada promedio por tipo de uso/Ha) * área del polígono.**
- **Valor total de reposición = área total zonas productivas (agrícolas, ganaderas, etc.) o áreas estratégicas generadoras de servicios ambientales de la zona* índice de precios unitarios por Ha promedio de la zona.**

$$Vuso(\$) = CM(Ha) * IVE(\$ / Ha)$$

Dónde:

Vuso: valor expuesto de cada uso o valor total de reposición.

CM: cantidad de área dedicada a cada uso (Ha).

IVE: índice de precios unitarios por Ha promedio de la zona.

- **Índice de pérdida o índice de daño (IP)**

El porcentaje de daño o índice de pérdidas (IP) lo define Leone, como:

$$IP = \frac{V_i - V_f}{V_i} * 100$$

Dónde:

V_i : Valor inicial del bien (antes del evento).

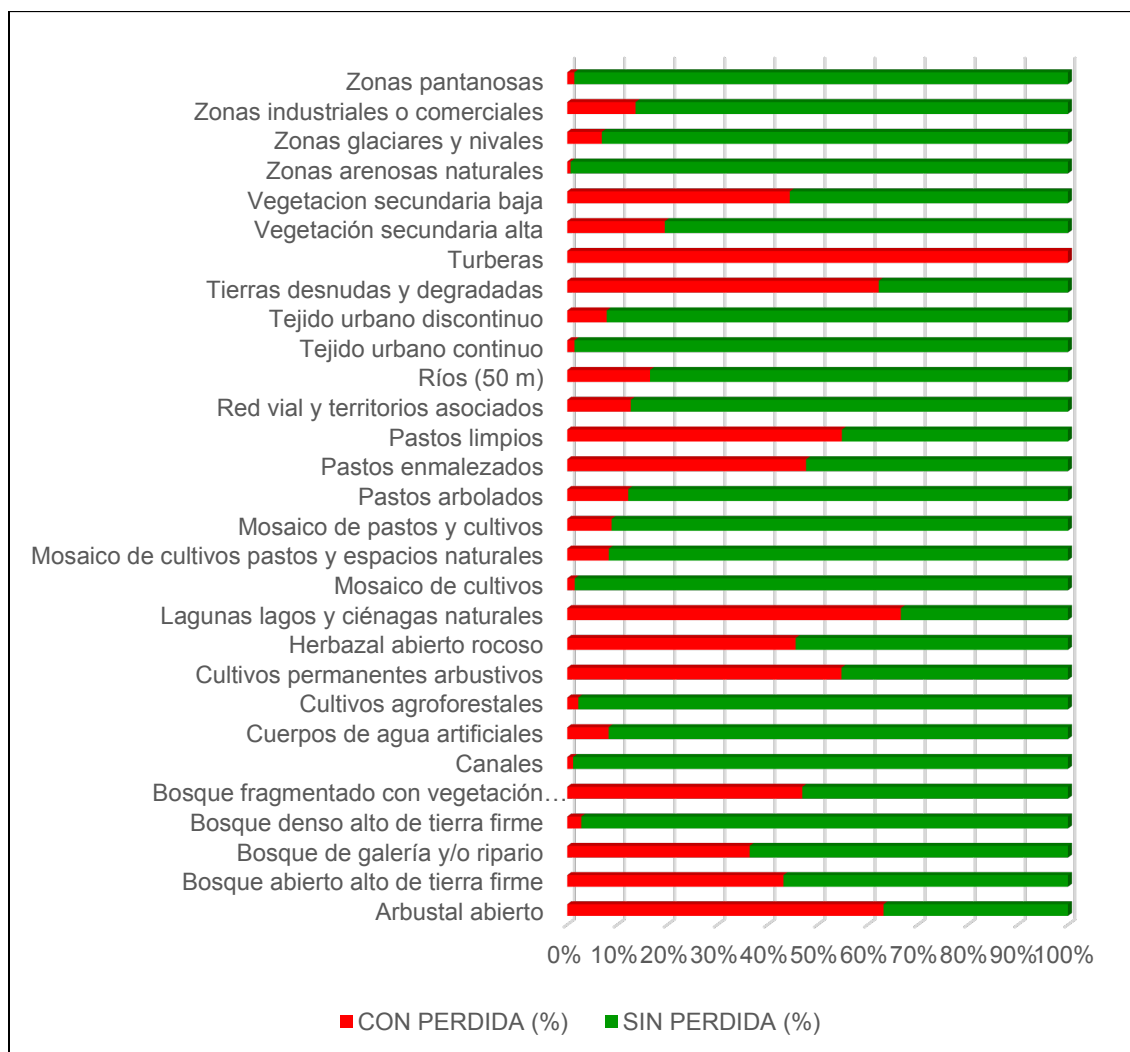
V_f : Valor final del bien (después del evento o valor de reposición (V_{uso})).

Este índice se obtuvo para cada una de las zonas homogéneas analizadas, asociadas a los niveles de cobertura de la cuenca.

De acuerdo con la evaluación del Índice de Daño, se lograron identificar las coberturas con mayor nivel de exposición ante los efectos adversos que podría desencadenar la ocurrencia de movimientos en masa en la Cuenca Río Guatapurí.

En la Gráfica 7.57 se relaciona el porcentaje de pérdida económica por categoría de cobertura, en función de las pérdidas totales que podrían sufrir los espacios de la cuenca ante la probabilidad de ocurrencia de este tipo de eventos.

Gráfica 7.57 Índice de Daño según tipo de cobertura.

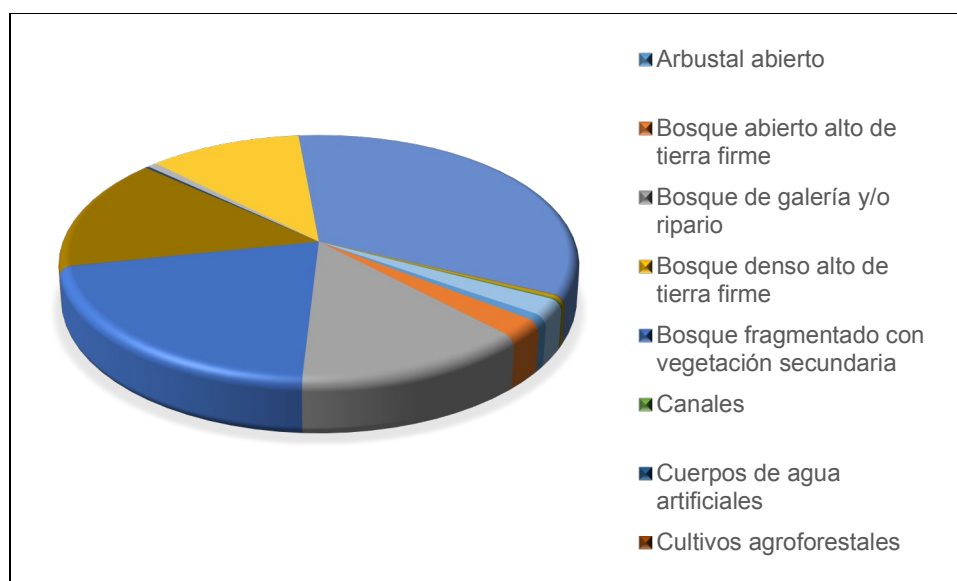


Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

El análisis del indicador de la grafica anterior se muestra con mayor predominio las actividades productivas asociadas a la ganadería tecnificada, plantas invasoras, cultivos de caña, plátano, plantas de coca a modo de huerto casero, yuca y banano, siendo estas, las más propensas a sufrir daños y pérdidas económicas en caso de presentarse sucesos de esta índole. Cerca del 33% de las perdidas proyectadas se presentarían en zonas de pastos limpios, el 20 % de ellas en áreas de bosques fragmentados y un 14% en herbazal abierto (ver Gráfica 7.58).

Otras perdidas, aunque de menor proporción, se encuentran asociadas a otras coberturas (0,244%), pero importantes para la economía de la zona, podrían presentarse en tejido urbano continuo y discontinuo, bosque de galería, pastos enmalez, cultivos agroforestales, mosaico de pasto y cultivos, cultivos permanentes arbustivos y zonas industriales o comerciales.

Gráfica 7.58 Porcentaje áreas de cobertura afectada por índice de daño frente a la ocurrencia de movimiento en masa.



Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

7.4.4.1.6 Índice de Pérdidas por Incendios Forestal

7.4.4.1.6.1 Exposición de Infraestructura Estratégica – Incendios Forestales

En la **Tabla 7.75** se presenta en resumen la exposición en cantidad y longitud de elementos en tipología punto y línea, es decir infraestructura de servicios educativos, salud, seguridad y vial, entre otros.

Tabla 7.75. Elementos expuestos a eventos de tipo Incendio según tipo de infraestructura.

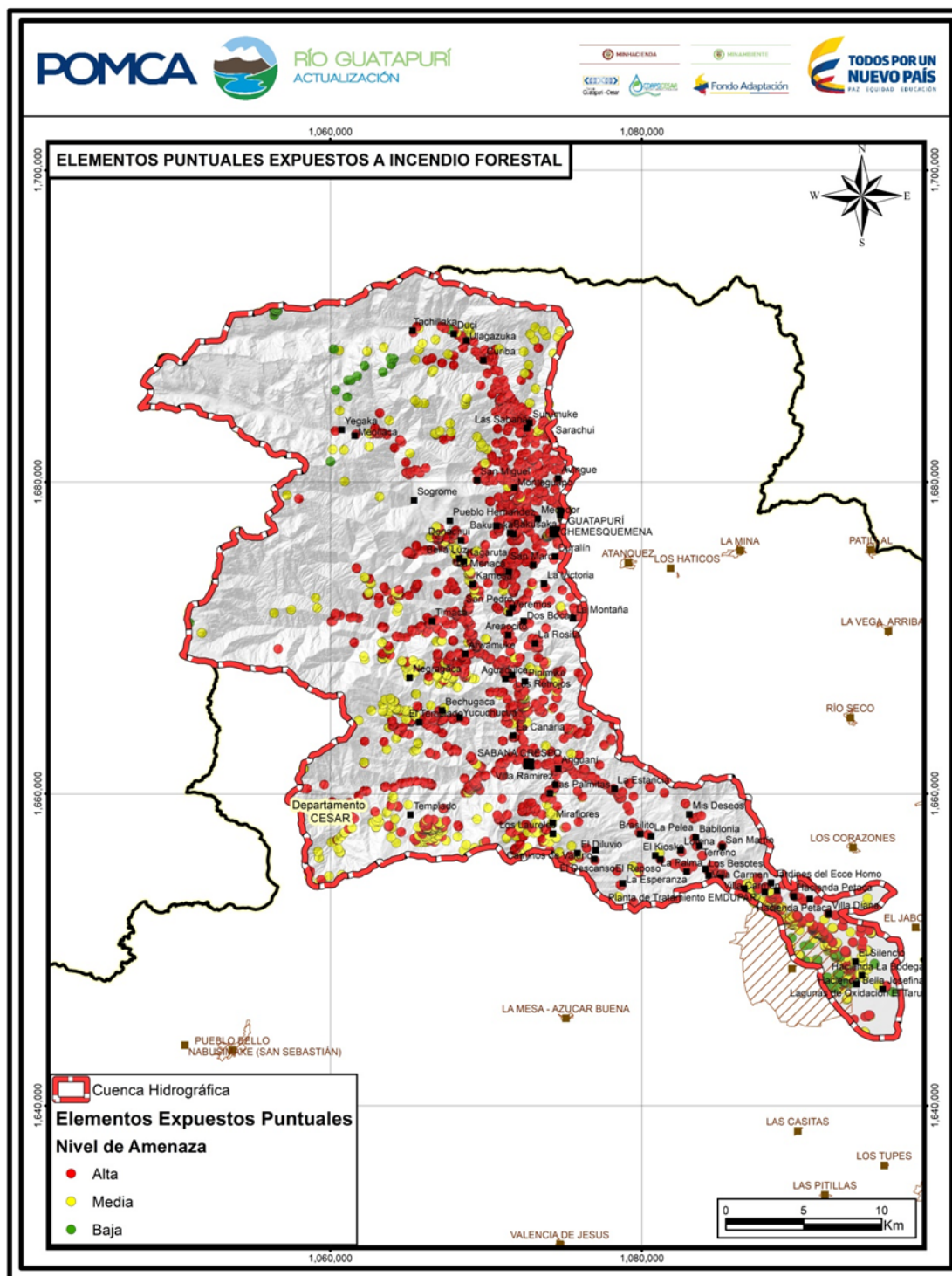
TIPO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD/LONGITUD EN AMENAZA ALTA	CANTIDAD/LONGITUD EN AMENAZA MEDIA
Punto	Industria		1

TIPO		DESCRIPCIÓN	CANTIDAD/LONGITUD EN AMENAZA ALTA	CANTIDAD/LONGITUD EN AMENAZA MEDIA
		Cementerio, Parque Cementerio	1	
		Establecimiento Educativo	9	4
		Salud	1	1
		Iglesia		1
		Otras Construcciones	1786	861
Lineal	Energía	Línea de conducción de oleoducto	1.79 Km	0.54 Km
	Vial	Tipo 1 5-8 metros de ancho pavimentadas	3.08 Km	0.6260
		Tipo 2 5-8 metros de ancho sin pavimentar	-	-
		Tipo 3 2-5 metros de ancho pavimentada	0.58 Km	14.15 Km
		Tipo 4 2-5 metros de ancho sin pavimentar	11.89 Km	2.05 Km
		Tipo 5 Transitables en tiempo seco	28.02 Km	2.87 Km
		Tipo 6 Sin afirmado transitable en tiempo seco	57.66 Km	1.82 Km
		Vía Tipo 7 Sin afirmado poco transitable	11.71 Km	0.06 Km
		Vía Tipo 8 Camino de herradura	81.61 Km	6.02 Km

Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

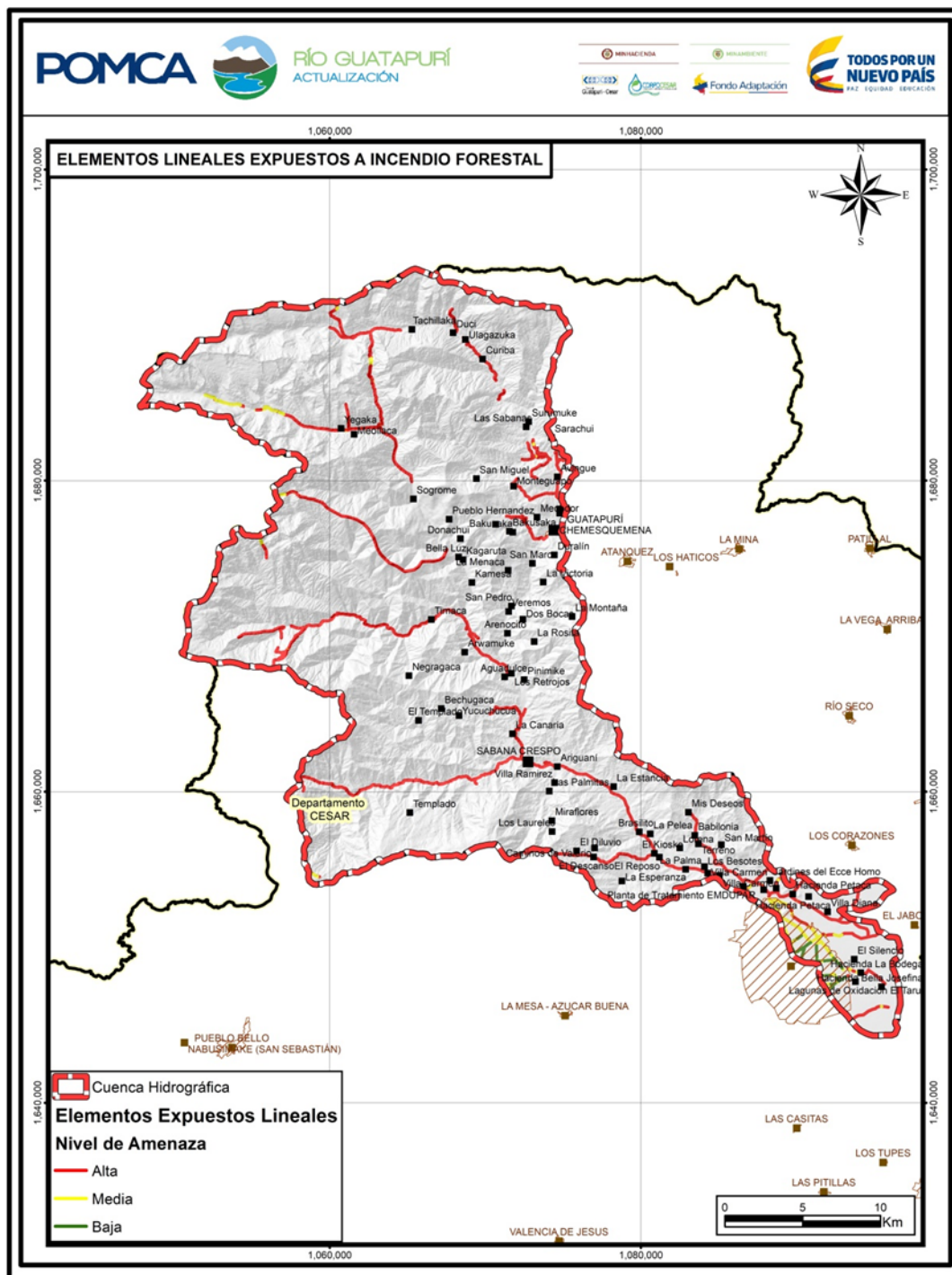
En el Mapa 7.60 y Mapa 7.61 se observa la localización geográfica de los elementos de infraestructura expuestos a eventos amenazantes de tipo incendio forestal.

Mapa 7.60 Localización de elementos puntuales de infraestructura estratégica expuestos a la amenaza por Incendio Forestal.



Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

Mapa 7.61 Localización de elementos lineales de infraestructura estratégica expuestos a la amenaza por Incendio Forestal.



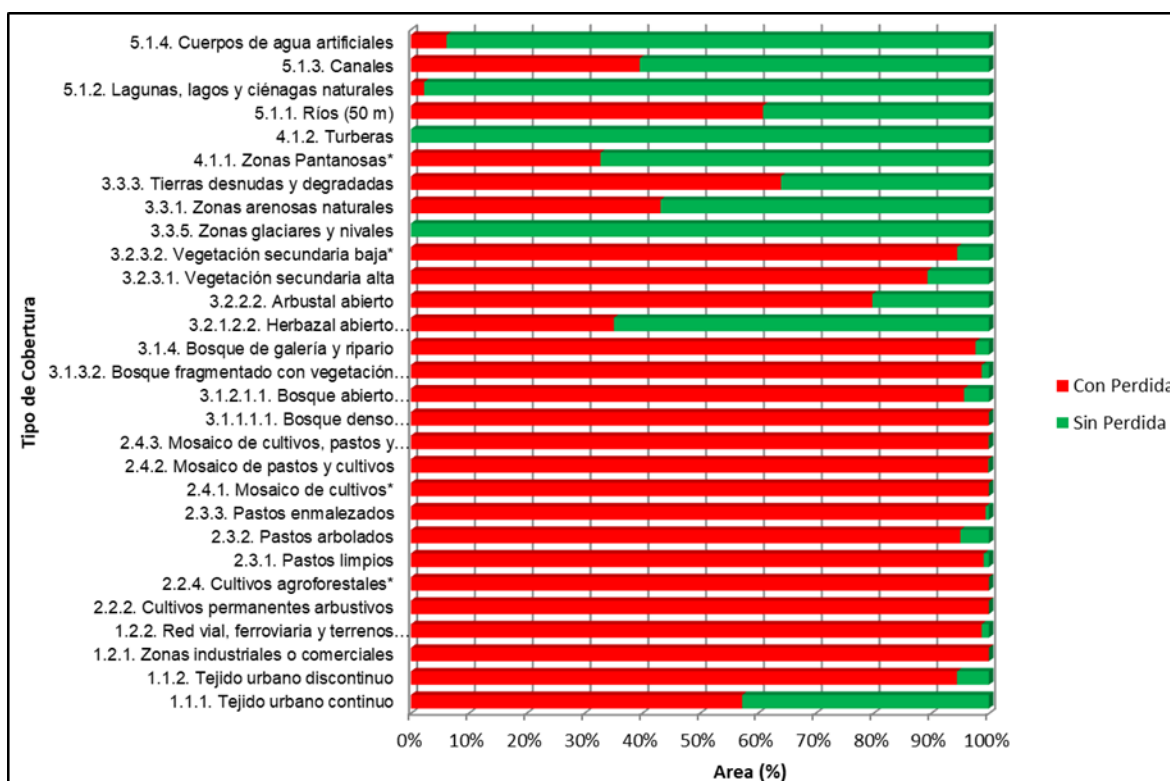
Fuente: Consorcio Guatapurí-Cesar.

7.4.4.1.6.2 Análisis de Índice de Exposición por Incendios Forestales

Con base en la exposición de las coberturas vegetales ante la ocurrencia de un incendio forestal, es posible que la mayor parte de estas unidades vegetales se vean afectadas casi en la totalidad de su fisiología y ocupación; afectando a las coberturas con características arbóreas, como bosques hasta las identificadas como tejido urbano continuo y discontinuo, para una totalidad de afectación igual al 87.80% de las 88907.05 ha que comprenden la totalidad de la cuenca.

Por otro lado, del 12.19% del territorio que no presenta pérdida ante este evento, se destacan las áreas digitalizadas como zonas de glaciares y nivales, turberas, y las coberturas con patrones hídricos como característica principal, como las lagunas, los canales y los cuerpos de agua artificiales entre otras. La Gráfica 7.59 es una representación gráfica de las coberturas vegetales afectadas por la posible ocurrencia de un fenómeno incendiario de gran magnitud.

Gráfica 7.59 Porcentaje Áreas de Cobertura Afectada ante un Evento de Incendios Forestales.



Fuente: Consorcio Guatapuri- Cesar.

301

7.4.4.2 Índice de Fragilidad

Se puede decir que la vulnerabilidad corresponde a la probabilidad de que una comunidad, expuesta a una amenaza natural, tecnológica o antrópica más generalmente, según el grado de fragilidad de sus elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político institucional entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales en el momento del impacto del fenómeno. (Chardon & González, 2012, p.7).

La vulnerabilidad de los asentamientos humanos y de las zonas rurales ante fenómenos naturales está ligada a los procesos sociales que allí se desarrollan, es decir que no sólo depende de la susceptibilidad física del contexto material sino de la fragilidad de los elementos expuestos (Cardona O. D., 2003). La fragilidad se define como el grado de susceptibilidad de los diferentes elementos y sectores (económico, social y ambiental) para soportar el embate de los eventos amenazantes. Se mide como un índice de fragilidad y varía entre cero y uno. La Fragilidad Total se define como sigue:

$$Fragilidad = \frac{F_f + F_{sc} + F_e}{3}$$

Donde:

F_f : Fragilidad Física.

F_{sc} : Fragilidad Socio-cultural.

F_e : Fragilidad Ecosistémica.

En la **Tabla 7.76** se definen las categorías de fragilidad de acuerdo a los resultados que se obtengan de la anterior ecuación.

Tabla 7.76. Indicadores de Fragilidad Propuestos.

VALOR	CATEGORÍA ÍNDICE DE FRAGILIDAD
0.75 – 1.00	Alta
0.50 – 0.75	Media
0.00 – 0.50	Baja

Fuente: Tomado de (Fondo Adaptación, 2014).

Previo al uso de la ecuación de fragilidad total, se deben estimar los valores de fragilidad física, sociocultural y ecosistémica para cada uno de los polígonos con susceptibilidad media y alta, como se presenta a continuación:

7.4.4.2.1 Fragilidad Física

La Fragilidad Física depende de los resultados de la evaluación de amenaza, y se debe evaluar en la misma forma para los eventos amenazantes priorizados por el POMCA; y será uno o cero si el elemento expuesto está ubicado en zona de amenaza alta o baja respectivamente. En la **Tabla 7.77** se presenta el índice de fragilidad física propuesto.

Tabla 7.77. Indicador de Fragilidad Física.

NIVEL DE AMENAZA	ÍNDICE DE FRAGILIDAD FÍSICA
Alta	1.00
Media	0.50
Baja	0.00

Fuente: Tomado de (Fondo Adaptación, 2014).

Entonces, con base en la asignación de esta categoría a los resultados de la amenaza, se procesa y espacializa la fragilidad física de las zonas homogéneas que conforman el territorio perteneciente a la Cuenca del Río Guatapurí. (Ver Tabla 7.78).

Tabla 7.78. Áreas de amenaza por cada cobertura para obtención de Fragilidad física por Movimientos en Masa en la Cuenca del Río Guatapurí

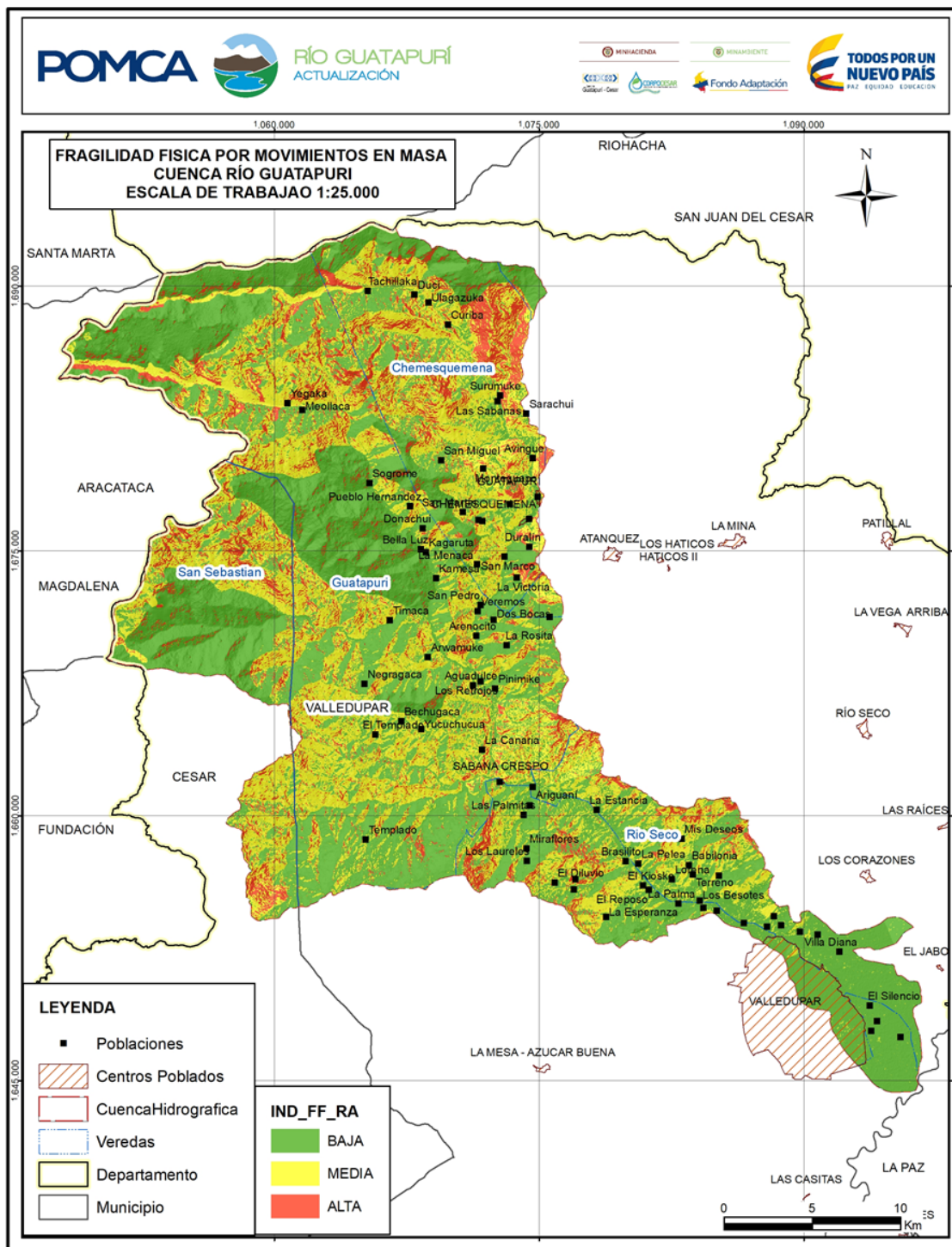
FRAGILIDAD FÍSICA	ALTA	BAJA	MEDIA	TOTAL GENERAL
Arbustal abierto	0.1%	0.3%	0.2%	0.6%
Bosque abierto alto de tierra firme	0.2%	1.7%	0.6%	2.5%
Bosque de galería y/o ripario	0.5%	10.4%	5.4%	16.3%
Bosque denso alto de tierra firme	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	0.9%	12.8%	6.5%	20.1%
Canales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cuerpos de agua artificiales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cultivos agroforestales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cultivos permanentes arbustivos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Herbazal abierto rocoso	1.9%	9.6%	3.4%	14.9%
Lagunas lagos y ciénagas naturales	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%
Mosaico de cultivos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%
Mosaico de pastos y cultivos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pastos arbolados	0.0%	2.3%	0.1%	2.4%
Pastos enmalezados	0.4%	7.0%	3.0%	10.4%
Pastos limpios	1.2%	17.3%	9.1%	27.7%

FRAGILIDAD FÍSICA	ALTA	BAJA	MEDIA	TOTAL GENERAL
Red vial y territorios asociados	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%
Ríos (50 m)	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%
Tejido urbano continuo	0.0%	1.2%	0.0%	1.2%
Tejido urbano discontinuo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Tierras desnudas y degradadas	0.0%	0.2%	0.1%	0.3%
Turberas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Vegetación secundaria alta	0.0%	0.3%	0.1%	0.4%
Vegetación secundaria baja	0.1%	1.4%	0.6%	2.1%
Zonas arenosas naturales	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%
Zonas glaciares y nivales	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%
Zonas industriales o comerciales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Zonas pantanosas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Total General				100.0%

Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar

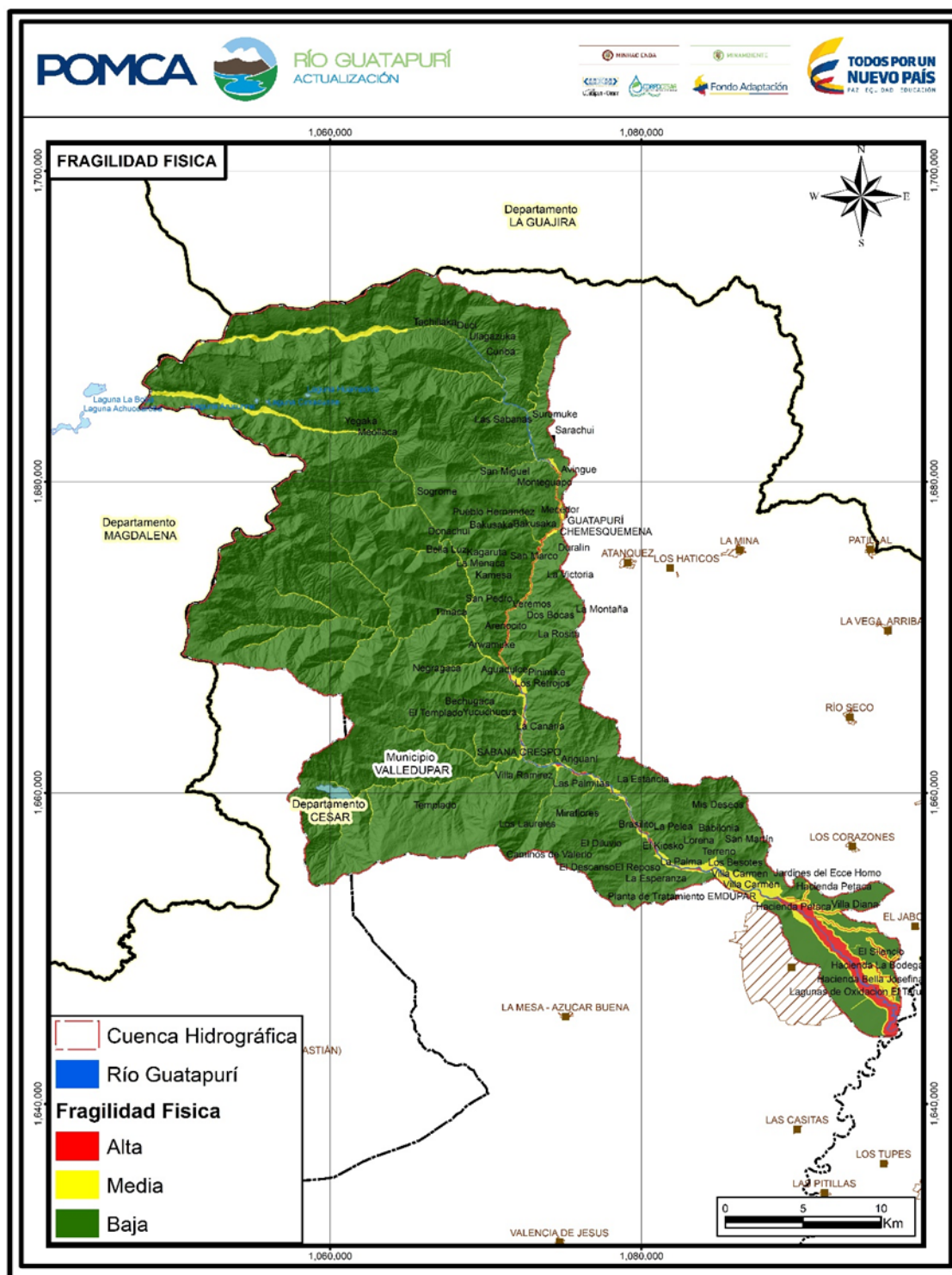
Se presenta la distribución del indicador de fragilidad física en la Cuenca del Río Guatapurí, de acuerdo con la probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa (ver Mapa 7.63), inundaciones (ver Mapa 7.64), avenidas torrenciales (ver Mapa 7.65) e incendios forestales (ver Mapa 7.66) en el escenario actual.

Mapa 7.63 Fragilidad Física por Movimientos en masa, en la Cuenca del Río Guatapuri.



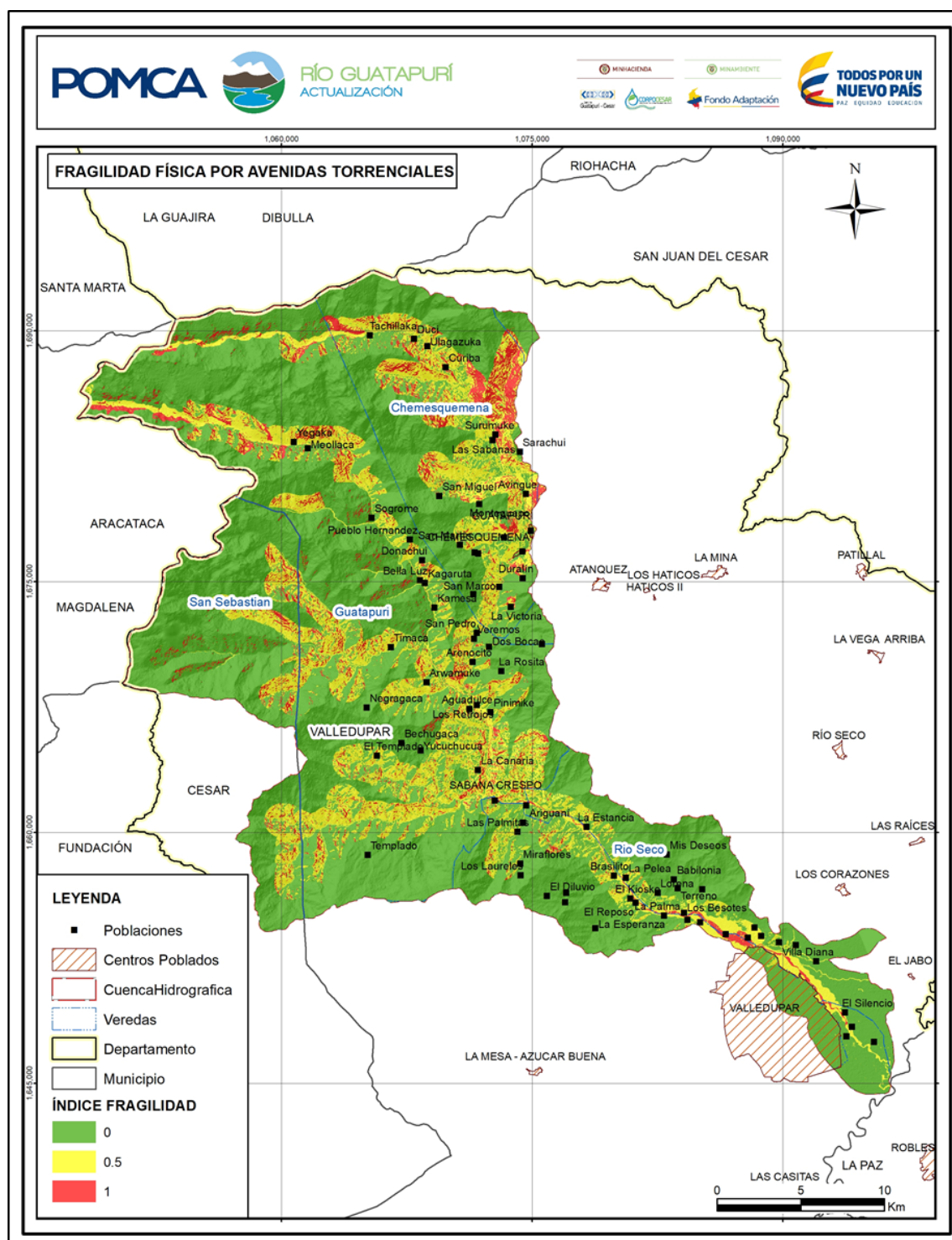
Fuente: Consorcio Guatapuri- Cesar.

Mapa 7.64 Fragilidad física por Inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí.



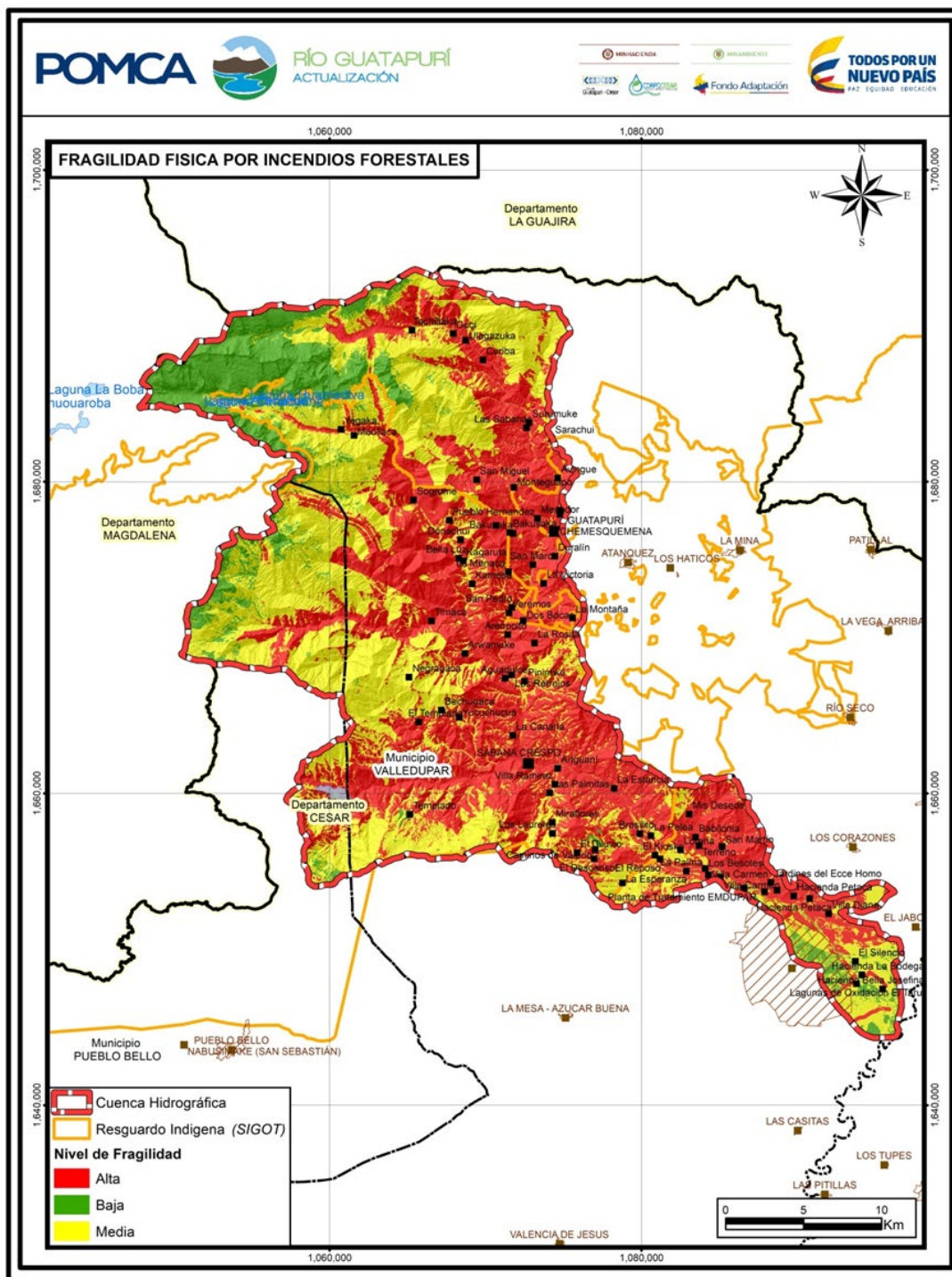
Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

Mapa 7.65 Fragilidad Física por Avenidas Torrenciales dentro de la Cuenca del Río Guatapuri.



Fuente: Consorcio Guatapuri- Cesar.

Mapa 7.66 Fragilidad Física por Incendios Forestales Dentro de la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

7.4.4.2.2 Fragilidad Socio-Cultural (FSC)

La adopción de este índice es una adaptación a la metodología de evaluación de la vulnerabilidad presentada por la Universidad Nacional (2013). En la evaluación de la fragilidad sociocultural se debe tener en cuenta que las coberturas que indican la presencia de los asentamientos humanos son el tejido urbano y el tejido urbano discontinuo. La fragilidad socio cultural es la suma del índice de Calidad de Vida (ICV) que se presenta en la **Tabla 7.79** y el índice de fragilidad cultural que se muestra en la **Tabla 7.81**.

Tabla 7.79. Valores ICV y categorías para la evaluación de coberturas “tejido urbano” y “tejido urbano discontinuo”.

VALOR	ICV	CATEGORÍA
0.10	Menos de 20	Baja
0.25	Mayor de 20 y menor de 67	Media
0.50	Mayor de 67	Alta

Fuente: Tomado de (Fondo Adaptación, 2014).

El primer índice y con fines de POMCAS se calcula con base en el uso de la variable Índice de Condiciones de Vida (ICV), información disponible en el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) y en el Sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial nacional (SIGOT).

Se optó por esta variable porque el ICV está vinculado con la susceptibilidad desde los niveles de marginalidad o exclusión social. El Índice de Calidad de Vida (ICV) refleja las condiciones socioeconómicas de los hogares urbanos y rurales de las áreas en estudio en cuanto a las variables de análisis que están relacionadas con educación y capital humano, calidad de la vivienda y tamaño y composición del hogar. El mínimo normativo garantizado por la Constitución es de 67 (Departamento Nacional de Planeación, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Humano, Equipo Técnico del Programa Nacional de Desarrollo Humano, & Agencia Alemana de Cooperación al Desarrollo, n.d.).

La dimensión cultural se incluye de forma indirecta puesto que existen coberturas, que aunque no están ocupadas por población, se constituyen en patrimonio natural o en áreas apropiadas para el desarrollo de actividades de aprovechamiento del espacio público o de fuentes de subsistencia de comunidades, como por ejemplo los bosques, las áreas verdes, los cuerpos de agua, entre otros; para ello es necesario que el grupo de expertos defina las áreas de interés o patrimonio natural propios de la región en estudio.

Las áreas que se definan como de dimensión cultural y que definen la “**fragilidad cultural**” se deben determinar a través del juicio de expertos, si es positivo en alguno de los casos anteriores el valor de la **calificación es 0,5 pero si es negativo se calificará con 0,0**.

En la evaluación de la fragilidad socio-cultural se tuvo en cuenta el mapa de coberturas de la tierra y sus usos actuales, debido a que indican la presencia de asentamientos humanos denominados tejido urbano continuo y el tejido urbano discontinuo.

La fragilidad socio cultural es la suma del Índice de Calidad de Vida y del Índice de Fragilidad Cultural (Fondo Adaptación, 2014) y se define como sigue:

$$F_{sc} = ICV + F_c$$

Donde:

F_{sc} : Fragilidad Socio-cultural.

ICV : Índice de Calidad de Vida.

F_c : Índice de Fragilidad Cultural.

7.4.4.2.2.1 Índice de Calidad de Vida

El Índice de Calidad de Vida (ICV) refleja las condiciones socioeconómicas de los hogares urbanos y rurales de las áreas en estudio, en cuanto a las variables de análisis que están relacionadas con educación y capital humano, calidad de la vivienda y tamaño y composición del hogar (Pérez, 2005). Estas condiciones de riesgo se encuentran estrechamente ligadas con las condiciones de pobreza.

El Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) ha sido considerado tradicionalmente para medir la pobreza en Colombia. El NBI permite capturar las condiciones de fragilidad de la población, en términos de la composición física de las viviendas y de la resiliencia o capacidad de recuperación, en relación con las características económicas de los hogares. Los municipios con mayores porcentajes de NBI tienen coberturas de infraestructura sanitaria básica deficientes, bajos niveles de escolaridad y salubridad y, en general, infraestructura productiva y de servicios insuficiente. (Banco Mundial, 2012) p.17.

Entonces el desarrollo de esta variable se enfocó en el conocimiento del Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), siendo este el porcentaje de la población, respecto a la población total, que tiene al menos una necesidad básica insatisfecha; en el caso de tener más de una el DANE considera a un individuo en condiciones de miseria. En la **Tabla 7.80** se presentan los valores de NBI de cada uno de los municipios que conforman la Cuenca Hidrográfica del Río Guatapurí.

Tabla 7.80. Necesidades Básicas Insatisfechas por municipio.

MUNICIPIO	CABECERA	RURAL	TOTAL
Valledupar	27.23	63.37	32.74
Pueblo Bello	48.47	94.39	83.4

Fuente: Tomado de (DANE, 2005).

Posteriormente, se recategorizó y espacializó el indicador mediante la correlación de las NBI del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) que describe la calidad de vida de la población en cada municipio, en función de las necesidades básicas insatisfechas (ver **Tabla 7.81**).

Tabla 7.81. Valores de NBI para Categoría de Índice de Calidad de Vida.

VALOR	NBI	CATEGORÍA
0.10	Menos de 20	Baja
0.25	Mayor de 20 y menor de 67	Media

VALOR	NBI	CATEGORÍA
0.50	Mayor de 67	Alta

Fuente: Tomado de (Fondo Adaptación, 2014).

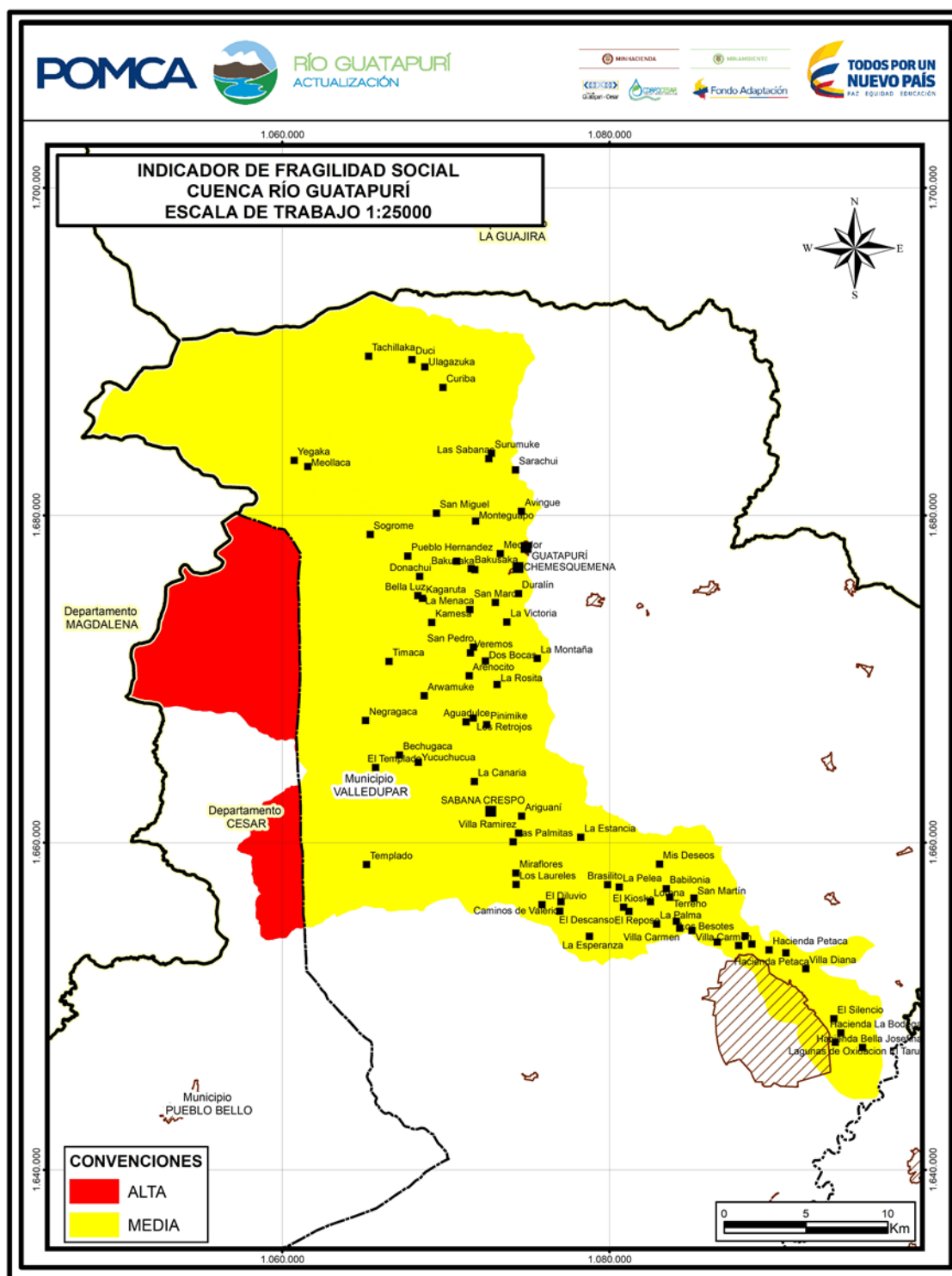
En la **Tabla 7.82** se muestra el consolidado del índice de calidad de vida de la cuenca a nivel municipal. Es de resaltar que el municipio de Valledupar presenta categoría de fragilidad media, representado en un 79,76% de ICV, lo cual supone que dicho municipio podrá reaccionar ante la ocurrencia del evento amenazante de movimiento en masa, presentando niveles de marginalidad o exclusión medio, catalogado entre los valores mayores de 20 y menor de 67. Mientras que el municipio de Pueblo Bello presenta una alta fragilidad social critica, asociado a un 20,24% en relación con el área de la superficie, con valores catalogados mayor de 67, reflejando condiciones socioeconómicas de pobreza y marginalidad de los hogares urbanos y rurales (ver Mapa 7.67).

Tabla 7.82. Índice de Calidad de Vida a nivel municipal

MUNICIPIO	ICV		CATEGORÍA ICV	AREA (%)
PUEBLO BELLO	0,5		ALTA	20,24%
VALLEDUPAR	0,25		MEDIA	79,76%

Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar

Mapa 7.67 Fragilidad Social ICV Municipal



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar

7.4.4.2.2.2 Fragilidad Cultural

A partir del mapa cultural se determinan las áreas que constituyen patrimonio cultural y arqueológico o áreas apropiadas para el desarrollo de actividades de aprovechamiento del espacio público o de fuentes de subsistencia de comunidades, las cuales se categorizarán en zonas de fragilidad cultural baja, media y alta. (Ver **Tabla 7.83**).

Tabla 7.83. Categorías para la Evaluación de la Fragilidad Cultural.

VALOR	DIMENSIÓN CULTURAL	CATEGORÍA
0.00	No constituyen áreas productivas ni de patrimonio	Baja
0.25	Áreas productivas	Media
0.50	Áreas en patrimonio natural y/o cultural y de subsistencia de comunidades	Alta

Fuente: Tomado de (Fondo Adaptación, 2014).

Para describir la fragilidad cultural presente dentro de la Cuenca del Río Guatapurí, se llevó a cabo un estudio social que determinó los siguientes puntos de interés, los cuales se proyectaron posteriormente a nivel cartográfico:

Los sitios arqueológicos: Si bien, en el Atlas Arqueológico de Colombia del Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH (ICANH, 2017) no existe ningún registro arqueológico dentro de la cuenca, si existen muchos yacimientos en cercanías de la cuenca.

Patrimonio Cultural Material e Inmaterial de la Cuenca del Río Guatapurí: A continuación, se enlista los principales bienes culturales materiales e inmateriales reconocidos por la Nación, de los cuales se encuentran registro en la lista de bienes inmuebles de interés cultural y la lista de patrimonio inmaterial de la Nación.

- Sector Fundacional de Valledupar
- Colegio Nacional Loperena

Otros Bienes de Interés Cultural:

- Museo del Acordeón
- Complejo de Esculturas Urbanas de la Ciudad de Valledupar (ver Tabla 7.84)

Tabla 7.84. Complejo de Esculturas Urbanas de la Ciudad de Valledupar y Sitios de Interés Cultural Dentro de la Cuenca.

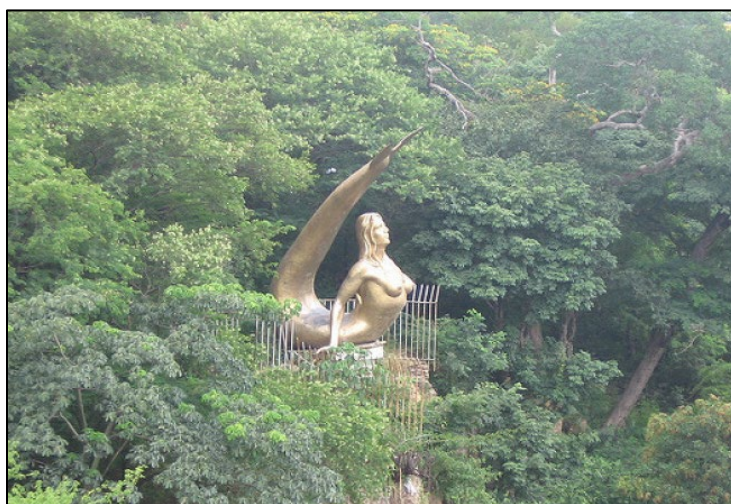
SITIO DE INTERÉS CULTURAL	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
Homenaje al folclor Vallenato	1090291	1649180
A los Galleros del Mundo	1089936	1649410
Museo del Acordeón	1089551	1650686
Revolución en Marcha	1091197	1650564

SITIO DE INTERÉS CULTURAL	COORDENADA ESTE	COORDENADA NORTE
Sirena de Hurtado	1088774	1653308
Hernando de Santana	1091332	1649095
La María Mulata	1089839	1649635
Homenaje al Viajero	1090437	1650863
Pilonera Mayor	1088508	1652682
Laguna de Curigua	1062754	1691635
Páramo de Surlibaka	1062269	1689918
Sogrome	1065468	1678707
Donachuí	1067004	1676669
Valledupar	1091020	1650607
Colegio Nacional Lopenera	1090722	1650101
Kas'si Muratu	1091188	1650568

Fuente: Consorcio Guatapurí- Cesar.

A continuación, en la **Fotografía 7.20** se muestra en la una de las esculturas más representativas del municipio de Valledupar.

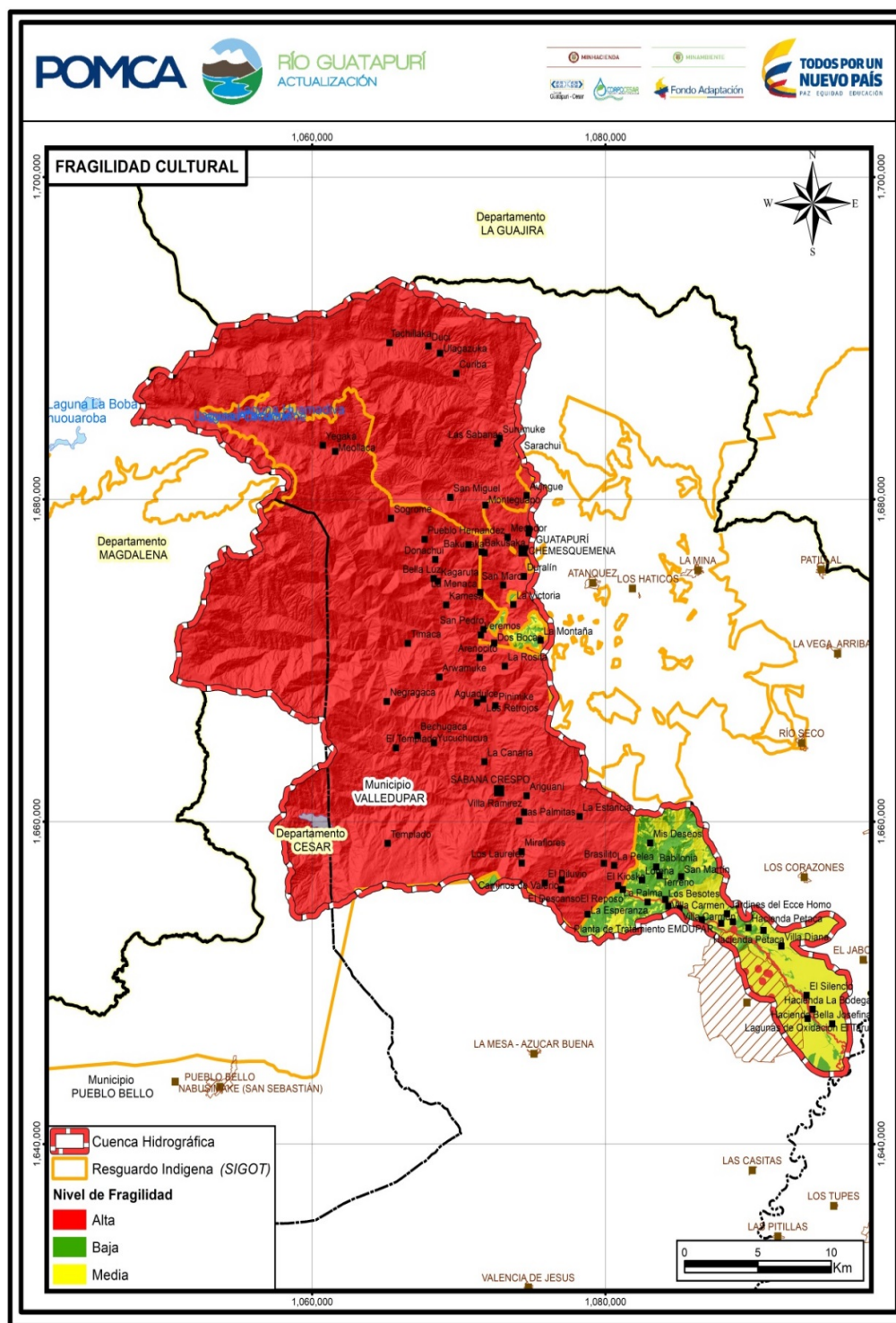
Fotografía 7.20. Sirena de Hurtado



Fuente: Cuenta de Flickr – Juanerre (8 de julio de 2007) Link: <https://www.flickr.com/photos/gerente/2333548969/>

En el Mapa 7.68 muestra la salida cartográfica resultante del procesamiento para la fragilidad cultural dentro de la Cuenca del Río Guatapurí.

Mapa 7.68 Fragilidad Cultural.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar

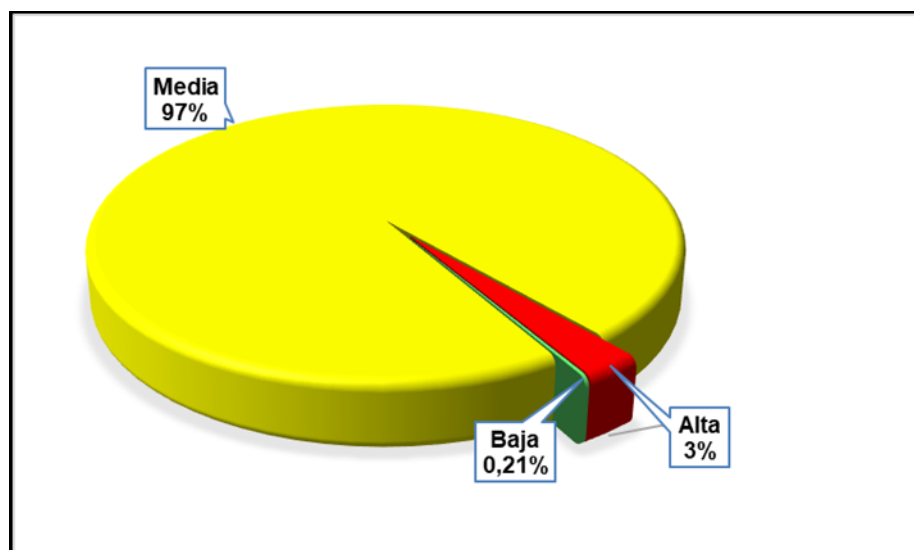
Finalmente, la fragilidad socio cultural se define como la sumatoria de:

$$\text{Fragilidad Sociocultural} = \text{Condición de Vida (ICV)} + \text{Dimensión Cultural (Fc)}$$

De acuerdo con los valores presentados en la Gráfica 7.60, la ponderación de los niveles de fragilidad social y cultural de la Cuenca Río Guatapurí, indican que tan solo el 0,21%, correspondiente a 224,516 Ha, presentan un bajo nivel de fragilidad en combinación de ambos factores, afectando hacia el noroeste y centro de la cuenca, específicamente sobre el municipio de Valledupar. Cerca del 3% (2992,29 Ha) muestran un nivel alto de fragilidad sociocultural, afectando al noreste del área de estudio, sobre los municipios de Pueblo Bello (1562,746 Ha) y Valledupar con (1429,549 Ha).

Por lo tanto, los resultados obtenidos arrojan un porcentaje considerable del área de la cuenca, ya que presentan niveles medios, influyendo con mayor recurrencia cerca de un porcentaje de ocupación del 97%, lo que representa en área 1032,064 Ha (Gráfica 7.60).

Gráfica 7.60 Indicador de Fragilidad Sociocultural frente la ocurrencia de movimientos en masa



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar

7.4.4.2.3 Fragilidad Ecosistémica

“Los escenarios de vulnerabilidad muestran que los ecosistemas naturales o poco intervenidos son menos sensibles al cambio climático que los espacios transformados en el ambiente rural” (MAVDT; IDEAM; PNUD; GEF, 2010, p.27).

La vulnerabilidad a nivel de ecosistemas hace referencia a las características funcionales y estructurales del ecosistema que pueden verse modificadas por la ocurrencia de un impacto (Pérez Vizcaíno, 2010). Tanto la fragilidad como la estabilidad de un ecosistema se relacionan con el grado de cambio en la abundancia y composición de especies posterior a un impacto.

La delimitación de ecosistemas estratégicos y áreas de protección producto de la caracterización del medio físico - biótico de la Cuenca Hidrográfica del Río Guatapurí, permitió la evaluación de la fragilidad. Las áreas identificadas son las siguientes:

Áreas de reserva Forestal: Acuerdo 27 de 1971; Resolución 181 de 2009; Resolución 1872 de 2010; Resolución 518 de 2012; Resolución 1399 de 2014, con una extensión dentro de la cuenca equivalente a 31456.077 ha.

Ecosistema de bosque seco tropical: Los bosques secos constituyen ecosistemas complejos que aportan una amplia gama de beneficios económicos, sociales y ambientales que pueden agruparse en tres categorías: productivas, regulativas e informativas.

Las funciones productivas suministran al hombre alimento, materiales de construcción y combustibles, entre otros. Las funciones regulativas comprenden la captación y almacenamiento de dióxido de carbono para la amortiguación del cambio climático, la protección de los suelos contra la erosión y el desecamiento, la absorción, almacenamiento y liberación de agua lluvia y freática, entre otros.

Las funciones relacionadas con la información se refieren a que portan los genes de las especies que allí viven, lo cual incluye sus complejas interacciones de simbiosis y los procesos ecológicos resultantes. Su extensión aproximada dentro de la cuenca es de 7512.342 ha.

Bosque Subhúmedo-Húmedo Andino: Es el ecosistema más diezmado de Colombia, del cual tan sólo queda un 4%. Entre la biodiversidad de estos bosques se destacan ranas y aves, dos grupos en los cuales Colombia es el primero del mundo. Con un área 27130.560 ha, representa una ocupación importante en la Cuenca del Río Guatapurí.

Sierra Nevada de Santa Marta, Patrimonio de la Humanidad: Tal vez en Colombia, la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) es el ecosistema que cumple con mayor fuerza todos los elementos señalados previamente. Declarada en 1979 Como Reserva de la Biosfera y de la Humanidad, la SNSM posee muchas características que la hacen única a nivel mundial y universal. Al respecto la UNESCO incluye a los dos parques naturales nacionales ubicados en La Sierra (PNN Sierra Nevada de Santa Marta y PNN Tayrona) dentro de la lista de lugares tentativos a ser considerados patrimonio natural de la humanidad. Esto debido a que posee bienes de interés tanto ecológico como ambiental, cultural, antropológico y arqueológico. En la Cuenca del Río Guatapurí, la SNSM registra una ocupación de 21244.248 ha.

En la **Tabla 7.85** se presenta la ponderación y categorización propuesta para cada uno de los ecosistemas y áreas de interés ambiental presentes en la cuenca.

Tabla 7.85. Propuesta de Indicadores de Fragilidad Ecosistémica.

VALOR	ÁREAS Y/O ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS	CATEGORÍA
1	Reservas Forestales Protectoras (RFP)	Alta
0.75	Ecosistemas Estratégicos (EE), Área Natural Única (ANU)	Media
0.3	Otras áreas de importancia ambiental	Baja
0	Áreas que no constituyen ecosistemas estratégicos	Ninguna

Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

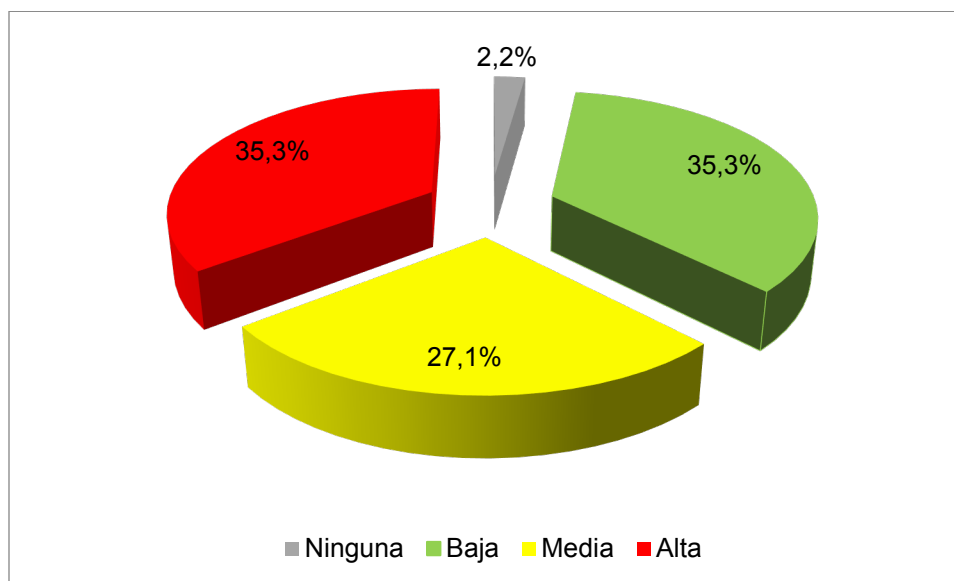
En el Mapa 7.69 se observa la zonificación y categorización de los niveles de fragilidad ecosistémica, en donde se puede apreciar la gran ocupación determinada por la categoría de alta fragilidad, indicada por los ecosistemas presentes dentro de la cuenca, especialmente en su zona norte, en ocupación de la SNSM.

De acuerdo con la información consolidada en la **Tabla 7.86**, (Fragilidad ecosistémica por cobertura). La fragilidad de ecosistemas resulta de gran importancia para el mantenimiento de las necesidades básicas y el equilibrio natural de la Cuenca Río Guatapurí frente a eventos amenazantes por movimientos en masa; presentando cerca del 38% fragilidad ecosistémica baja en relación con el área de la superficie (ver Gráfica 7.61), esto se debe principalmente a la fuerte presencia de cultivos y pastos, los cuales se encuentran distribuidos homogéneamente por toda la cuenca; La fragilidad ecosistémica media, ocupa el 17,16%, del territorio y corresponde a coberturas asociadas con vegetación secundaria o en transición, cuerpos de aguas artificiales, ríos, zonas arenosas naturales, turberas, herbazales y cultivos agroforestales.

En contraste la fragilidad ecosistémica alta, predomina en la Cuenca Río Guatapurí, ocupando un área cerca del 44% del territorio, es de resaltar que dentro de esta categoría se encuentran incluidas zonas de protección y conservación que se encuentran reconocidas por la autoridad ambiental, ecosistemas estratégicos cuya función principal está dada por la fusión del desarrollo de actividades productivas y la conservación del equilibrio natural en la cuenca. No obstante, allí existe una gran variedad de coberturas boscosas, como bosque abierto, bosque de galería y/o ripario, bosque denso y bosque fragmentado (ver **Tabla 7.86**). La mayoría del territorio en fragilidad ecosistémica alta se localiza hacia el Noroeste, Noreste, Centro y Sur, específicamente sobre los municipios de Pueblo Bello y Valledupar.

Finalmente, se identificaron algunas áreas que no fueron catalogadas con fragilidad ecosistémica, por tratarse de las cabeceras urbanas, las cuales representan el 1,07% (ver Gráfica 7.61).

Gráfica 7.61 Porcentaje de fragilidad ecosistémica



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

Tabla 7.86. Fragilidad ecosistémica por coberturas frente a la ocurrencia de movimientos en masa.

COBERTURA	NINGUNA	BAJA	MEDIA	ALTA
Arbustal abierto	0.0%	0.4%	0.0%	0.2%
Bosque abierto alto de tierra firme	0.0%	0.0%	0.5%	1.9%
Bosque de galería y/o ripario	0.0%	0.0%	14.5%	1.9%
Bosque denso alto de tierra firme	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	0.0%	0.0%	12.1%	8.0%
Canales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cuerpos de agua artificiales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cultivos agroforestales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cultivos permanentes arbustivos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Herbazal abierto rocoso	0.0%	5.6%	0.0%	9.2%
Lagunas lagos y ciénagas naturales	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
Mosaico de cultivos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%
Mosaico de pastos y cultivos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pastos arbolados	0.2%	1.6%	0.0%	0.6%
Pastos enmalezados	0.0%	7.2%	0.0%	3.2%
Pastos limpios	0.6%	18.0%	0.0%	9.1%
Red vial y territorios asociados	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

COBERTURA	NINGUNA	BAJA	MEDIA	ALTA
Ríos (50 m)	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%
Tejido urbano continuo	1.1%	0.0%	0.0%	0.1%
Tejido urbano discontinuo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Tierras desnudas y degradadas	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%
Turberas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Vegetación secundaria alta	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%
Vegetación secundaria baja	0.0%	1.9%	0.0%	0.2%
Zonas arenosas naturales	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%
Zonas glaciares y nivales	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%
Zonas industriales o comerciales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Zonas pantanosas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Total general	2.2%	35.3%	27.1%	35.3%

Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

POMCA  **RÍO GUATAPURÍ**
ACTUALIZACIÓN

 **MIN-AMBIENTE**
 **MIN-AMBIENTE**

 **Fondo Adaptación**
 **Fondo Adaptación**

TODOS POR UN NUEVO PAÍS
PAZ. EQUIDAD. SENSACIÓN.

INDICADOR DE FRAGILIDAD ECOSISTÉMICA
CUENCA RÍO GUATAPURÍ
ESCALA DE TRABAJO 1:25000

LA GUAJIRA

Departamento MAGDALENA

Departamento CESAR

Municipio VALLEDUPAR

SABANA CRESPO

CONVENCIONES

- Alta
- Media
- Baja
- Ninguna

0 5 10 Km

+57(5) 574 8960 – 573 718
atencionalciudadano@corpocesar.gov.co
Cra. 9 No.9 – 88 Valledupar, Cesar – Colombia
www.corpocesar.gov.co

7.4.4.2.3.1 Fragilidad Total por Movimientos en Masa

Una vez calculadas las anteriores fragilidades se establece el cálculo de una fragilidad total, es decir que, de acuerdo con las calificaciones, la fragilidad total se establece de la siguiente forma:

$$Fragilidad = \frac{Fragilidad\ Física + Fragilidad\ Sociocultural + Fragilidad\ Ecosistémica}{3}$$

Donde:

F_f : Fragilidad Física.

F_{sc} : Fragilidad Socio- cultural.

F_e : Fragilidad Ecosistémica.

Tal como se indicó previamente el índice varía entre 0 y 1. Si el valor final es menor a 0.5 la fragilidad es baja. Si el valor final está entre 0.5 y 0.75 la fragilidad es media, y si el valor está entre 0.75 y 1 la fragilidad es alta, tal como aparece en la **Tabla 7.87**.

Tabla 7.87. Indicador de fragilidad propuesto.

VALOR	CATEGORÍA ÍNDICE DE FRAGILIDAD
0.75 – 1.00	Alta
0.50 – 0.75	Media
0.00 – 0.50	Baja

Fuente: Tomado de (Fondo Adaptación, 2014).

Ante el evento de movimiento en masa, pudo identificarse que aproximadamente la totalidad del territorio de la cuenca presenta fragilidad baja. Los indicadores demuestran que fragilidad de tipo alta y media se presenta casi de manera aislada sobre los municipios de Valledupar y Pueblo Bello, específicamente hacia el Norte, Sur, Centro y Noroeste del territorio.

Tabla 7.88. Fragilidad total de la cuenca según uso actual del suelo.

COBERTURA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL GENERAL
Arbustal abierto	0.3%	0.2%	0.0%	0.6%
Bosque abierto alto de tierra firme	0.5%	0.9%	1.1%	2.5%
Bosque de galería y/o ripario	12.7%	3.4%	0.2%	16.3%
Bosque denso alto de tierra firme	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	11.0%	7.6%	1.6%	20.1%
Canales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cuerpos de agua artificiales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cultivos agroforestales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cultivos permanentes arbustivos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Herbazal abierto rocoso	8.7%	5.0%	1.2%	14.9%
Lagunas lagos y ciénagas naturales	0.1%	0.0%	0.0%	0.2%
Mosaico de cultivos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	0.2%	0.0%	0.0%	0.2%
Mosaico de pastos y cultivos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Pastos arbolados	2.2%	0.2%	0.0%	2.4%
Pastos enmalezados	7.8%	2.4%	0.3%	10.4%
Pastos limpios	19.6%	7.4%	0.7%	27.7%

COBERTURA	BAJA	MEDIA	ALTA	TOTAL GENERAL
Red vial y territorios asociados	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%
Ríos (50 m)	0.2%	0.0%	0.0%	0.2%
Tejido urbano continuo	1.2%	0.0%	0.0%	1.2%
Tejido urbano discontinuo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Tierras desnudas y degradadas	0.1%	0.1%	0.0%	0.3%
Turberas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Vegetación secundaria alta	0.3%	0.0%	0.1%	0.4%
Vegetación secundaria baja	1.9%	0.2%	0.0%	2.1%
Zonas arenosas naturales	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%
Zonas glaciares y nivales	0.2%	0.0%	0.0%	0.2%
Zonas industriales o comerciales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Zonas pantanosas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Total general	67.2%	27.5%	5.3%	100.0%

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

El análisis final indica la tendencia de los espacios de la Cuenca del Río Guatapurí a no presentar niveles intensos de fragilidad, por el contrario, el 74,64% de su territorio se encuentra bajo la influencia de fragilidad baja, asociados principalmente a usos del suelo forestal, ganadero, cuerpos de aguas naturales, áreas de conservación y agrícola (ver **Tabla 7.88**).

Mientras que el nivel medio de fragilidad total tan solo representa el 0,72% del área de la superficie, afectando principalmente a espacios de forestales (Bosques, herbazales y vegetación secundaria y en transición), espacios de conservación como bosque de galería y /o ripario, tierras desnudas y degradadas y zonas arenosas naturales (ver **Tabla 7.88**).

Las áreas sobre las cuales ejerce influencia la fragilidad alta, ocupan cerca del 25% de la cuenca, afectando principalmente espacios representados por actividades de tipo de conservación, forestal, cuerpos de agua naturales (protección), como se muestra en la **Tabla 7.88**.

POMCA  **RÍO GUATAPURÍ**
ACTUALIZACIÓN

MINIAGENCIA  MINAMBIENTE   **TODOS POR UN NUEVO PAÍS**
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

1,060,000 1,075,000 1,090,000

FRAGILIDAD TOTAL POR MOVIMIENTOS EN MASA

LA GUAJIRA DIBULLA RIOHACHA

SANTA MARTA SAN JUAN DEL CESAR

ARACATACA

MAGDALENA

CESAR

FUNDACIÓN

LA MESA - AZUCAR BUENA

LA VEGA ARRIBA

RÍO SECO

LAS RAÍCES

LOS CORAZONES

EL JABO

EL SILENCIO

ROBLES

LA PAZ

LAS CASITAS

0 5 10 Km

LEYENDA

- Poblaciones
- ▨ Centros Poblados
- ▭ Cuenca Hidrográfica
- ▭ Veredas
- ▭ Departamento
- ▭ Municipio

FRAGILIDAD

- Alta
- Media
- Baja

328

7.4.4.3 Índice de Falta de Resiliencia

Según (UNICEF; CONRED; GUIA, 2017) la falta de resiliencia es definida como la falta de recursos que puedan ayudar a amortiguar el impacto, o la falta de capacidad para enfrentar el daño causado por los fenómenos amenazantes, y se relaciona con el nivel de desarrollo y la existencia explícita de una gestión del riesgo. También expresa las limitaciones de acceso y movilización de recursos del asentamiento humano y su incapacidad de respuesta.

El indicador de falta de resiliencia aborda la afectación de las actividades productivas y de la infraestructura estratégica de transporte y servicios públicos. La evaluación se realiza con base en los parámetros expuestos en la **Tabla 7.89**.

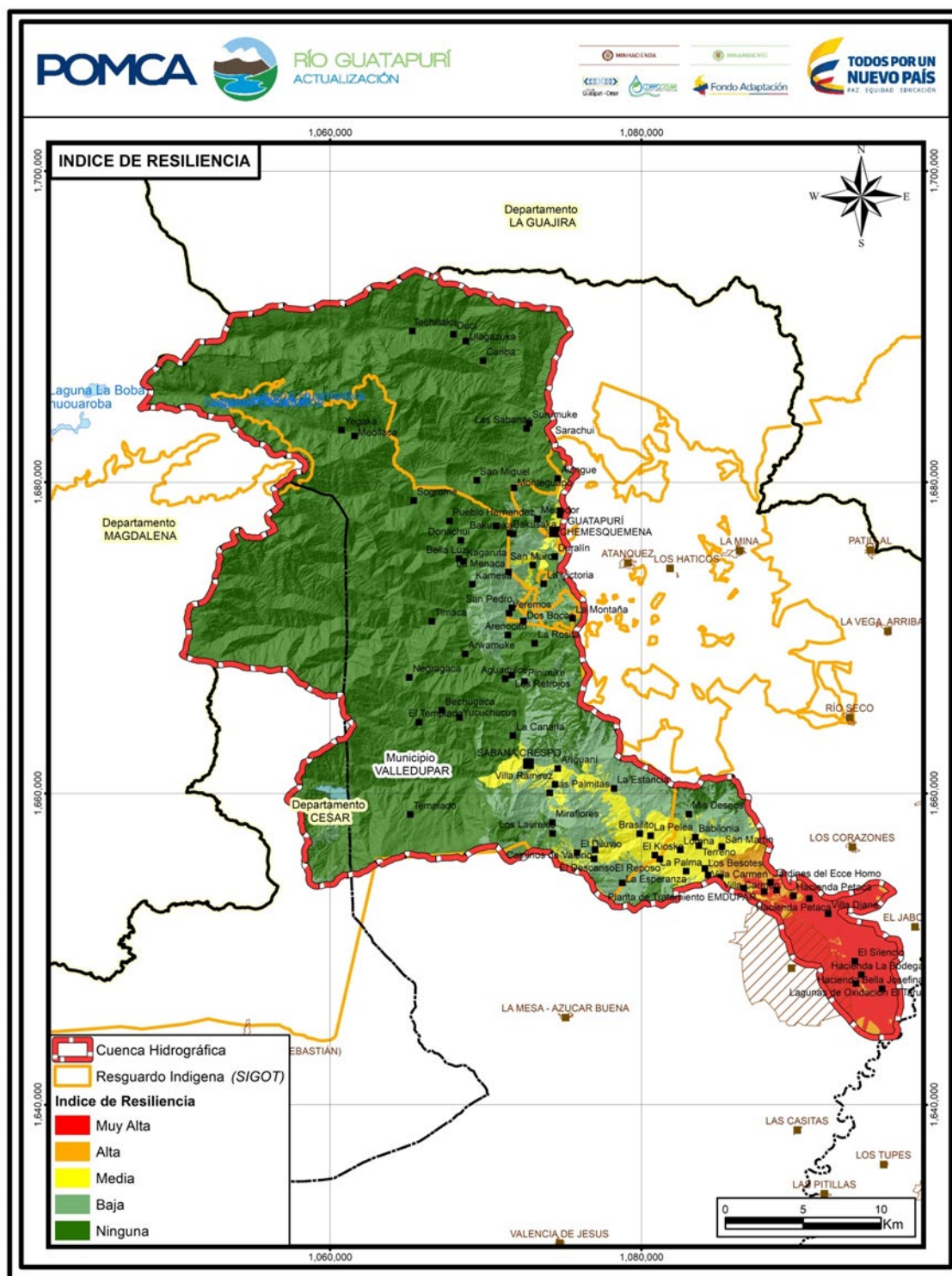
Tabla 7.89. Indicador de Falta de Resiliencia Económica.

VALOR	FALTA DE RESILIENCIA ECONÓMICA	CATEGORÍA
1.00	Se localizan las más importantes actividades productivas para el desarrollo económico de la región y/o hay presencia de infraestructura estratégica o vital. Hay destrucción total del medio ambiente físico. Recuperables en el largo plazo.	Muy Alta
0.75	Se desarrollan algunas actividades económicas y se localiza infraestructura estratégica. Daños ambientales muy grandes difíciles de reparar. Recuperable en el mediano plazo.	Alta
0.50	Hay pocas actividades o de servicios. Pérdidas ambientales serias pero reparables. La recuperación se puede dar en el corto plazo.	Media
0.25	Hay pocas actividades o de servicios locales. Pérdidas ambientales locales. La recuperación se puede dar en el corto plazo.	Baja
0.00	No se desarrollan actividades productivas y no hay infraestructura. Elementos ambientales intactos.	Cero

Fuente: Tomado de (Fondo Adaptación, 2014).

A partir de las anteriores descripciones, y teniendo en cuenta el mapa de coberturas y uso de la tierra, se presenta el mapa de falta de resiliencia en la Cuenca del Río Guatapurí (Ver Mapa 7.72).

Mapa 7.72 Falta de Resiliencia Económica.



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

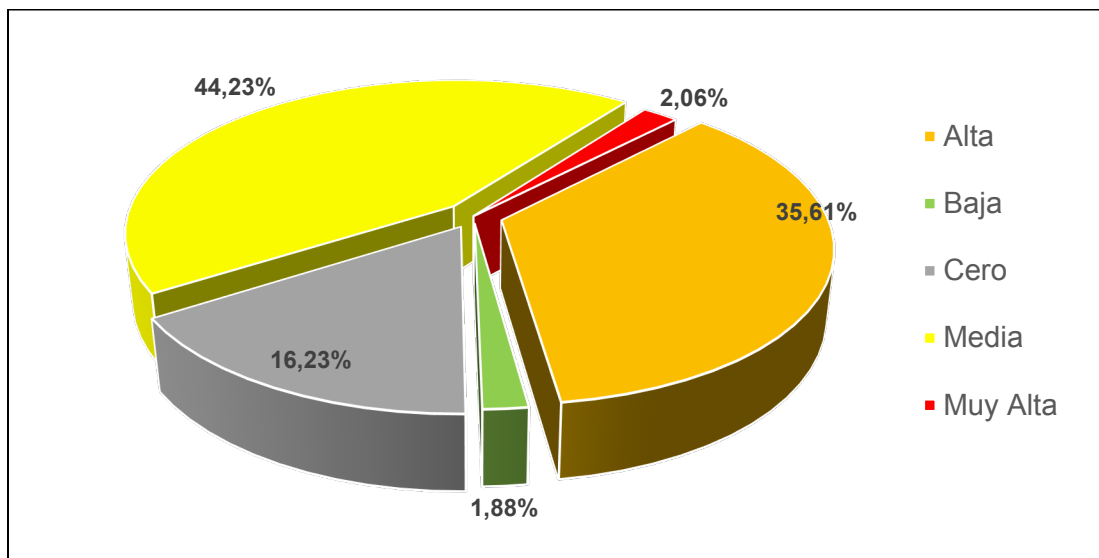
En la Cuenca Hidrográfica del Río Guatapurí los impactos podrían ser generados por la ocurrencia de movimientos en masa, los cuales afectarían con mayor intensidad aquellos espacios de resiliencia media, presentando un porcentaje cerca del 45% (ver Gráfica 7.62), lo que quiere decir, que, serían zonas donde hay pocas actividades productivas o de servicios, pérdidas ambientales serias pero reparables, teniendo recuperación en el corto plazo. Las coberturas principalmente afectadas serían; zonas boscosas, tierras desnudas y degradadas, vegetación secundaria o en transición y cultivos agroforestales.

Seguidamente tenemos; localización de actividades económicas y productivas, soporte de su dinámica territorial, así como su infraestructura estratégica, la ocurrencia de eventos de esta índole generaría daños ambientales muy grandes, difíciles de reparar ante la ocurrencia de movimientos en masa, con una tendencia de recuperación en el mediano plazo. Esta categoría se identifica como falta de resiliencia alta y condiciona cerca del 36% del territorio, asociadas específicamente a coberturas de zonas de pastos limpios y pastos enmalezados, zonas arenosas naturales, ríos, canales y cuerpos de agua artificial, localizadas hacia el centro y sur del área de estudio.

Zonas donde se presenta la categoría de falta de resiliencia cero, representa el 16,23% en relación con el área de la superficie, no se desarrollan actividades productivas y no hay infraestructura, teniendo elementos ambientales intactos, relacionados con coberturas a zonas glaciares y nivales, turberas, lagos, lagunas y ciénagas naturales y herbazales, localizadas hacia el norte de la cuenca.

Finalmente, cerca del 3% de la cuenca presenta falta de resiliencia muy alta, localizada sobre las actividades más importantes y productivas para el desarrollo económico, teniendo presencia de infraestructura estratégica, asociadas a coberturas como pastos arbolados y mosaico de pastos y cultivos, por lo tanto, hay destrucción total del medio físico y su recuperación sería en el largo plazo, distribuida homogéneamente sobre la zona sur y centro del territorio. Mientras que, solo el 1,88% presenta categoría de resiliencia baja, es decir, hay pocas actividades productivas o de servicios locales, con una tendencia de recuperación en el corto plazo, relacionadas con coberturas arbustales, tejido urbano continuo, zonas industriales o comerciales y zonas pantanosas (ver Gráfica 7.62).

Gráfica 7.62 Falta de resiliencia frente la ocurrencia de movimientos en masa



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Tabla 7.90. Categoría de falta de resiliencia por cobertura.

COBERTURA	NULA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA	TOTAL GENERAL
Arbustal abierto	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.6%
Bosque abierto alto de tierra firme	0.0%	0.0%	2.5%	0.0%	0.0%	2.5%
Bosque de galería y/o ripario	0.0%	0.0%	16.3%	0.0%	0.0%	16.3%
Bosque denso alto de tierra firme	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	0.0%	20.1%	0.0%	0.0%	0.0%	20.1%
Canales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cuerpos de agua artificiales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cultivos agroforestales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Cultivos permanentes arbustivos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Herbazal abierto rocoso	0.0%	14.9%	0.0%	0.0%	0.0%	14.9%
Lagunas lagos y ciénagas naturales	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.2%
Mosaico de cultivos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%	0.2%
Mosaico de pastos y cultivos	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

COBERTURA	NULA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA	TOTAL GENERAL
Pastos arbolados	0.0%	1.1%	1.3%	0.0%	0.0%	2.4%
Pastos enmalezados	0.0%	9.9%	0.6%	0.0%	0.0%	10.4%
Pastos limpios	0.0%	26.1%	1.6%	0.0%	0.0%	27.7%
Red vial y territorios asociados	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.1%
Ríos (50 m)	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%
Tejido urbano continuo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.2%	1.2%
Tejido urbano discontinuo	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Tierras desnudas y degradadas	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%
Turberas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Vegetación secundaria alta	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
Vegetación secundaria baja	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	2.1%
Zonas arenosas naturales	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%
Zonas glaciares y nivales	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%
Zonas industriales o comerciales	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Zonas pantanosas	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Total general	0.3%	75.4%	22.7%	0.4%	1.3%	100.0%

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

A partir de las anteriores descripciones, y teniendo en cuenta el mapa de coberturas y uso de la tierra, se presenta el mapa de falta de resiliencia frente la ocurrencia de movimientos en masa de la Cuenca del Río Guatapurí (ver Mapa 7.73).

334

7.4.5 Determinación de la Vulnerabilidad

De acuerdo a lo indicado anteriormente y luego de evaluados cada uno de los elementos que hacen parte del modelo de vulnerabilidad, para el cálculo del índice de vulnerabilidad se establece de la siguiente forma:

$$\text{Vulnerabilidad} = \text{Exposición} * \text{Fragilidad} * \text{Falta de resiliencia}$$

$$IV = IP * IF * IR$$

Donde:

IV: Índice de vulnerabilidad

IP: Índice de pérdidas o índice de exposición

IF: Índice de Fragilidad

IR: Índice de falta de resiliencia

El índice de vulnerabilidad (IV) debe ser estimado para zonas denominadas homogéneas, con respecto a su cobertura o uso. (Ver **Tabla 7.91**).

Tabla 7.91. Niveles de Vulnerabilidad Propuestos

VALOR	CATEGORÍA ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (IV)	SÍMBOLO
0.50 – 1.0	Alta	
0.125 – 0.50	Media	
0.0 – 0.125	Baja	

Fuente: Adaptado del protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los POMCA de acuerdo con los alcances técnicos del proyecto. Bogotá D.C., 2014.

7.4.5.1 Determinación de la Vulnerabilidad por Movimientos en Masa

El índice de vulnerabilidad (IV) debe ser estimado para zonas denominadas homogéneas, con respecto a su cobertura o uso (ver **Tabla 7.92**).

Tabla 7.92. Niveles de Vulnerabilidad Propuestos para Movimientos en Masa

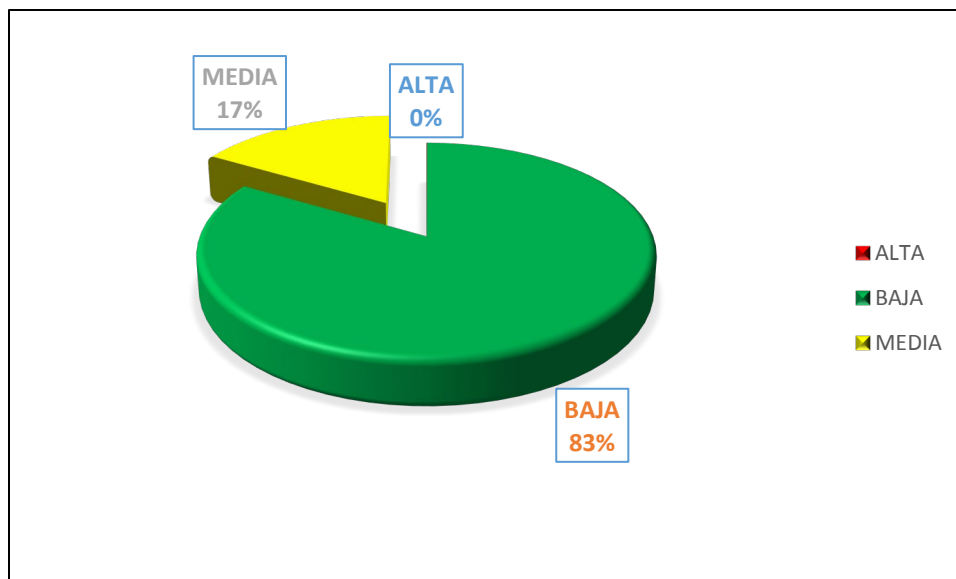
VALOR	CATEGORÍA ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (IV)	SÍMBOLO
0,6- 1	Alta	
0,3-0,6	Media	
0-0,3	Baja	

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Como se ha indicado, de acuerdo al análisis integral de exposición y fragilidad, en la Cuenca del Río Guatapurí los niveles de vulnerabilidad se relacionan con porcentajes de ocupación de área. Como se muestra en la Gráfica 7.63 cerca del 17% del territorio presenta niveles medios de vulnerabilidad, que, como factor de riesgo indica, que los espacios influenciados por dicha categoría tendrían una exposición baja, y recuperables en el corto plazo teniendo en cuenta sus características intrínsecas. Mientras que, el 17 % de la cuenca presenta

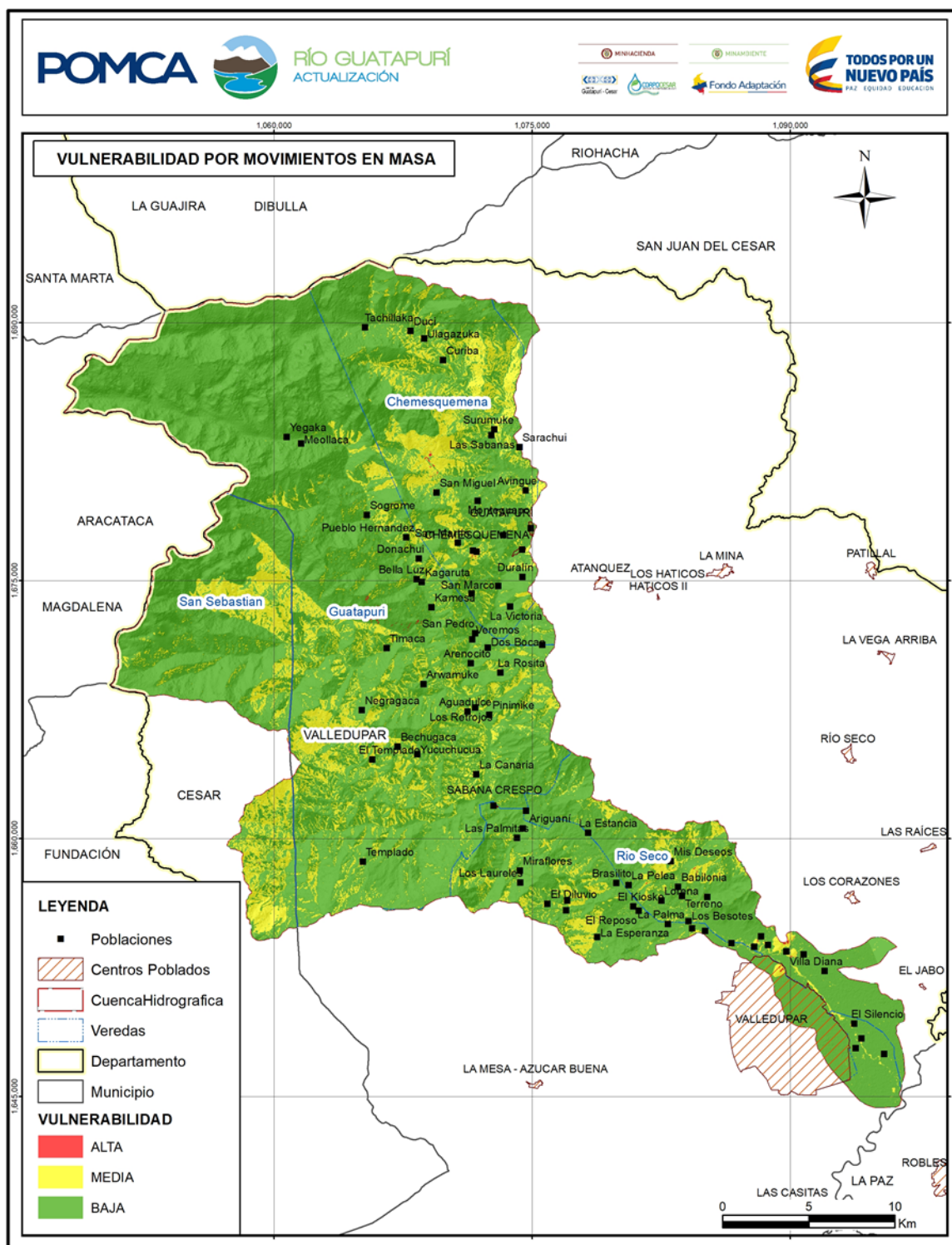
niveles medio de vulnerabilidad, tan sólo el 0.04% de esta, se encuentra bajo la influencia de la categoría alta.

Gráfica 7.63 Vulnerabilidad ante Movimiento en Masa.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Mapa 7.74 Vulnerabilidad por Inundaciones en la Cuenca Río Guatapuri.

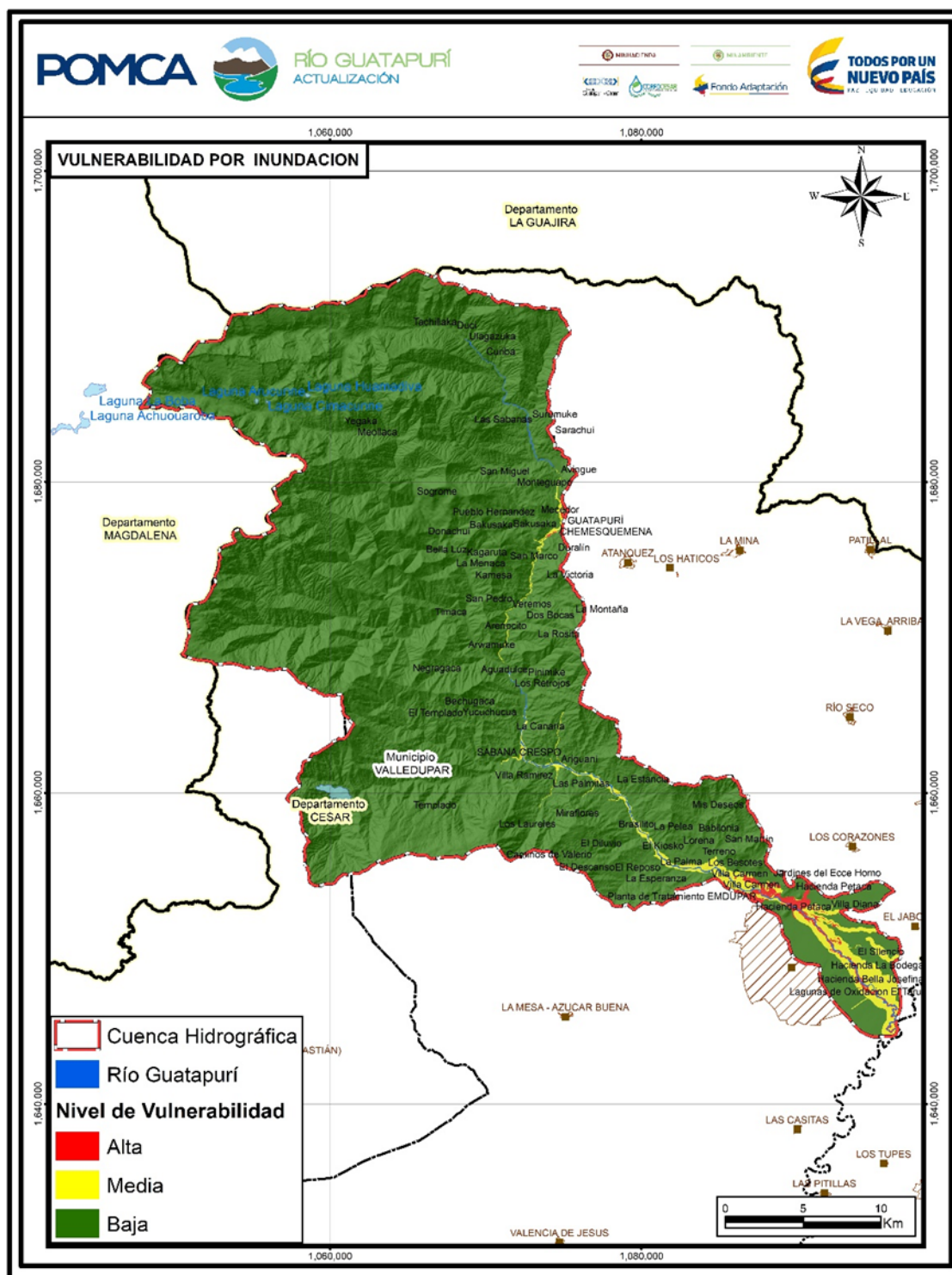


Fuente: Consorcio Guatapuri - Cesar.

7.4.5.2 Determinación de la Vulnerabilidad por Inundaciones

Como resultado del análisis de la vulnerabilidad por inundaciones se obtuvo que la cuenca presenta un 85,87% del área en vulnerabilidad baja, un 13,59% del área en vulnerabilidad media y un 0,54% del área en vulnerabilidad alta (ver Mapa 7.75).

Mapa 7.75 Vulnerabilidad por Inundaciones en la Cuenca Río Guatapurí.

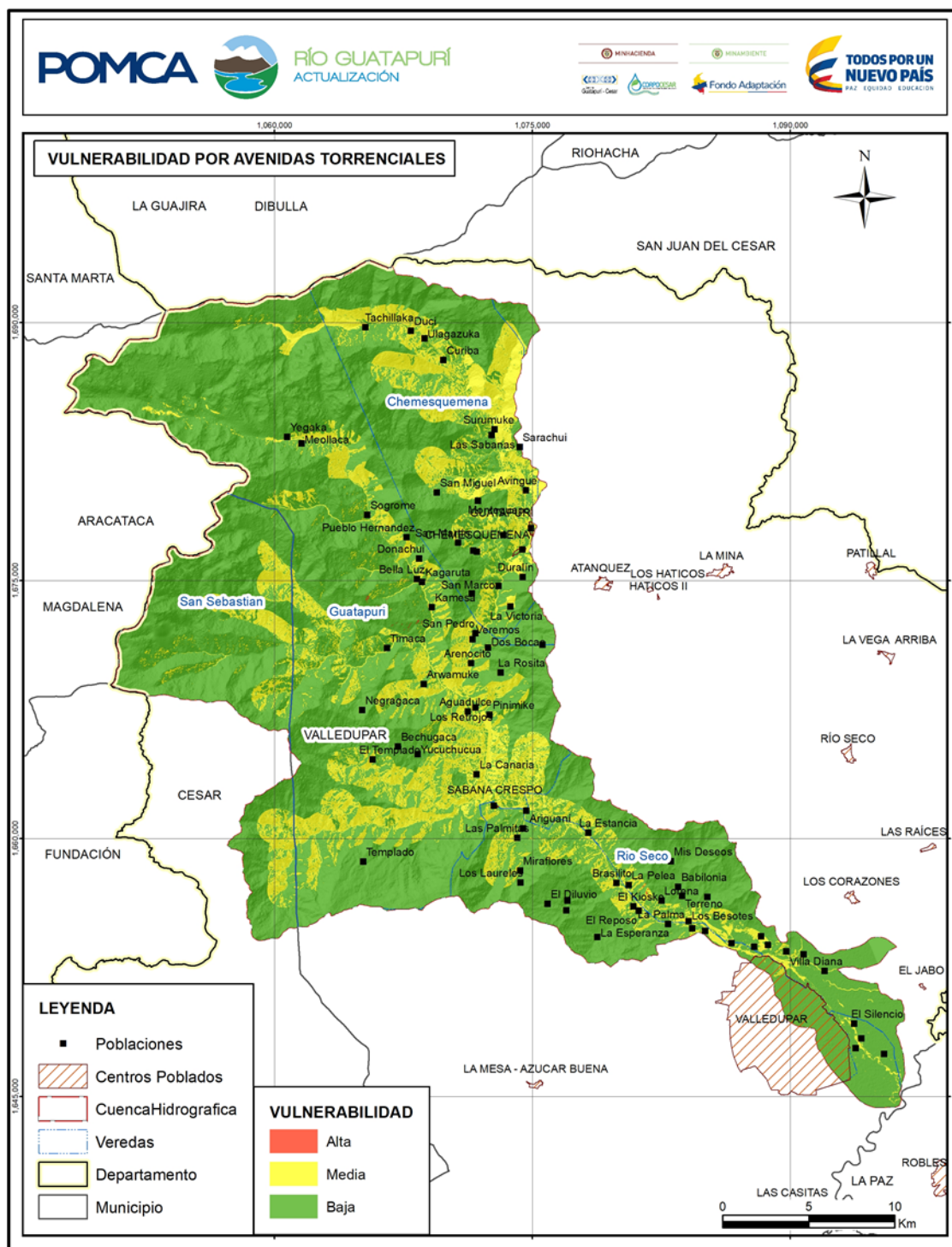


Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

7.4.5.3 Determinación de la Vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales

Para la Cuenca del Río Guatapurí, se determinó que una pequeña área de 114,9 ha, equivalente al 0,13% del territorio, corresponde a vulnerabilidad alta por avenidas torrenciales, a su vez 32605 ha equivalentes al 36,64% están en vulnerabilidad media y 56268 hectáreas equivalente al 63,23%, se encuentran en vulnerabilidad baja (ver Mapa 7.76).

Mapa 7.76 Vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales de la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

7.4.6 Análisis de Vulnerabilidad

7.4.6.1 Vulnerabilidad por Movimientos en Masa

Los niveles de vulnerabilidad descritos están asociados a escenarios en los cuales los niveles de fragilidad evaluados son predominantemente medios. En el caso de los escenarios de vulnerabilidad medio (78,12%), la influencia de los niveles de fragilidad se refleja en los porcentajes que se presentan en la **Tabla 7.93**; con predominio de fragilidad media (57,65%), seguida de la categoría de fragilidad alta (20,47%). Por su parte, espacios influenciados por la condición de vulnerabilidad baja se asocian en un 18,39% con niveles medio de fragilidad; 0,86% con la categoría baja y, 0,16% con condiciones de alta fragilidad, finalmente espacios influenciados por la condición de vulnerabilidad alta se asocian en un 2,47% con niveles medio de fragilidad.

Tabla 7.93. Categorías de vulnerabilidad según el indicador de fragilidad.

VULNERABILIDAD	FRAGILIDAD			TOTAL GENERAL
	ALTA	BAJA	MEDIA	
ALTA	0,00%	0,00%	2,47%	2,47%
BAJA	0,16%	0,86%	18,39%	19,41%
MEDIA	20,47%	0,00%	57,65%	78,12%
Total general	20,63%	0,86%	78,51%	100,00%

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

La falta de resiliencia de dichos espacios, representa también un factor condicionante de los niveles de vulnerabilidad a los que se enfrentan las comunidades y demás sistemas de la cuenca del Río Guatapurí. De tal manera que, los espacios donde la vulnerabilidad se presenta con una intensidad media corresponden con escenarios cuya capacidad de soportar daños y recuperarse de ellos, es significativamente reducida. En zonas donde los niveles de vulnerabilidad corresponden con la categoría media, influyen significativamente las categorías, alta (38,96%) y media (39,58%) de IR y niveles de vulnerabilidad baja influyen categorías cero (16,75%), baja (2,25%) y media (0,41%) de IR (**Tabla 7.94**).

Tabla 7.94. Categorías de vulnerabilidad según el indicador de Resiliencia.

VULNERABILIDAD	FALTA DE RESILIENCIA (IR)					TOTAL GENERAL
	ALTA	BAJA	CERO	MEDIA	MUY ALTA	
ALTA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,47%	2,47%
BAJA	0,00%	2,25%	16,75%	0,41%	0,00%	19,41%
MEDIA	38,96%	0,00%	0,00%	39,16%	0,00%	78,12%
Total general	38,96%	2,25%	16,75%	39,58%	2,47%	100,00%

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Las condiciones de vulnerabilidad expuestas, afectan mayormente a espacios cuyas coberturas corresponden con pastos limpios, bosques fragmentados, bosque de galería y/o ripario, herbazales y pastos enmalezados, con porcentajes de ocupación en la cuenca del 27,75%, 20,22%, 16,38%, 14,62% y 10,47%, respectivamente (ver **Tabla 7.95**). En la misma tabla se detallan los niveles de vulnerabilidad a los que se encuentran expuestas cada una de las coberturas de la cuenca, según el área que ocupan en su territorio:

Tabla 7.95. Vulnerabilidad total según categoría de cobertura.

TIPO DE COBERTURA	CATEGORÍA DE VULNERABILIDAD			
	ALTA	BAJA	MEDIA	TOTAL GENERAL
Pastos limpios	0,00%	0,00%	27,75%	27,75%
Bosque fragmentado	0,00%	0,00%	20,22%	20,22%
Bosque de galería y/o ripario	0,00%	0,00%	16,38%	16,38%
Herbazal	0,00%	14,62%	0,00%	14,62%
Pastos enmalezados	0,00%	0,00%	10,47%	10,47%
Vegetación secundaria o en transición	0,00%	2,29%	0,23%	2,52%
Bosque abierto	0,00%	0,00%	2,46%	2,46%
Pastos arbolados	2,43%	0,00%	0,00%	2,43%
Tejido urbano continuo	0,00%	1,23%	0,00%	1,23%
Arbustal	0,00%	0,56%	0,00%	0,56%
Tierras desnudas y degradadas	0,00%	0,25%	0,00%	0,25%
Ríos (50 m)	0,00%	0,00%	0,20%	0,20%
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0,00%	0,00%	0,20%	0,20%
Zonas glaciares y nivales	0,00%	0,16%	0,00%	0,16%
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,00%	0,16%	0,00%	0,16%
Zonas arenosas naturales	0,00%	0,00%	0,08%	0,08%
Otras coberturas	0,04%	0,13%	0,13%	0,30%
TOTAL GENERAL	2,47%	19,41%	78,12%	100,00%

Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

A nivel municipal, Pueblo Bello (11,25%) y Valledupar (66,88%), estarían expuestos a sufrir daños en una mayor extensión, dadas las condiciones de vulnerabilidad media, categoría que representan los niveles más intensos del indicador en la cuenca, dada la ausencia de

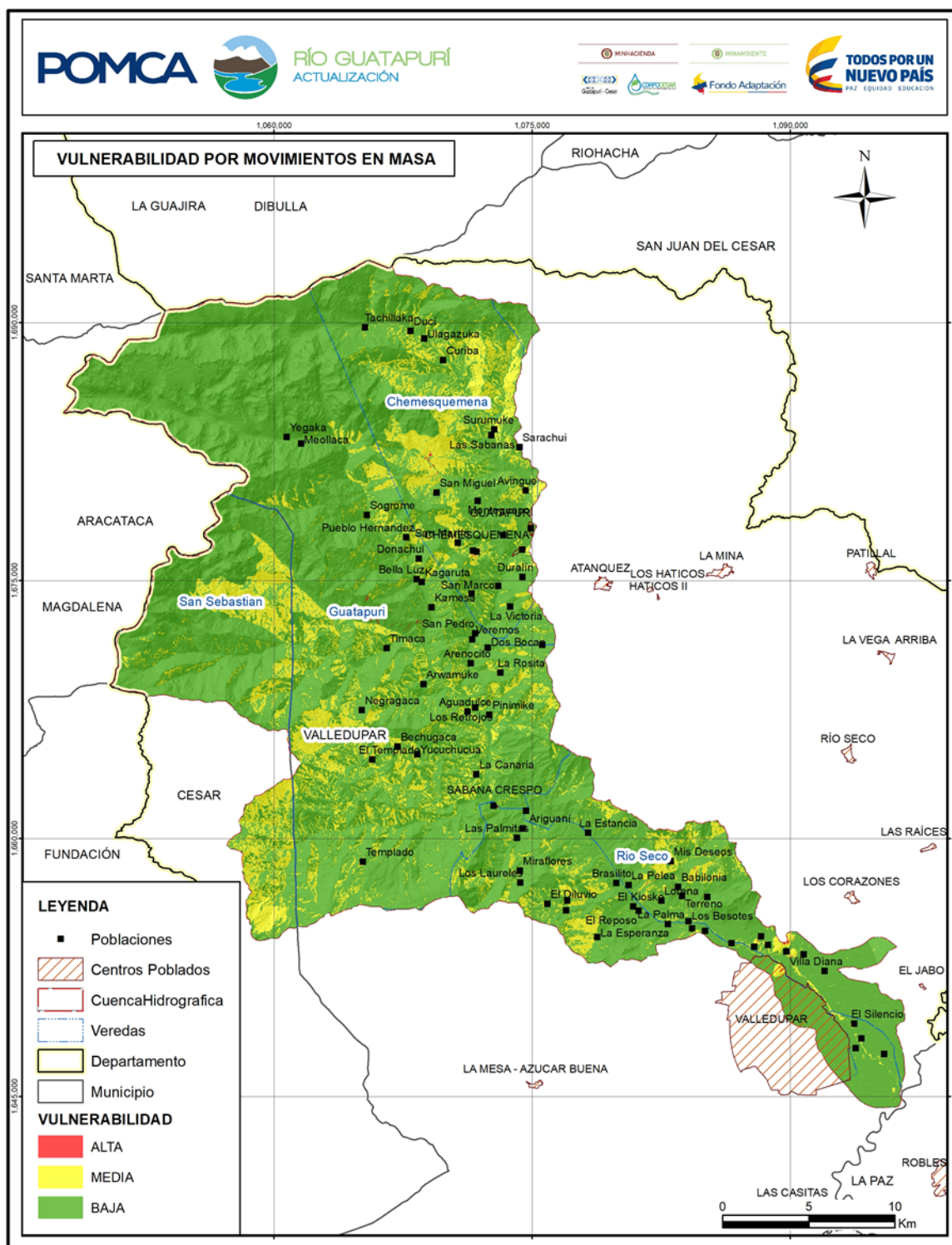
la influencia de altos niveles del mismo, ocupando un porcentaje total del 78,12% del territorio. (Tabla 7.96).

Tabla 7.96. Vulnerabilidad total por municipios.

MUNICIPIO	CATEGORÍA DE VULNERABILIDAD			TOTAL GENERAL
	ALTA	BAJA	MEDIA	
PUEBLO BELLO	0,03%	2,88%	11,25%	14,15%
VALLEDUPAR	2,44%	16,53%	66,88%	85,85%
Total general	2,47%	19,41%	78,12%	100,00%

Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Mapa 7.77 Vulnerabilidad Total por Movimientos en Masa.

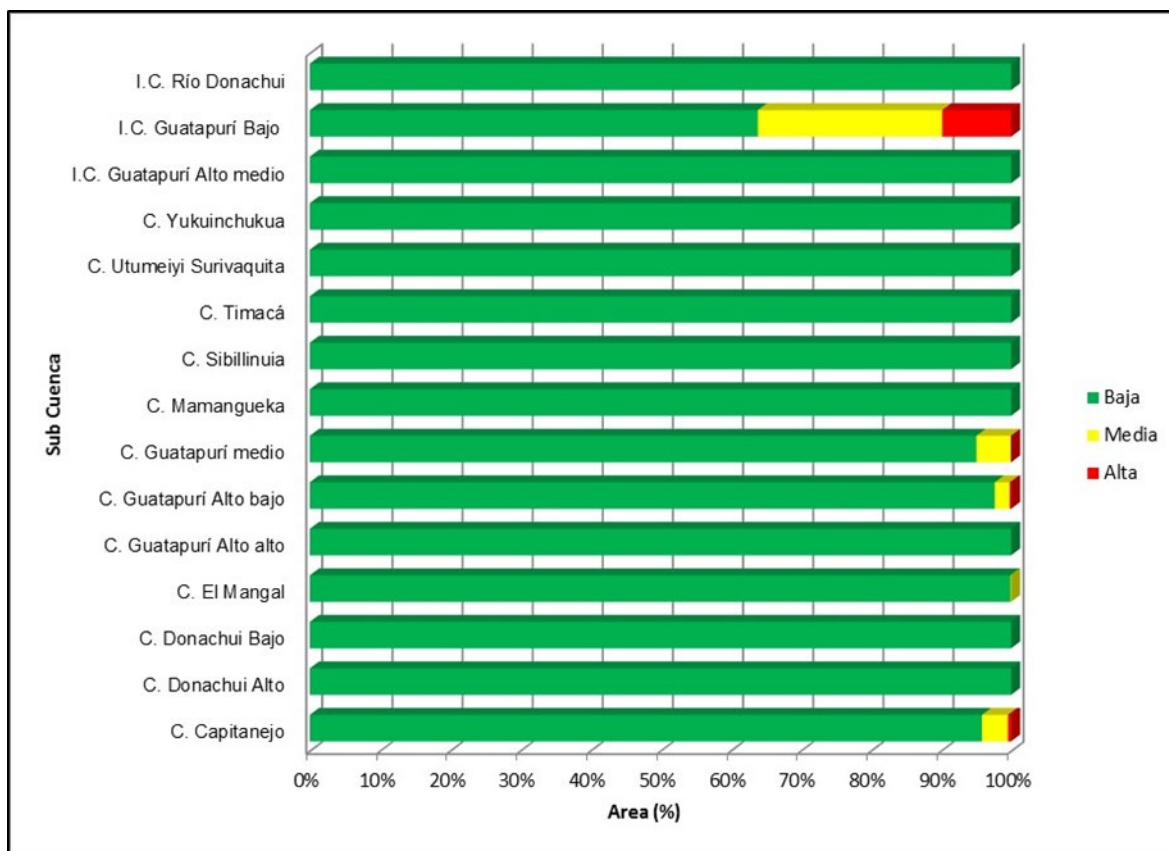


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

7.4.6.2 Vulnerabilidad por Inundaciones

De los análisis realizados se obtuvo que la vulnerabilidad por inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí presenta un 96,69 % del área en vulnerabilidad baja, un 2,67 % del área en vulnerabilidad media y un 0,64 % del área en vulnerabilidad alta. La subcuenca con mayor área en vulnerabilidad alta es Guatapurí Bajo, y en vulnerabilidad media se destacan las subcuencas Guatapurí medio, Guatapurí Alto alto y Capitanejo (ver Gráfica 7.64).

Gráfica 7.64 Vulnerabilidad de Inundaciones por Subcuencas.

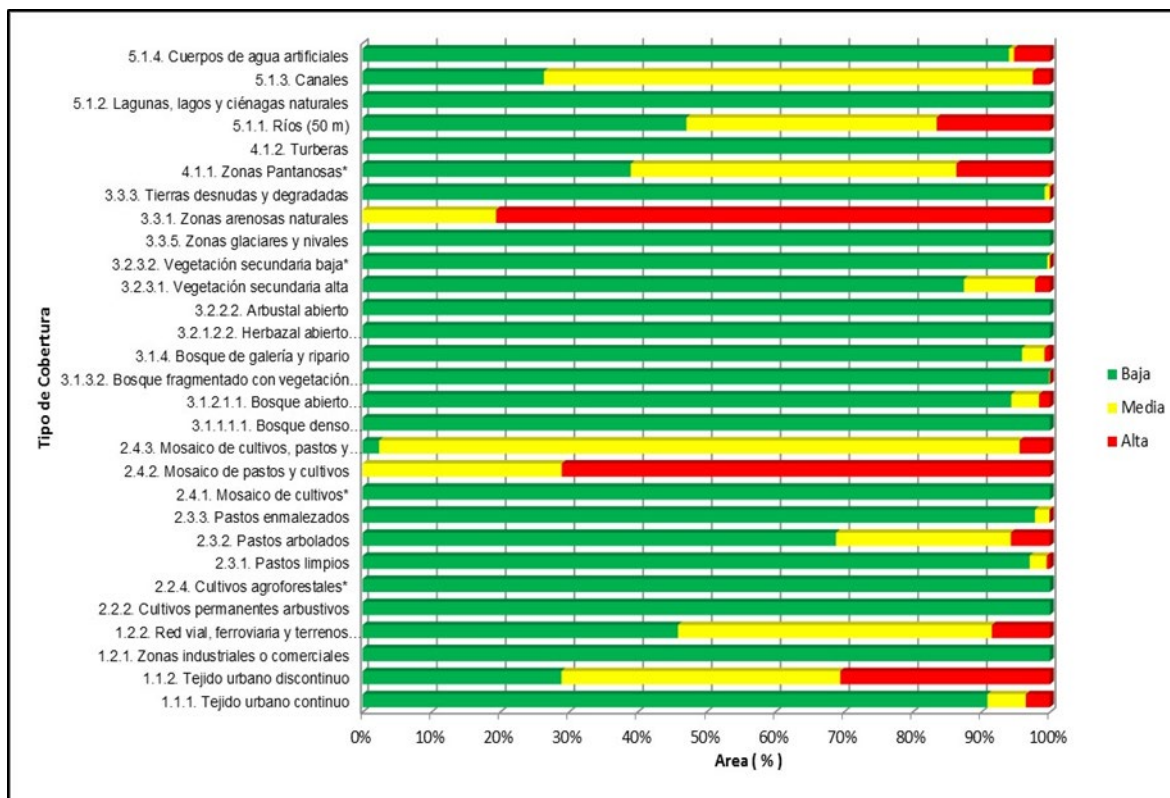


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar

Se destacan las coberturas de mosaicos de pastos y cultivos, zonas arenosas naturales, tejido urbano discontinuo, red vial ferroviaria y zonas pantanosas, como las coberturas más vulnerables ante eventos de inundación.

Los centros poblados en la cuenca presentan una vulnerabilidad baja (90.92%) en su mayoría, esto de acuerdo con el análisis de coberturas de tejidos urbanos, en donde solo el 5,58% con vulnerabilidad media y 3.50% con vulnerabilidad alta (ver Gráfica 7.65).

Gráfica 7.65 Vulnerabilidad de Inundaciones por Coberturas.

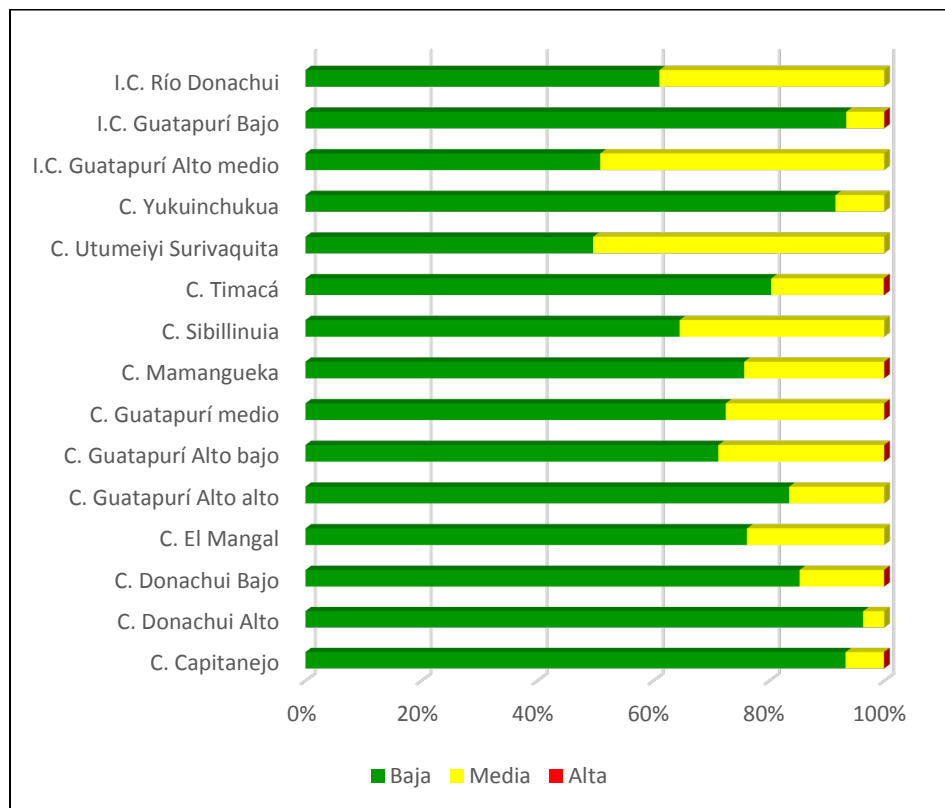


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar

7.4.6.3 Vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales

El análisis de la vulnerabilidad frente a eventos torrenciales por subcuencas, en la Cuenca del Río Guatapurí, dio como resultado que todas las subcuencas presentan un grado de vulnerabilidad, sin embargo, las subcuencas que más se afectaron frente a un evento torrencial extremo son: C. Utumeiyi Surivaquita, Guatapurí Alto medio, C. Donachui Alto, C. Sibillinuia y C. Guatapurí Alto bajo. (Ver Gráfica 7.66).

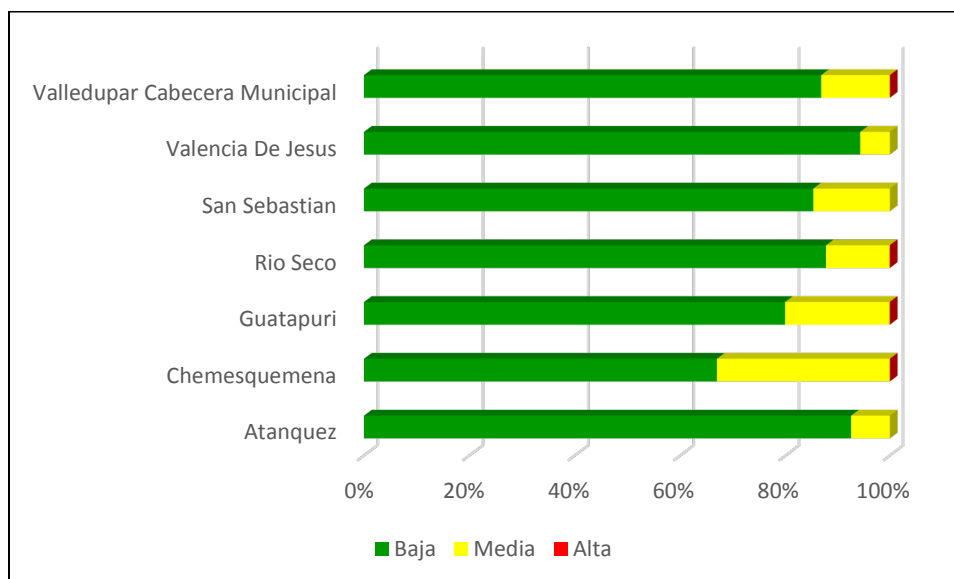
Gráfica 7.66 Vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales por Subcuencas.



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

También se realizó el análisis por veredas de la Cuenca del Río Guatapurí, donde se determinó que las veredas con mayor porcentaje de su territorio en vulnerabilidad son Guatapurí y Chemesquemena, y la vereda de Valencia de Jesús es la menor vulnerabilidad presenta frente a eventos torrenciales. A continuación, se plasma gráficamente los porcentajes obtenidos para este análisis (ver Gráfica 7.67).

Gráfica 7.67 Vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales por Veredas.



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

A continuación, se detalla cada uno de los porcentajes por veredas pertenecientes a los municipios de Valledupar y Pueblo Bello, en los cuales se refleja que las veredas con mayor nivel de vulnerabilidad media frente a eventos torrenciales son Chemesquemena y Guatapurí y (ver **Tabla 7.97**).

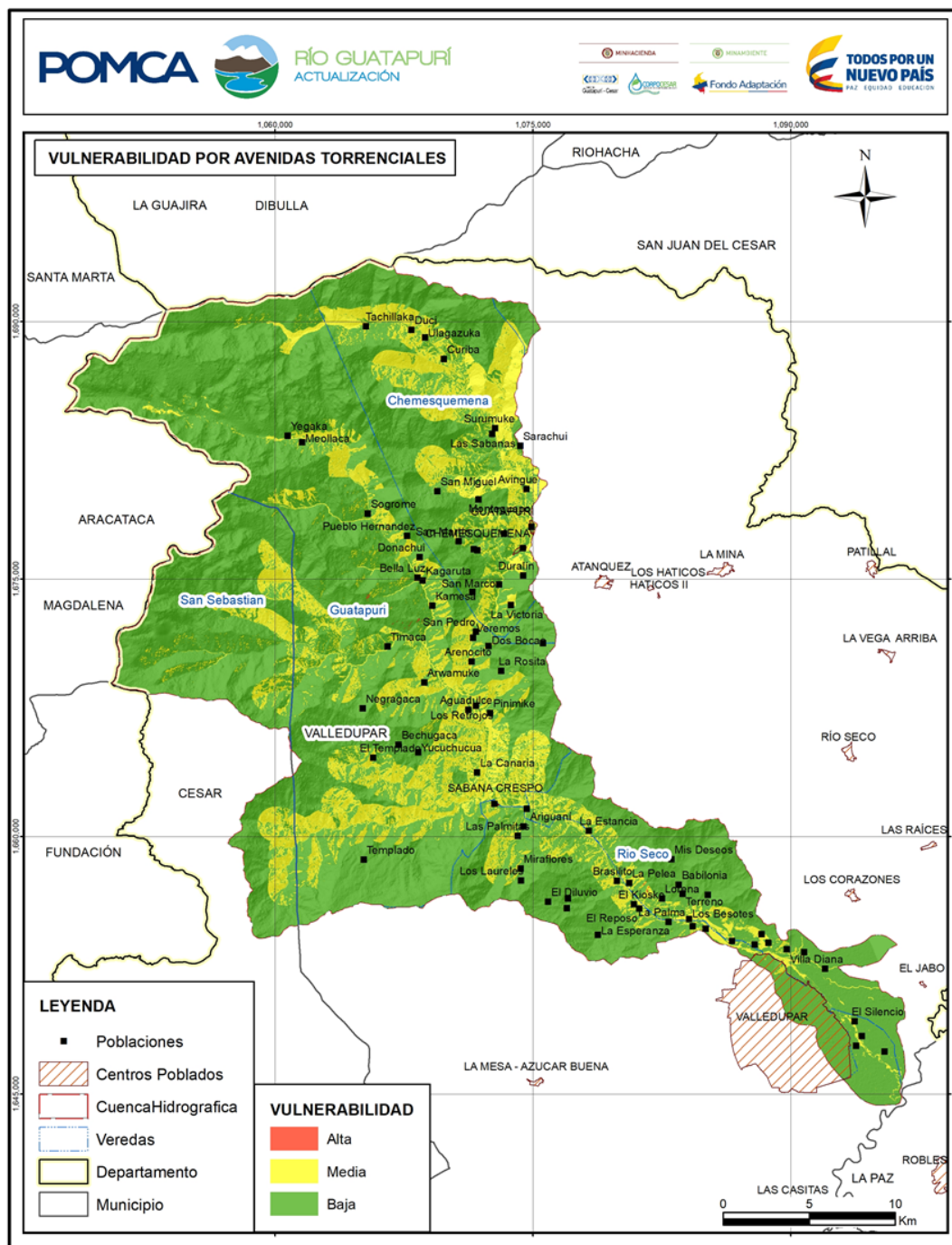
Tabla 7.97. Porcentajes de vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales por Veredas.

MUNICIPIO	VEREDAS	NIVEL DE VULNERABILIDAD		
		BAJA	MEDIA	ALTA
PUEBLO BELLO	San Sebastián	85.27%	14.73%	0.00%
VALLEDUPAR	Atanquez	92.55%	7.45%	0.00%
	Chemesquemena	66.95%	33.05%	0.00%
	Guatapurí	79.88%	20.09%	0.03%
	Rio Seco	87.72%	12.25%	0.04%
	Valencia De Jesús	94.31%	5.69%	0.00%
	Valledupar Cabecera Municipal	86.79%	13.21%	0.00%

Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

A continuación, se detalla la zonificación de la vulnerabilidad por avenidas torrenciales dentro de la cuenca del Río Guatapurí.

Mapa 7.78 Vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales.



Fuente: Consorcio Guatapuri - Cesar

7.5 ANÁLISIS DEL RIESGO

7.5.1 Resumen

El riesgo es el desastre potencial, definido como el daño, destrucción o pérdida esperada obtenida de la convolución de la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos a tales amenazas, matemáticamente expresado como la probabilidad de exceder un nivel de consecuencias económicas y sociales en un cierto sitio y en un cierto período de tiempo. (Cardona, 1997a).

Este se relaciona con algo que aún no ha sucedido. Se refiere a una situación potencial y suele definir las posibles consecuencias desfavorables económicas, sociales y ambientales que pueden presentarse a raíz de ocurrir un evento dañino en un contexto de debilidad social y física. Por lo anterior, considerando que el conocimiento del riesgo permite establecer evaluaciones de costos y pérdidas, se ha incorporado dentro de la caracterización de cuencas hidrográficas, el análisis del mismo a partir de indicadores, en las zonas previamente establecidas como de amenaza.

7.5.2 Alcance

- Determinar el riesgo por eventos amenazantes geodinámicos externos (movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales) en la Cuenca del Río Guatapurí.
- Realizar un análisis de riesgos a partir de la identificación y análisis de la vulnerabilidad, el cual tiene como objetivo servir como base para definir y priorizar escenarios de riegos y los planes y programas de reducción del riesgo en la cuenca hidrográfica.
- Efectuar una valoración producto del daño de los elementos expuestos afectados con el fin de definir la mitigabilidad del riesgo.

7.5.3 Metodología Empleada para el Análisis de Riesgos

La zonificación del riesgo se traduce metodológicamente en la combinación de la amenaza con los indicadores de vulnerabilidad que le son propios, para producir la estimación del riesgo ante esta amenaza.

La propuesta se apoya en el cruce de los mapas temáticos para las amenazas y vulnerabilidades específicas.

En el caso particular de este estudio se estimó el riesgo como el producto de la probabilidad de la amenaza por las consecuencias para los elementos en riesgo.

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} * \text{Vulnerabilidad}$$

Dónde:

R: Riesgo

A: Amenaza

V: Vulnerabilidad

Con el objetivo final de establecer los elementos en riesgo, se generó el mapa de riesgo el cual fue el resultado de cruzar el mapa de amenaza y el mapa de vulnerabilidad, cruces que se representan en la **Tabla 7.98**.

Tabla 7.98. Matriz de Riesgos

NIVELES DE VULNERABILIDAD	NIVELES DE AMENAZA		
	ALTA	MEDIA	BAJA
Alta	Alto	Alto	Medio
Media	Alto	Medio	Medio
Baja	Medio	Medio	Bajo

Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

7.5.4 Análisis de Riesgos por Movimientos en Masa

Con base en lo anterior, se debe realizar el análisis de riesgo considerado dentro del análisis de amenaza por movimientos en masa. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en este sentido.

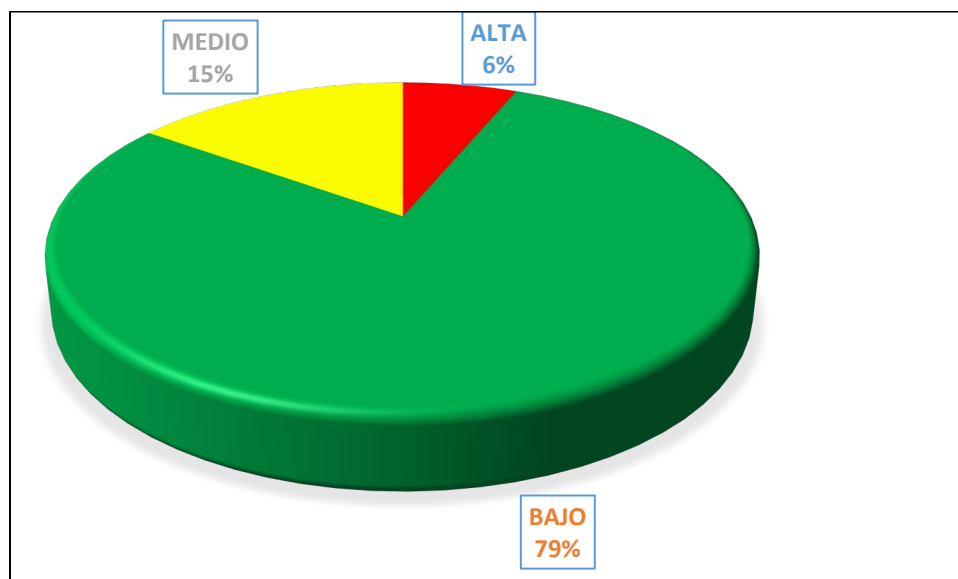
Una vez efectuados los cálculos y cruzada las capas de amenaza con vulnerabilidad para el riesgo, los resultados indican que el 79,% (69.949Ha) del área de la cuenca se encuentra en riesgo bajo, concentrándose en zonas donde la amenaza es baja y media, asociados a coberturas de pastos limpios , bosque fragmentado, Herbazales, bosque de galería y/o ripario y pastos enmalezados, siendo estas las de menor área expuesta, distribuidas homogéneamente sobre el municipio de Valledupar (**Tabla 7.99 y Mapa 7.79**).

La categoría de riesgo medio por su parte, presenta un menor porcentaje en relación con el área de la cuenca (15%), correspondiente a 13435 Ha, localizado sobre el municipio de Pueblo Bello, específicamente hacia el Norte, Centro y Sur del área de estudio, afectando a coberturas relacionadas con pastos arbolados, pastos limpios, herbazales, bosque de galería y/o ripario, entre otras coberturas, como zonas arenosas naturales, mosaico de cultivos y cultivos agroforestales.

Tabla 7.99. Categoría de riesgo por movimientos en masa.

CATEGORÍA DE RIESGO	ÁREA TOTAL (%)	AREA (HA)
BAJA	79%	69949.
MEDIA	15%	13435.
ALTA	6%	5570.
TOTAL GENERAL	100,00%	88956 Ha

Mapa 7.79 Distribución de riesgo por movimiento en masa.



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

Finalmente, la categoría alta ocupa el 6% (5.570 Ha) del área de estudio, presenta una distribución dispersa sobre los municipios de Valledupar y Pueblo Bello, este tipo de riesgo afecta en un porcentaje a espacios donde las coberturas corresponden a bosque de galería y/o ripario, pastos limpios, pastos enmalezados y bosques fragmentado, ocupando en conjunto el 9,91% del territorio (**Tabla 7.99** y **Tabla 7.100**).

Tabla 7.100. Categorías de coberturas por nivel de riesgo Escenario 1

COBERTURA	RIESGO			TOTAL GENERAL
	BAJO	MEDIO	ALTA	
Arbustal abierto	0.47%	0.09%	0.00%	0.56%
Bosque abierto alto de tierra firme	1.87%	0.49%	0.10%	2.46%
Bosque de galería y/o ripario	11.49%	3.82%	1.01%	16.32%
Bosque denso alto de tierra firme	0.01%	0.00%	0.00%	0.01%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	12.67%	5.23%	2.26%	20.15%
Canales	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Cuerpos de agua artificiales	0.02%	0.00%	0.00%	0.02%
Cultivos agroforestales	0.05%	0.00%	0.00%	0.05%
Cultivos permanentes arbustivos	0.03%	0.01%	0.00%	0.04%
Herbazal abierto rocoso	12.58%	2.27%	0.00%	14.85%

COBERTURA	RIESGO			TOTAL GENERAL
	BAJO	MEDIO	ALTA	
Lagunas lagos y cienagas naturales	0.15%	0.01%	0.00%	0.16%
Mosaico de cultivos	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mosaico de cultivos pastos y espacios naturales	0.20%	0.00%	0.00%	0.20%
Mosaico de pastos y cultivos	0.03%	0.00%	0.00%	0.04%
Pastos arbolados	2.15%	0.23%	0.05%	2.42%
Pastos enmalezados	9.24%	0.47%	0.73%	10.43%
Pastos limpios	23.54%	2.10%	2.05%	27.69%
Rios (50 m)	0.19%	0.01%	0.00%	0.20%
Red vial y territorios asociados	0.05%	0.00%	0.00%	0.05%
Tejido urbano continuo	1.23%	0.00%	0.00%	1.23%
Tejido urbano discontinuo	0.05%	0.00%	0.00%	0.05%
Tierras desnudas y degradadas	0.11%	0.07%	0.06%	0.25%
Turberas	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Vegetacion secundaria alta	0.31%	0.07%	0.00%	0.38%
Vegetacion secundaria baja	1.89%	0.23%	0.01%	2.13%
Zonas arenosas naturales	0.08%	0.00%	0.00%	0.08%
Zonas glaciares y nivales	0.17%	0.01%	0.00%	0.19%
Zonas industriales o comerciales	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Zonas pantanosas	0.04%	0.00%	0.00%	0.04%
Total general	78.63%	15.10%	6.26%	100.00%

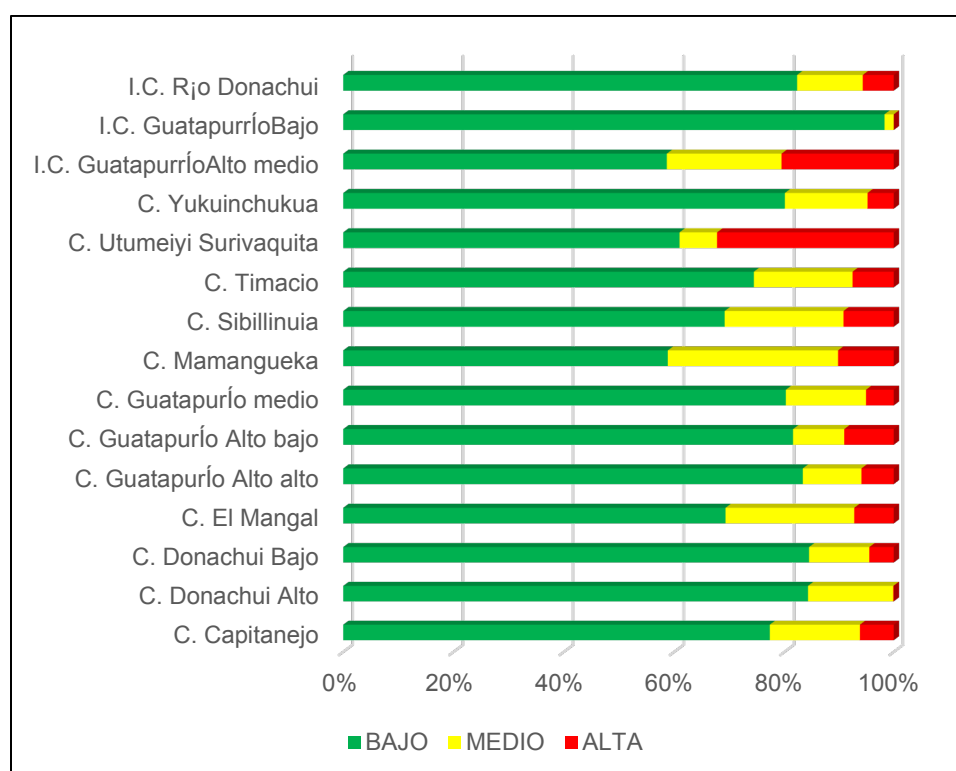
Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

Tabla 7.101. Categoría de riesgo por municipio.

MUNICIPIO	CATEGORÍAS DE RIESGO			TOTAL GENERAL
	BAJA	MEDIA	ALTA	
Total general	79%	15%	6%	100%
VALLEDUPAR	69%	12%	5%	86%
PUEBLO BELLO	9%	3%	1%	14%

Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

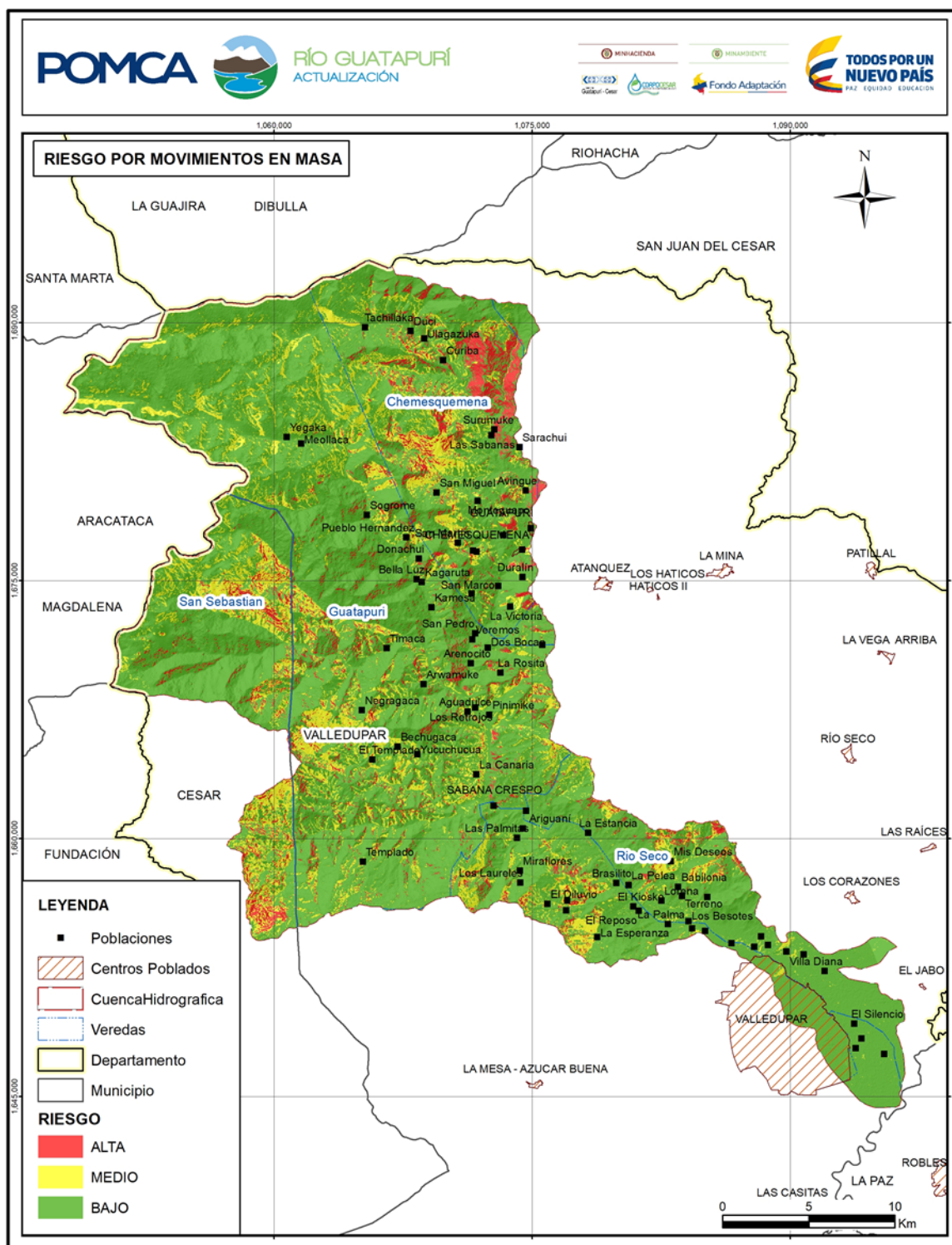
Gráfica 7.68 Categoría de riesgo por subcuenca.



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

Las subcuencas que tienen menos riesgo alto a movimientos en masa son Guatapurí baja y Donachui alto. Y la que mas riesgo alto presenta en la subcuenca Utumeiyi Surivaquita y Guatapurí Alto Medio.

Mapa 7.80 Riesgo por Movimiento en Masa

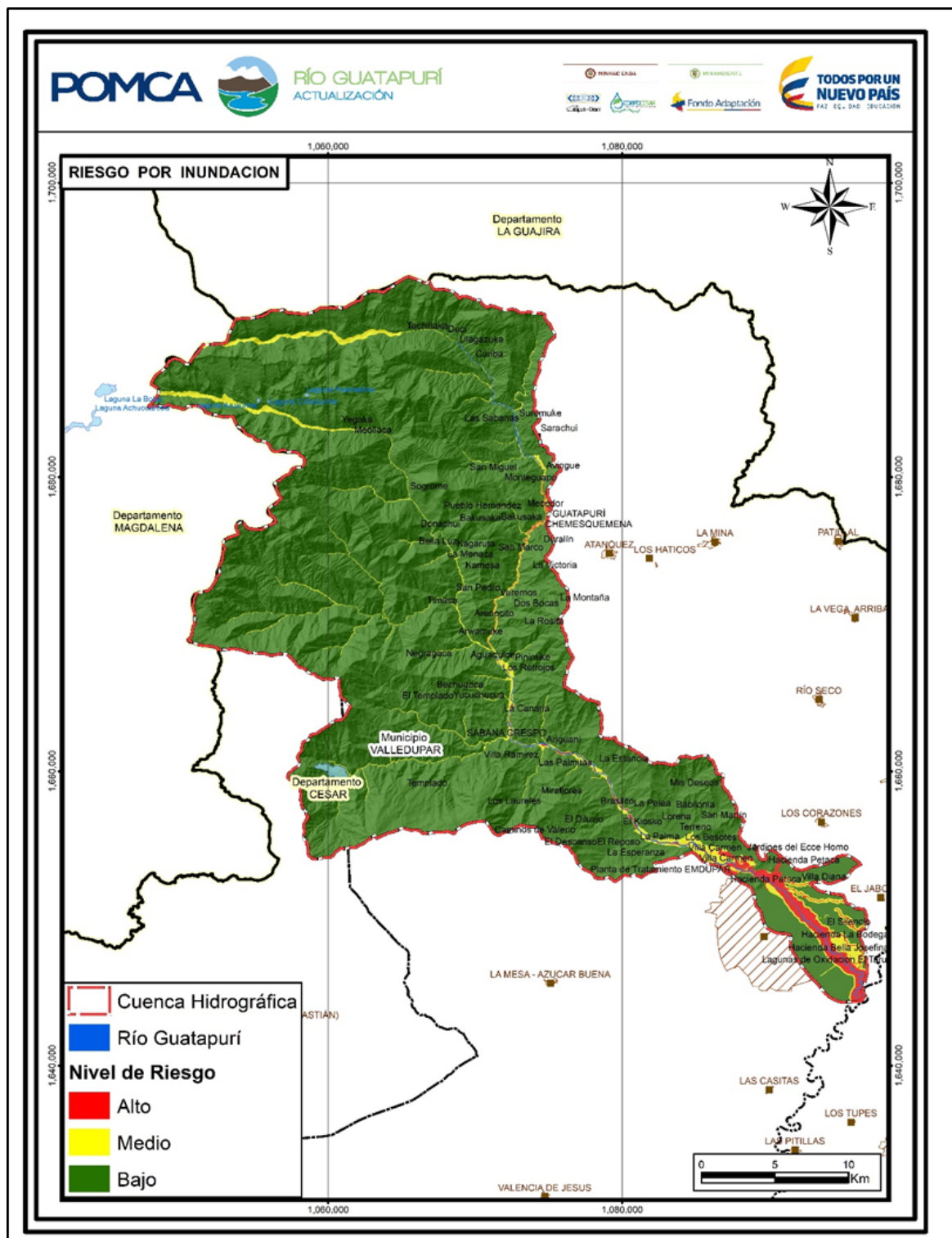


Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

7.5.5 Análisis de Riesgo por Inundaciones

La salida cartográfica final producto de la evaluación del riesgo por inundaciones se presenta en el Mapa 7.81.

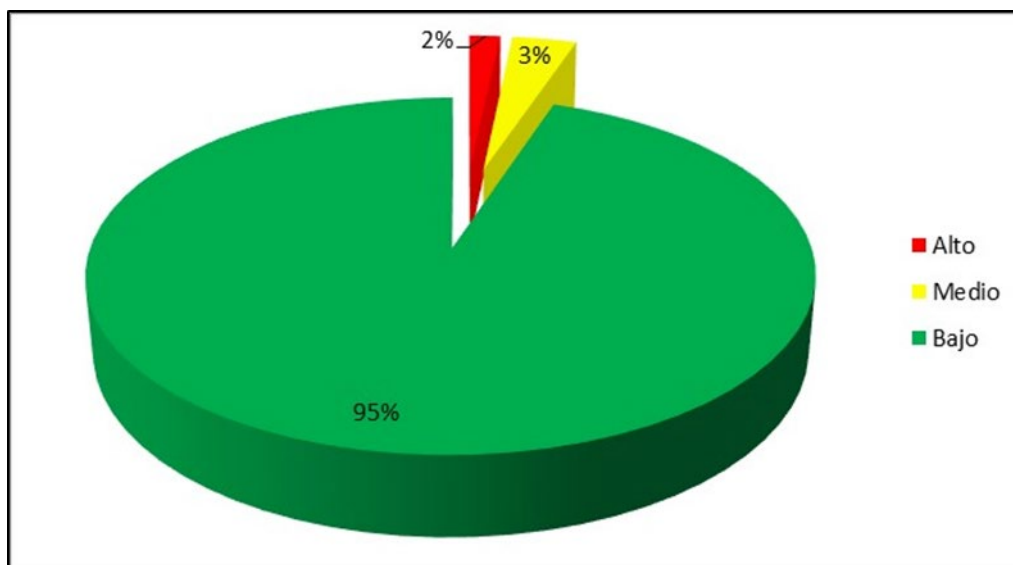
Mapa 7.81 Zonificación final de escenario de riesgo por Inundación.



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

Las zonas en riesgo por inundaciones se localizan principalmente en la parte baja de la cuenca. Como lo ilustra la Gráfica 7.69, el porcentaje de área en riesgo alto, medio y bajo corresponde al 2%, 3% y 95% respectivamente.

Gráfica 7.69 Porcentaje áreas de escenario de riesgo por Inundaciones.



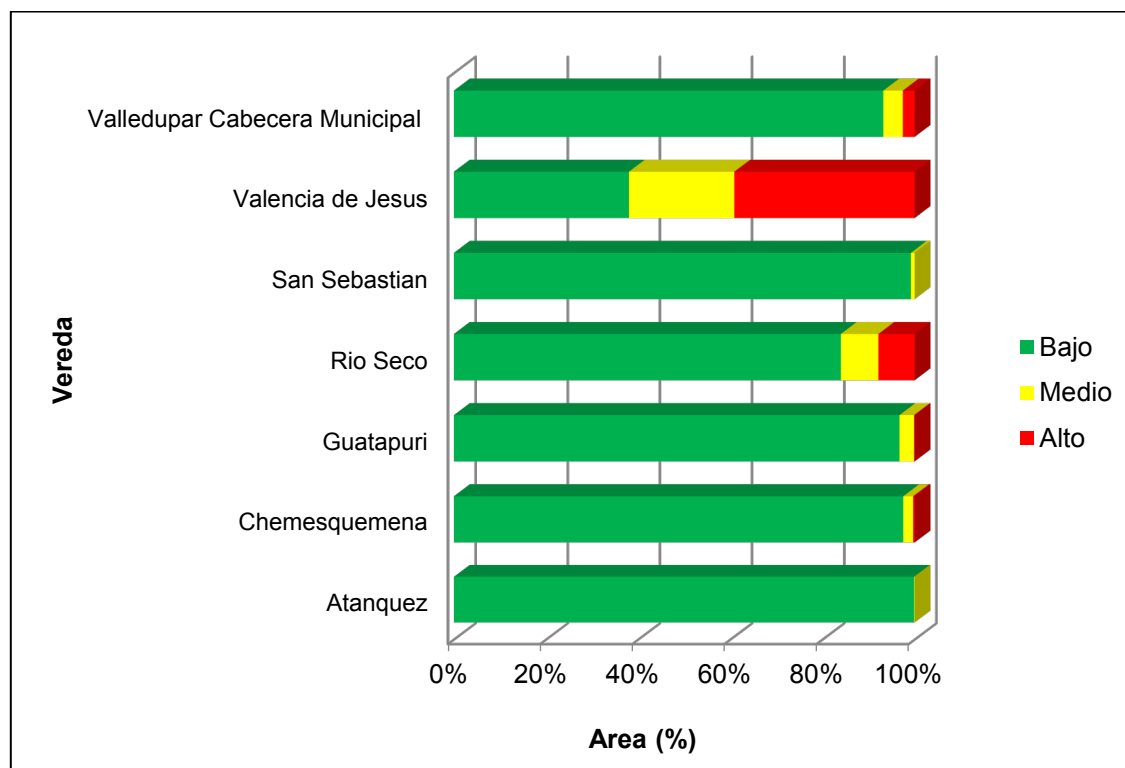
Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Las zonas definidas como de amenaza alta y media, a grandes rasgos se encuentra en zonas de relieve positivo no muy alto a bajo, que permite el desbordamiento de los ríos cuando se da incremento en las precipitaciones aumentando de igual manera los caudales.

En estos sectores hay un predominio de las geoformas fluviales, como planicies de inundación; además en estas zonas de alto riesgo se presentan cambios en los cauces de los drenajes.

A continuación, se describen los resultados obtenidos por municipios (veredas), subcuencas y coberturas de la tierra. Entre los municipios de Pueblo Bello y Valledupar, el que presenta mayor riesgo por inundación es el municipio de Valledupar, por lo cual se realiza el análisis de sus veredas. La vereda que mayor peligro presenta en cuanto al riesgo por inundaciones es la de Valencia de Jesús con el 39 % de su territorio, seguido por la vereda Río Seco correspondiente al 7,87% (ver Gráfica 7.70).

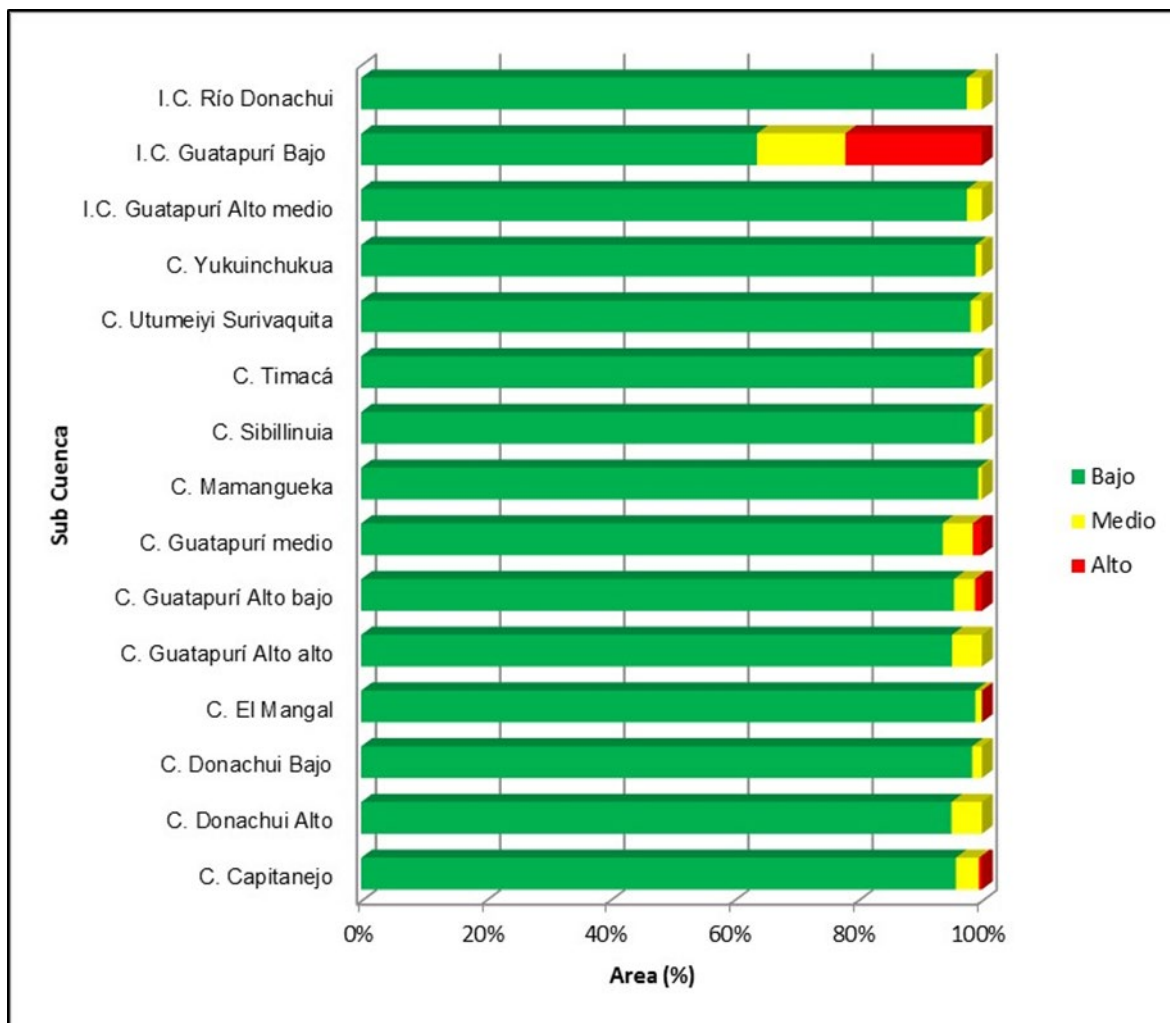
Gráfica 7.70 Escenarios de riesgo por Inundaciones – Veredas.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

De las subcuencas que hacen parte del área de estudio, las subcuencas Guatapurí Bajo, Guatapurí medio, Guatapurí Alto bajo, Capitanejo y el Mangal fueron definidas como de riesgo alto, por contener el cauce del río Guatapurí y sus geoformas fluviales, asociado a su grado de vulnerabilidad alto (ver Gráfica 7.71). Las demás subcuencas en su mayor área se presentan con riesgo bajo debido a sus geoformas no depositacionales y baja vulnerabilidad.

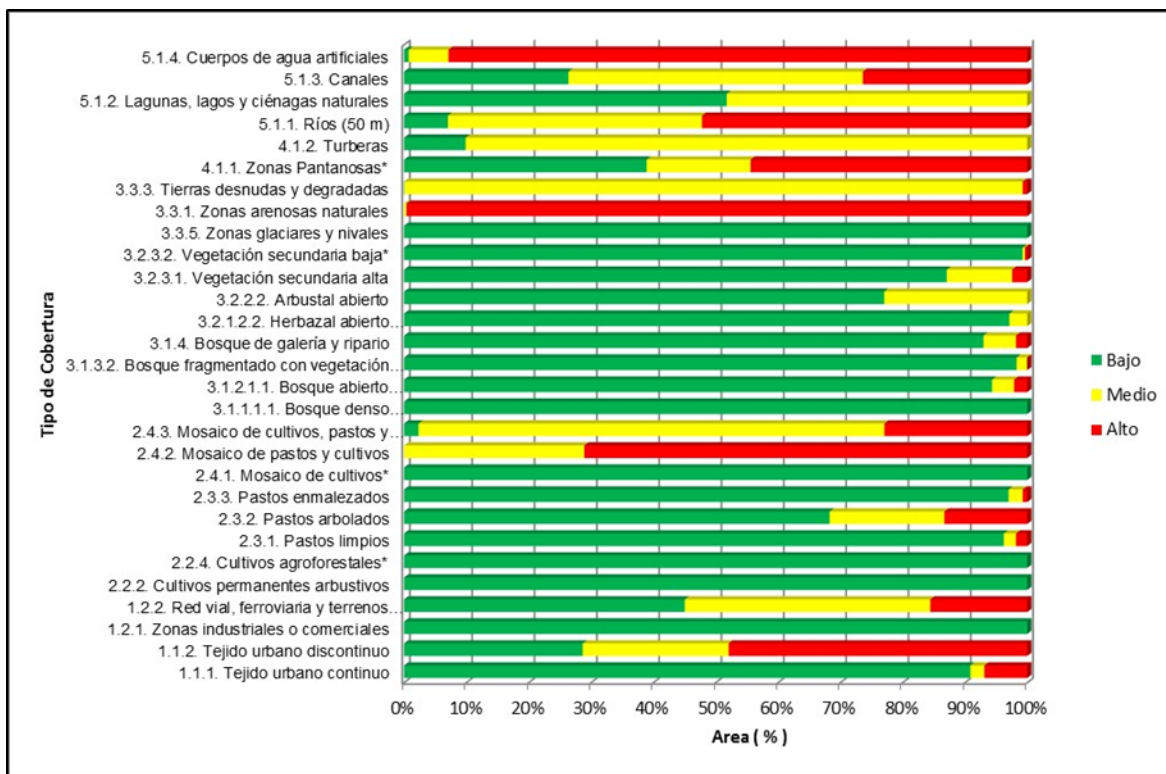
Gráfica 7.71 Escenarios de riesgo por Inundaciones – Subcuencas.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Una diferencia significativa al comparar los resultados de la zonificación del riesgo ante los movimientos en masa y las inundaciones, radica en las coberturas. Para el caso de las coberturas de zonas arenosas naturales, mosaicos de pastos y cultivos, tejidos urbanos discontinuos y zonas pantanosas en la parte baja de la cuenca, sus áreas fueron definidas como de alto riesgo; a diferencia de las tierras ubicadas en la parte media y alta de la cuenca, donde predominan las zonas glaciares y nivales, bosque denso, mosaico de cultivos, cultivos agroforestales, cultivos permanentes arbustivos y zonas industriales o comerciales en las que la gran mayoría de su extensión, no estará expuesta al riesgo. Las zonas industriales o comerciales no se encuentran en zonas de riesgo alto, debido a que no se encuentran en las zonas aledañas a las planicies de inundación del río Guatapurí, en el casco urbano de Valledupar (Ver Gráfica 7.72).

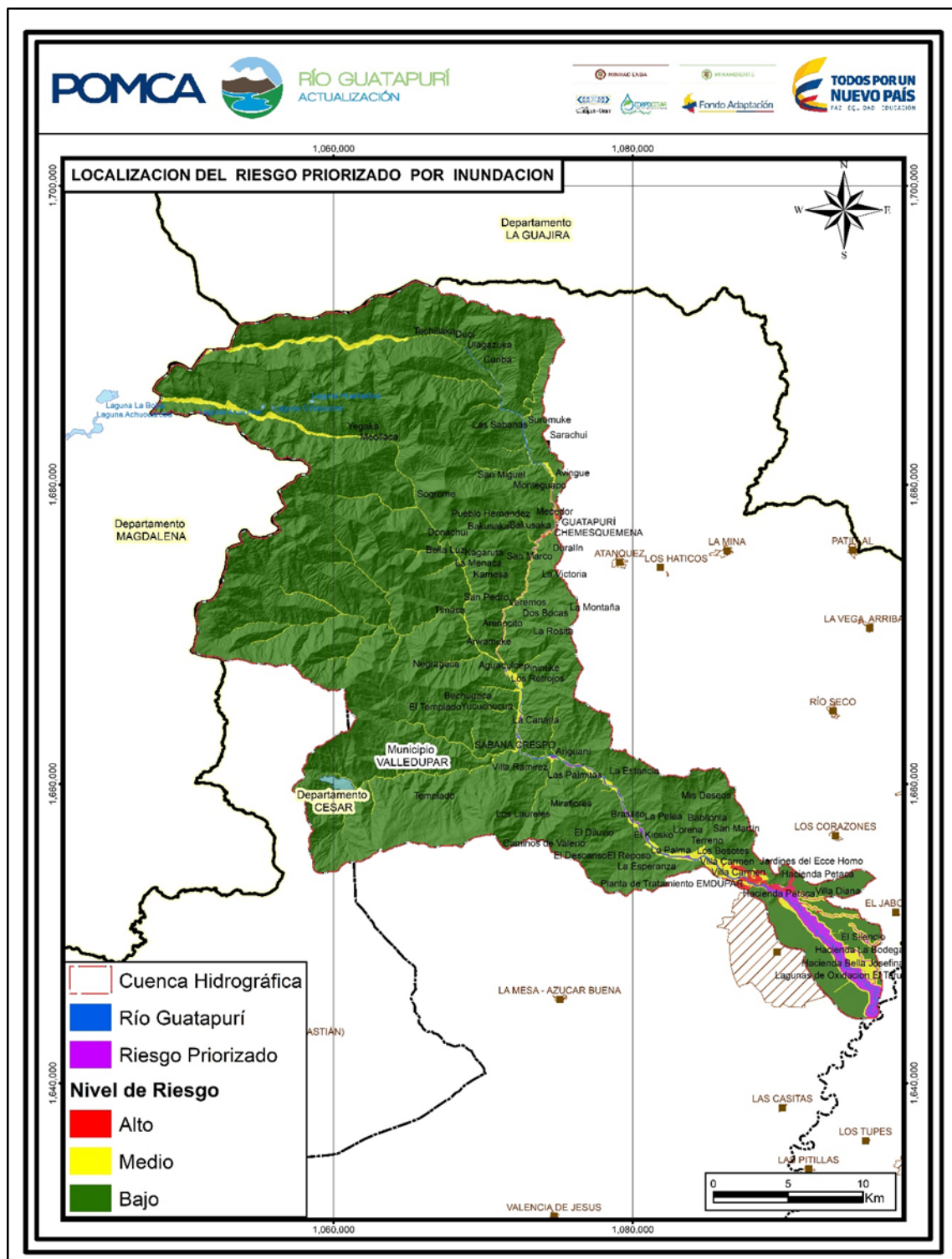
Gráfica 7.72 Escenarios de riesgo por Inundaciones - Coberturas



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Tomando los mismos criterios usados en la priorización de escenarios de riesgo por movimientos en masa, se delimitan las áreas críticas y de priorización por inundaciones (Ver Mapa 7.82).

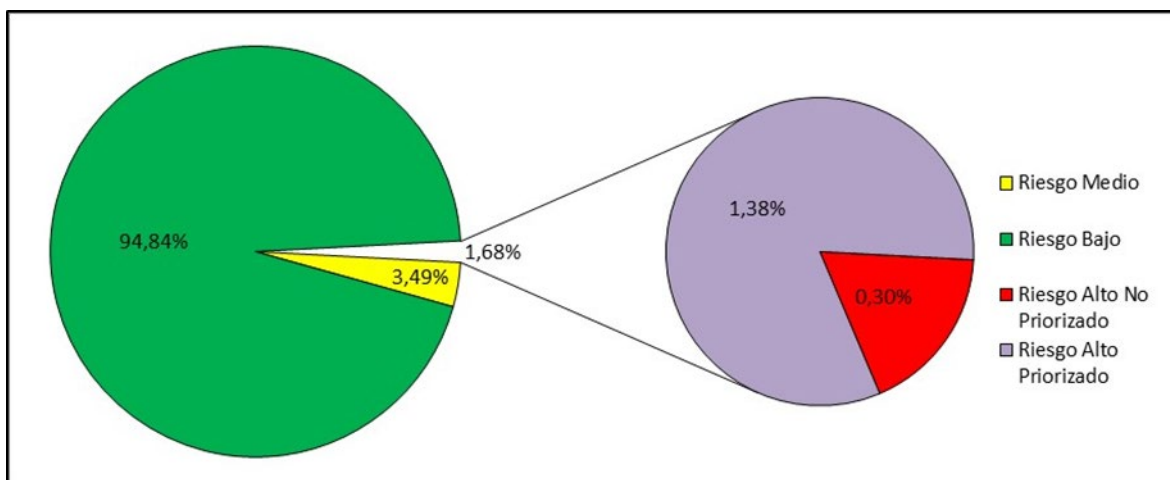
Mapa 7.82 Escenarios de riesgo priorizados por Inundaciones.



Fuente: Consorcio Guatapuri – Cesar.

En la **Figura 7.21** se presentan los porcentajes de áreas priorizadas en la cuenca.

Figura 7.21. Escenarios de riesgo priorizados por inundaciones.



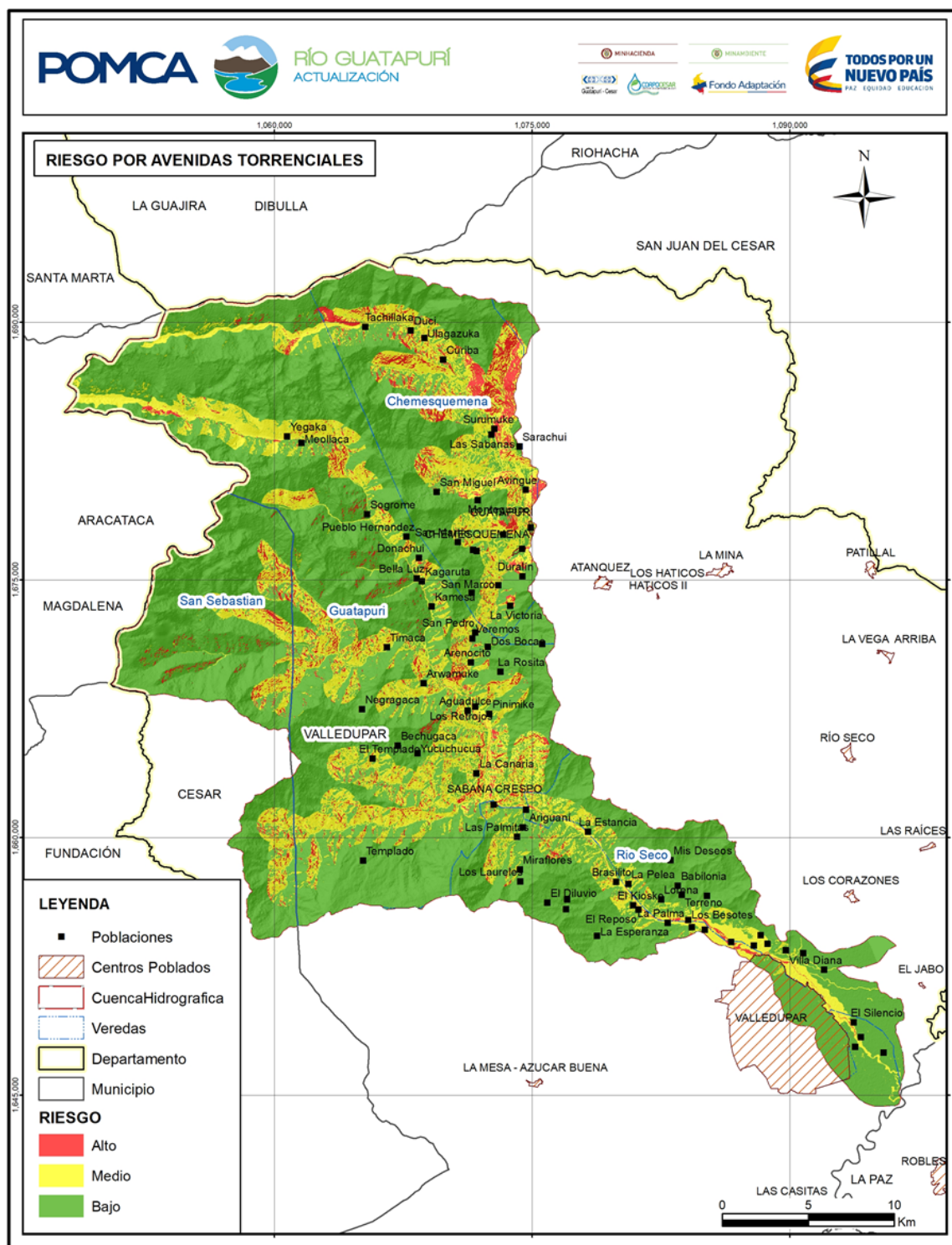
Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Las inundaciones son los eventos que mayores pérdidas ocasionan en la Cuenca del Río Guatapurí. El 1.38 % del área total del territorio se encuentra en riesgo alto priorizado por eventos de este tipo. Se destacan escenarios priorizados en las áreas cercanas a geoformas fluviales, en las cuales se asientan las comunas 1 y 2 en el casco urbano de Valledupar y en las fincas del margen izquierdo del río Guatapurí, en el sector El Jabo, del corregimiento de Guacoche, donde se presentan los mayores niveles de vulnerabilidad. También se encuentran áreas de riesgo priorizados en las zonas aledañas al cauce en la parte media de la cuenca.

7.5.6 Análisis de Riesgo por Avenidas Torrenciales

Con la ayuda de herramientas SIG, y de los índices y parámetros calculados, se llegó a un resultado final, el cual es la zonificación del riesgo por fenómenos de avenidas torrenciales, dentro de los límites de la Cuenca Hidrográfica del Río Guatapurí, donde se aprecia que las zonas de riesgo medio y alto se localizan hacia las zonas de iniciación o aporte de material, en los ambientes glaciares y denudacionales, de la cuenca alta, y también en las zonas de tránsito y deposición de este tipo de materiales torrenciales, hacia la cuenca media y baja. (Ver Mapa 7.83).

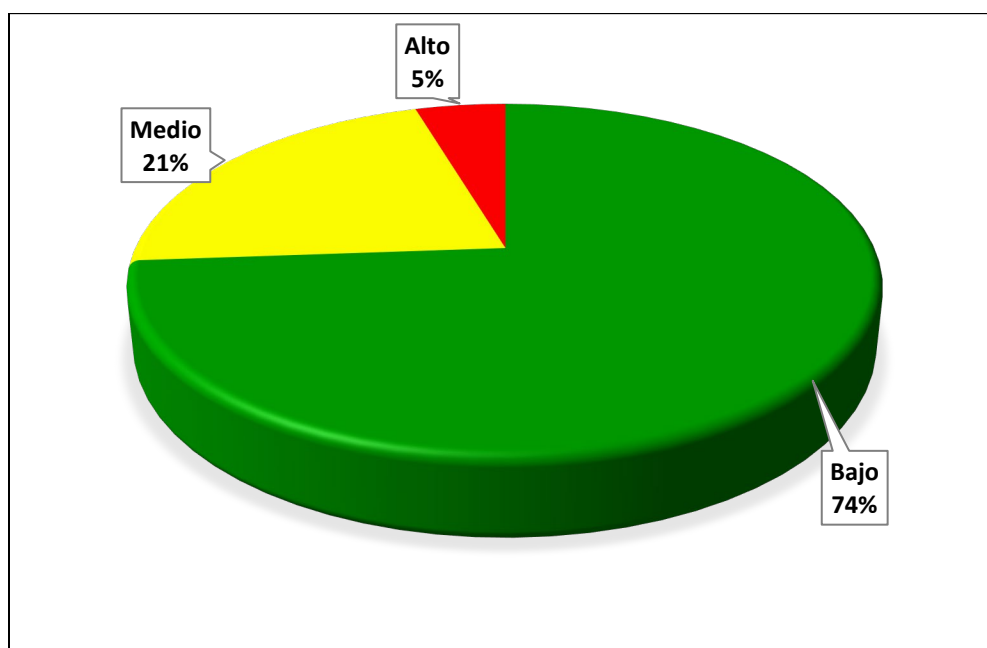
Mapa 7.83 Zonificación Final del Riesgo por Avenidas Torrenciales.



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

Para la Cuenca del Río Guatapurí, se determinó que 4104,1 ha, equivalentes casi al 5% del territorio, corresponde a riesgo alto por avenidas torrenciales, a su vez 19157,2 ha equivalentes al 21% están en riesgo medio y 65708,8 ha equivalente al 74% se encuentran en riesgo bajo (ver Gráfica 7.73).

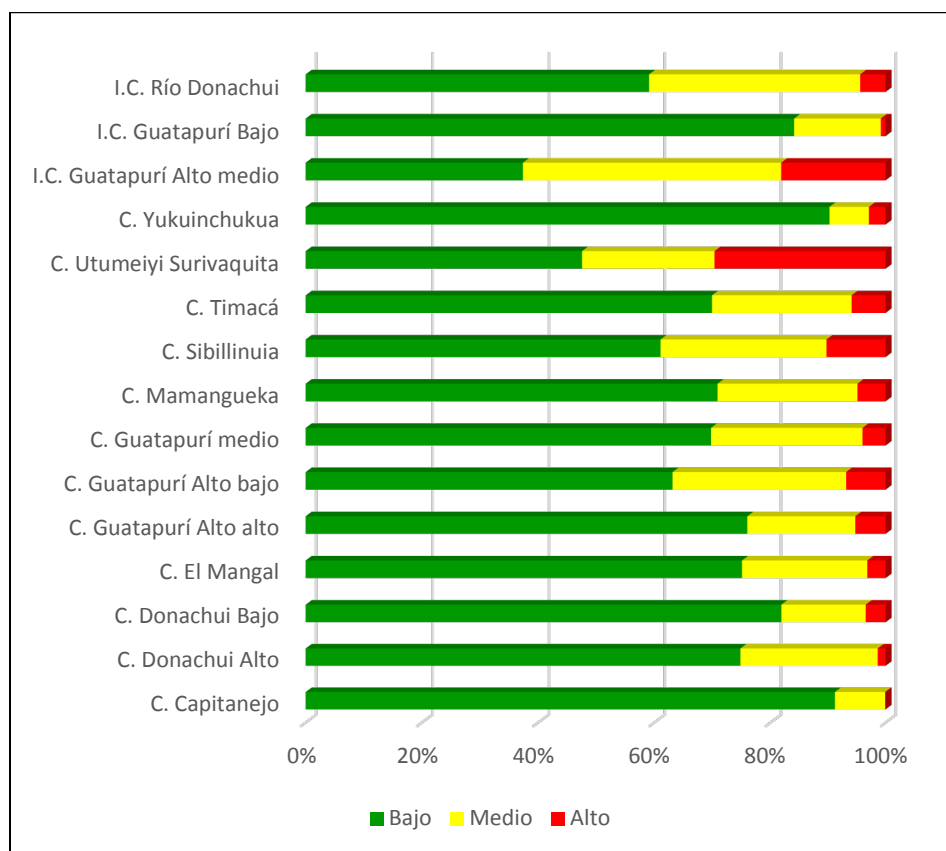
Gráfica 7.73 Porcentaje Área en Riesgo por Avenidas Torrenciales de la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

El análisis del riesgo frente a eventos torrenciales por subcuencas, de la Cuenca del Río Guatapurí, dio como resultado que todas las subcuencas presentan un grado de vulnerabilidad, sin embargo, las subcuencas más afectadas frente a un evento torrencial extremo serían: C. Guatapurí medio C. Utumeiyi Surivaquita, C. Donachui, C. Sibillinuia, y C. Guatapurí Alto bajo (ver Gráfica 7.74).

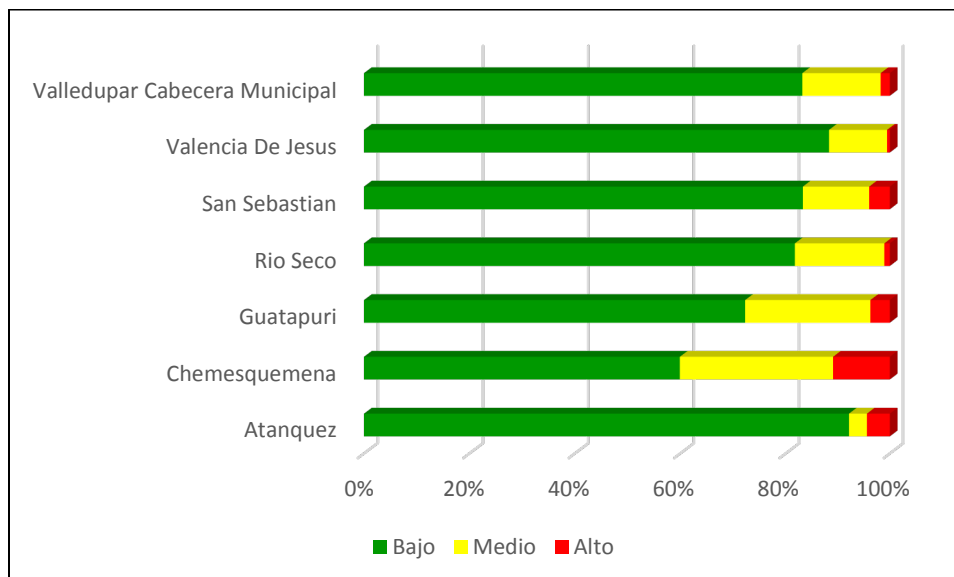
Gráfica 7.74 Porcentaje Área en Riesgo por Avenidas Torrenciales de la Cuenca del Río Guatapurí.



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

Se realizó el análisis por veredas de la Cuenca del Río Guatapurí, donde se determinó que todas las veredas presentan una fracción de su territorio en riesgo medio y alto, y las veredas menos afectadas serían Atanquez y Valencia de Jesús, frente a fenómenos torrenciales. A continuación, se plasma gráficamente los porcentajes obtenidos para este análisis (ver Gráfica 7.75).

Gráfica 7.75 Riesgo por Avenidas Torrenciales por Veredas.



Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

A continuación en la **Tabla 7.97** se detalla cada uno de los porcentajes por veredas pertenecientes a los municipios de Valledupar y Pueblo Bello, en los cuales se refleja que todas las veredas presentan un nivel de riesgo medio y alto frente a eventos torrenciales.

Tabla 7.102. Porcentajes de vulnerabilidad por Avenidas Torrenciales por Veredas.

MUNICIPIO	VEREDA	RIESGO		
		BAJO	MEDIO	ALTO
PUEBLO BELLO	San Sebastián	83.26%	12.76%	3.98%
VALLEDUPAR	Atanquez	92.14%	3.44%	4.42%
	Chemesquemena	59.93%	29.15%	10.93%
	Guatapurí	72.30%	23.95%	3.74%
	Rio Seco	81.75%	17.19%	1.06%
	Valencia De Jesús	88.29%	11.17%	0.54%
	Valledupar Cabecera Municipal	83.16%	15.06%	1.78%

Fuente: Consorcio Guatapurí - Cesar.

7.6 IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES DE INFORMACIÓN

7.6.1 Identificación de necesidades de información Movimientos en Masa

Entendiéndose las necesidades de información como aquellos insumos, datos, procedimientos y/o propuestas direccionadas a obtener en futuros estudios o investigaciones, un avance en el conocimiento de la tipología de evento. Es así como durante la aplicación de las metodologías propuestas para la Cuenca del Río Guatapurí, se han identificado las siguientes necesidades de información:

- Dada la relevancia de los eventos históricos en la evaluación de la susceptibilidad y en la validación respectiva de los productos generados, se hace necesario la creación de una base de datos en la cual se registre la localización, tipo de movimiento, causas y magnitud de la afectación de fenómenos en masa que llegasen a presentarse en toda la extensión de la cuenca. Esta propuesta deberá ser desarrollada por las autoridades encargadas de atender este tipo de eventos, controlada y supervisada por las respectivas autoridades autónomas regionales.
- Desarrollar estudios de amenaza detallado por movimientos en masa a escala 1:2.000 en los 4 centros poblados (Chesquemena, Guatapurí, Sabana Crespo y Valledupar) que presentan condiciones de amenaza teniendo en cuenta los lineamientos establecidos en el Decreto 1077 de 2015.
- Implementar un mayor número de estaciones de tipo hidrológica y meteorológica en toda la extensión superficial de la cuenca, específicamente en la parte de alto relieve y a lo largo de los drenajes superficiales. Esto con la finalidad de caracterizar mejor la cuenca en futuros estudios en materia, y estimar con mayor grado de precisión la incidencia de las precipitaciones como factor detonante de los movimientos en masa.
- Impulsar estudios de tipo forestal y suelos con la finalidad de establecer las especificaciones y demás consideraciones necesarias para implementar el plan de reforestación y restauración de las áreas desnudas y degradadas ubicadas en las zonas en condición de amenaza media y alta. Como resultado de esta investigación se deberá definir las especies que favorezcan la infiltración y la acción fijadora del terreno, su cantidad y demás aspectos técnicos requeridos para esta actividad. Una vez cumplida la reforestación, la Corporación Autónoma Regional deberá efectuar el control y vigilancia sobre estos sectores, de tal forma de que se prohíba cualquier tipo de intervención antrópica que pudiera afectar los ecosistemas allí albergados y el desencadenamiento de un evento de inestabilidad en sus laderas.

7.6.2 Identificación de necesidades de información Inundaciones

A partir de las etapas de desarrollo y de los productos obtenidos en la evaluación y zonificación de la amenaza por eventos de inundación, se observó la falta o necesidad de información que puede ser de gran relevancia para precisar las zonas identificadas como amenaza media y alta en los diferentes municipios, resguardos, comunidades y subcuencas y tener así una mejor caracterización de estos sectores con un mejor detalle.

- Imágenes satelitales de alta resolución en diferentes periodos de tiempo para identificar con mayor precisión las geoformas asociadas a este tipo de eventos en zonas planas.

- Un modelo digital del terreno de mayor resolución, y si es posible generados a partir de tecnología LIDAR, los cuales son útiles para establecer áreas susceptibles de inundación.
- Actualizar la red hidrográfica y realizar levantamientos batimétricos y topográficos que permitan la medición de caudales y velocidades de cauce, profundidad y características de fondo e identificación de zonas inundables para el modelamiento hidráulico de las zonas establecidas con amenaza media y alta.
- Tener un sistema de registro completo de los eventos amenazantes por inundaciones que puedan dar información técnica de las causas de los eventos, como localización, origen del evento (antrópico como rompimiento de represas, diques o natural como aumento de las precipitaciones), procesos desencadenantes, zonas afectadas, duración. Este tipo de trabajos se deben desarrollar por las autoridades municipales y departamentales encargadas de atender este tipo de eventos.

7.6.3 Identificación de necesidades de información Avenidas Torrenciales

- El objetivo de suplir las necesidades de información es avanzar con un conocimiento detallado del comportamiento que corresponde a zonas de amenaza alta y media en la cuenca de estudio, y poder generar mecanismos de prevención de desastres.
- En las zonas con susceptibilidad alta por avenidas torrenciales se hace necesario complementar la información existente mediante registros nuevos de caudales y/o generar métodos de medición en zonas que se requieren. De acuerdo a lo anterior, se recomienda se instalen por lo menos dos estaciones de caudales en la parte alta de la cuenca donde hay susceptibilidad media y alta.
- Teniendo en cuenta los resultados de amenaza por avenidas torrenciales se sugiere desarrollar un sistema de registro completo de los eventos amenazantes por inundaciones y avenidas torrenciales que pueda dar información técnica del lugar y la causa de los eventos. Este sistema debe incluir información como: localización, origen del evento, detonantes, zonas afectadas, duración del evento, etc. Este tipo de trabajo debe ser desarrollado por las autoridades municipales y departamentales encargadas de atender estos tipos de eventos.
- En las subcuencas, I. C. Guatapurí Alto medio, Utumeiyi Surivaquita C. Donachui Alto, C. Sibillinuia, y C. Guatapurí medio y bajo, las cuales son las que más presentan porcentaje de amenaza por avenidas torrenciales se sugiere la instalación de por lo menos dos estaciones meteorológicas distribuidas en estas subcuencas, con el fin tener relación de la lluvia como detonante vs movimientos en masa teniendo en cuenta que la precipitación es uno de los mayores detonantes de movimientos en masa que asociados a cauces activos generan avenidas torrenciales.
- Existe la necesidad de realizar estudios a escala detallada (1:2.000) de avenidas torrenciales en las zonas de amenaza alta cerca a los centros poblados de Guatapurí, Chemesquemena, Sabana Crespo y Valledupar, en los cuales se debe incluir topografía detallada, cobertura de suelos, toma de muestras, y demás insumos necesarios.

7.6.4 Identificación de necesidades de información Incendios Forestales

A continuación, se enmarcan una serie de alternativas que pueden contribuir con la prevención ante eventos amenazantes de incendios forestales dentro de la Cuenca del Río Guatapurí:

- Para la prevención y combate de incendios forestales, es recomendable la creación de barreras o líneas cortafuego, que son franjas de terreno a modo de cunetas libres de cualquier tipo de combustible vegetal que de una u otra forma pueda facilitar la propagación del fuego. Estas líneas cortafuegos pueden estar acompañadas de una técnica de reordenación vegetal en áreas próximas a su construcción, la cual consiste en modificar la estructura de la vegetación, alterando su continuidad horizontal y vertical y así reducir la cantidad de material combustible.
- Si se plantearan alternativas de reforestación y/o restauración, es recomendable realizar estudios de conflagración a las especies que posiblemente puedan ser implementadas, con el fin de intercalar las especies más resistentes al fuego con otras que no lo sean tanto.
- Como el área perteneciente a la Cuenca del Río Guatapurí es una zona altamente frecuentada por turistas, los cuales desarrollan actividades recreativas, se recomienda la implementación de vallas que informen a la comunidad sobre el alto riesgo que tiene la zona ante la ocurrencia de incendios forestales e informar la peligrosidad de elaborar fogatas especialmente en temporadas críticas de verano.
- Implementar cuadrillas de vigilancia que puedan estar al tanto de las condiciones del clima sobre la vegetación, especialmente en las áreas identificadas como de alta amenaza ante la ocurrencia de incendios forestales.
- Realizar charlas y capacitaciones a las comunidades acerca de los procesos culturales de quema que ellos mismo realizan como acción previa a los cultivos, concientizar sobre los impactos que estas actividades pueden causar al momento de la generación de un incendio o conato, cómo actuar en caso de emergencia y cómo reportar su aparición. Así mismo, se recomiendan realizar simulacros periódicos para fortalecer las capacidades adquiridas durante el desarrollo de los cursos.
- Es importante tomar registros diarios según los reportes satelitales ya sean de focos de calor o por la detección satelital empleada por el IDEAM, principalmente en las épocas de verano, lo cual puede generar una reestructuración a los recorridos de las brigadas.
- Las torres de vigilancia son un sistema fijo de detección de incendios que se pueden establecer en áreas estratégicas con el fin de realizar avistamientos en alturas superiores a los 15 m.
- Como acción para contrarrestar la ocurrencia de un incendio, sería conveniente el establecimiento o aprovechamiento de zonas naturales tales como cárcavas para la construcción de diques, que puedan hacer las veces de reservorios de agua y ser utilizados al momento de combatir estos eventos.

7.6.5 Identificación de necesidades de información (Vendavales y Desertización)

Una vez desarrolladas las metodologías propuestas para la evaluación de otros eventos amenazantes en la Cuenca del Río Guatapurí, se han identificado una serie de necesidades de información tendientes a avanzar en el conocimiento en futuros estudios que en materia puedan llegar a surgir.

- En función de los procesos de Desertización que se vienen presentando dentro de la cuenca, es de suma importancia establecer en primera estancia una base de datos conjunta que incorpore parámetros físicos y socioeconómicos; y la evaluación de la dinámica espacio temporal del fenómeno de Desertización con un seguimiento de su evolución mediante instrumentos cartográficos, SIG y teledetección. Por el momento las áreas de cobertura vegetal con características de Desertización se encuentran próximas al casco urbano de Valledupar, las cuales reportan una aceptable accesibilidad, lo que brinda la posibilidad de identificar estas zonas en un mayor grado de detalle y determinar los posibles factores externos que han generado este proceso, y con ello, determinar de forma apropiada, los impactos sociales, económicos y ambientales.

De igual forma, con la implementación de la base de datos se hace necesario la ejecución de modelamientos y simulaciones de los procesos en las zonas amenazadas, con el objetivo principal de delimitar a un mayor nivel de detalle, las áreas potencialmente afectadas; lo que conducirá de igual manera, a la sectorización conforme a la utilización y el manejo de las tierras. Como resultado de esta segunda fase, se requerirá la implementación de un programa de control y seguimiento del proceso, para así evitar que las causas o factores detonantes previamente identificados, afecten en mayor proporción las coberturas cartografiadas en el área de influencia de la cuenca hidrográfica.

Así mismo, es importante adelantar acciones tendientes a la restauración, protección y uso sostenible de estas áreas en proceso de Desertización, ya que la mayoría hace parte de los ecosistemas estratégicos de la cuenca; estas acciones se pueden realizar con el apoyo permanente de las comunidades indígenas asociadas a estos ecosistemas. Una de estas acciones podría ser la implementación de montes productores de leña en áreas debidamente zonificadas y diferentes a aquellas con características bióticas de aridez, con el fin de evitar la expansión y deterioro de estos suelos. Por último, las autoridades departamentales y municipales deberán impulsar la formulación e implementación de obras o prácticas que minimicen la propagación de este evento amenazante.

- En cuanto a la evaluación de vendavales, es muy conveniente llevar el respectivo registro de estos, no solo en las áreas urbanizadas, con el fin de realizar un control y seguimiento de las zonas donde se puedan presentar este tipo de eventos, y así lograr una zonificación más acertada de la amenaza. Para ello, se plantea el monitoreo de la variable viento con el establecimiento de estaciones meteorológicas dispuestas en inmediaciones de estas zonas. Asimismo, se propone la formulación de un plan de contingencias en el que se establezcan las medidas a seguir en caso de desencadenarse un fenómeno de tales características, que pudiera llegar a afectar a la comunidad y demás actores involucrados en la cuenca.

7.6.6 Conclusiones

Caracterización Histórica de Amenazas y Eventos Amenazantes

De la caracterización histórica de eventos en el área de la Cuenca del Río Guatapurí se obtuvo un total de 80 eventos amenazantes (19 por fuentes oficiales, 3 por fuentes periodísticas y 58 eventos por fuentes comunitarias, obtenidos a partir de 155 encuestas) discriminados de la siguiente forma:

- Por movimientos en masa se identificaron 29 eventos, de los cuales los corregimientos que presentan mayor cantidad son Guatapurí y Chemesquemena, con 14 y 12 eventos respectivamente.
- Por inundaciones se identificaron 35 eventos, que afectan la parte baja de la Cuenca del Río Guatapurí, principalmente el casco urbano del municipio de Valledupar (Comuna 1) y el corregimiento de Sabana Crespo.
- Por incendios forestales se identificaron 14 eventos, de los cuales el casco urbano del municipio de Valledupar presenta uno (1) en el cerro Cicolac y (dos) 2 en los alrededores del casco urbano, seguido del corregimiento Guatapurí con Cinco (5) eventos.
- Por avenidas torrenciales se identificaron dos (2) eventos, de los cuales no se tiene mayor información, tanto las fuentes oficiales como el diagnóstico participativo no arrojaron mayor información sobre este tipo de eventos.

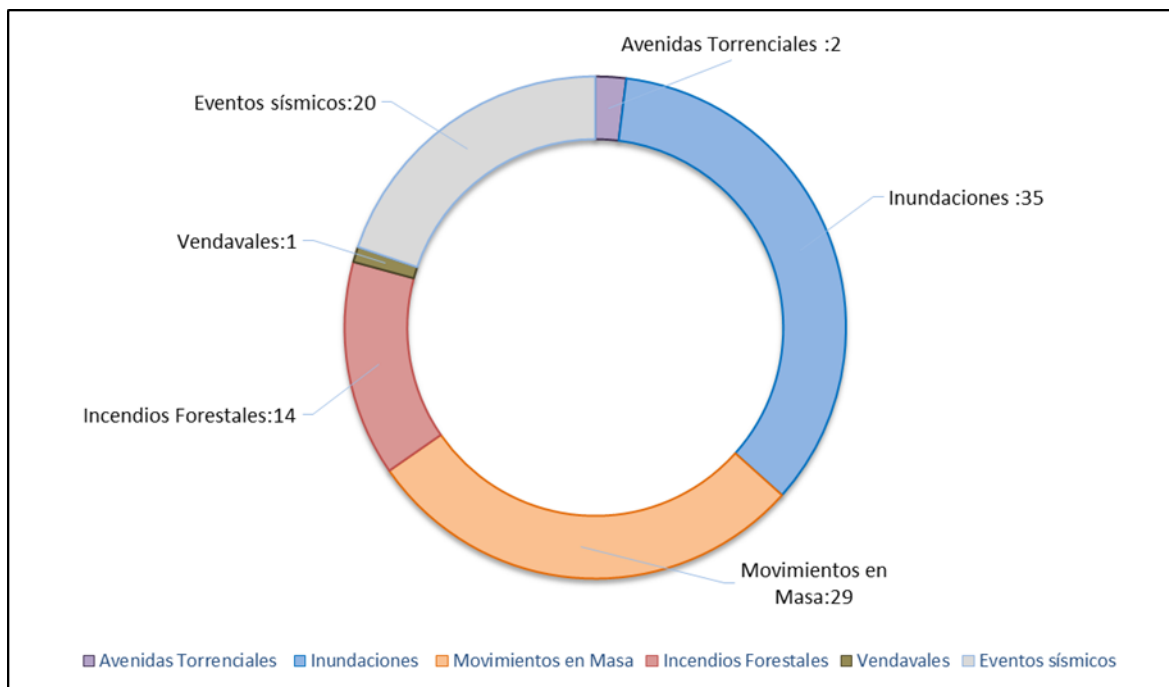
En la Gráfica 7.76 se identifica que las inundaciones son los eventos más recurrentes, con un total de 35 eventos, debido principalmente a las fuertes precipitaciones que se presentan en la parte alta de la Cuenca del Río Guatapurí, sobre la Sierra Nevada de Santa Marta y la corta longitud del río Guatapurí, esto sumado a la precaria ronda de protección e invasión sobre el margen derecho del río Guatapurí en cercanías con el casco urbano del municipio de Valledupar, afectando en reiteradas ocasiones algunos barrios pertenecientes a la comuna 1.

En incidencia, le siguen los movimientos en masa, con un total de 29 eventos que son generados principalmente por las fuertes precipitaciones en zonas de alta pendiente e inestabilidad geológica, afectando principalmente los corregimientos de Guatapurí, Sabana Crespo y Chemesquemena, sobre los cerros cercanos a dichas poblaciones.

Los incendios forestales presentan una menor incidencia, y se localizan en las zonas aledañas al casco urbano del municipio de Valledupar, las zonas rurales de los corregimientos y el área del municipio de Pueblo Bello dentro de la Cuenca del Río Guatapurí; estos se ocasionan principalmente por las quemas que la población realiza para despojar los suelos de la cobertura vegetal y llevar a cabo las actividades agrícolas. Este fenómeno está estrechamente asociado a la crisis del campo colombiano, que presenta altos índices de atraso y acceso a tecnología para el desarrollo adecuado de estas actividades.

Las avenidas torrenciales evidentemente, no son el evento amenazante de mayor repercusión, sin embargo, no puede descartarse su probabilidad de ocurrencia.

Gráfica 7.76 Consolidado de Eventos Amenazantes en la Cuenca

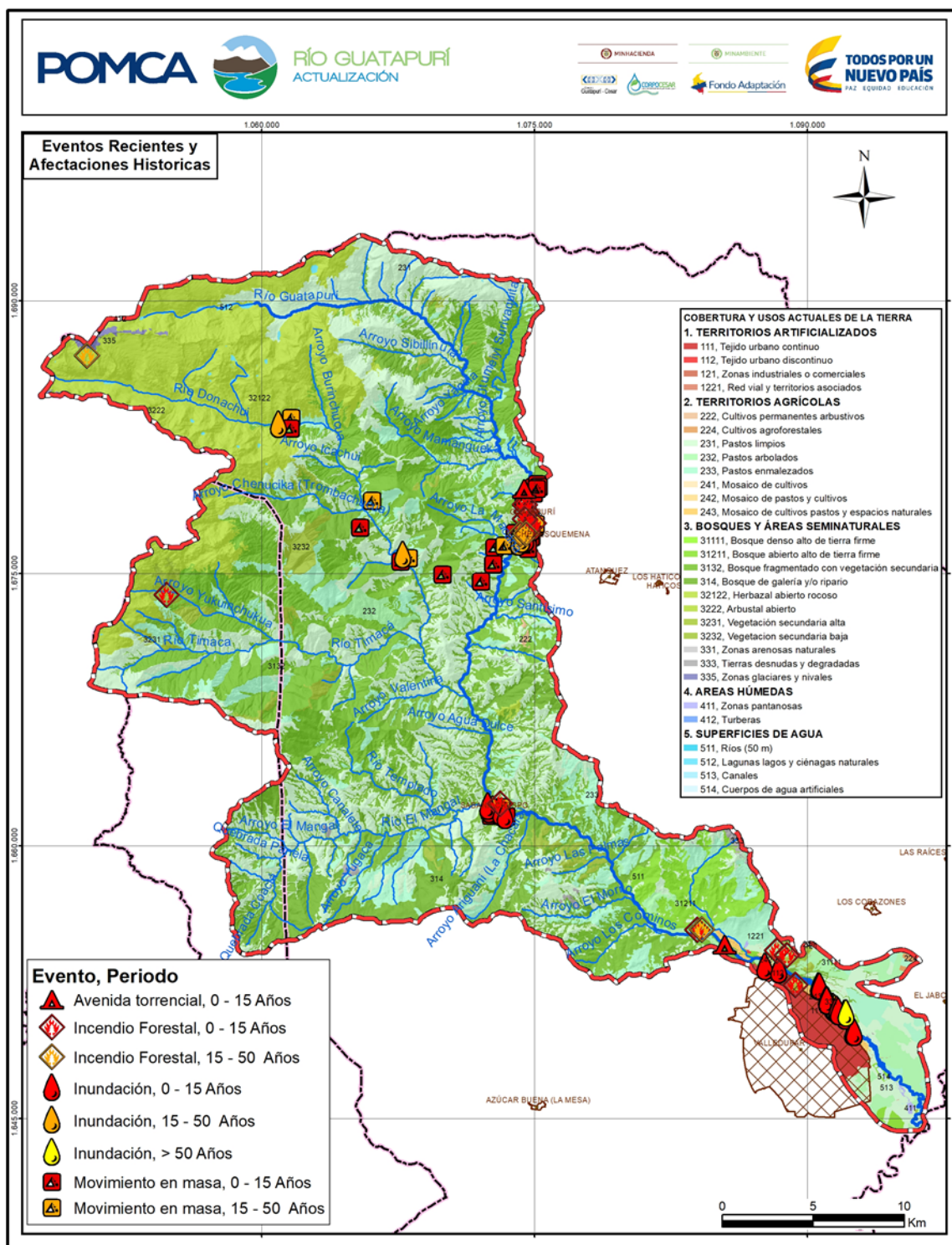


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar

En general, hacia la parte alta de la Cuenca del Río Guatapurí predominan los movimientos en masa recientes; mientras que hacia la parte baja predominan las inundaciones recientes (ver Mapa 7.84). Los incendios forestales se distribuyen uniformemente en diferentes sectores de la cuenca.

En otros eventos se identifican los vendavales con registro de una (1) ocurrencia y los eventos sísmicos con 20 registros, que en comparación con la totalidad de amenazas se ubicaría en el tercer lugar dentro de los de mayor ocurrencia.

Mapa 7.84 Consolidado de Eventos Amenazantes y su Recurrencia en la Cuenca.

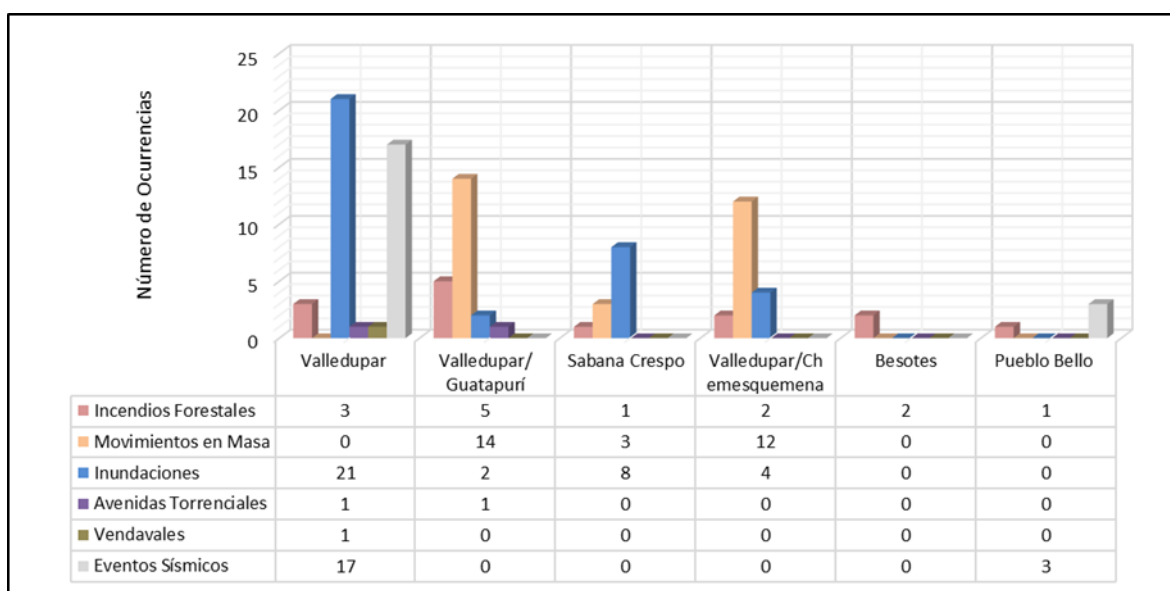


Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar

En la Gráfica 7.77 Consolidado de Eventos Amenazantes por Municipios., se identifican cada uno de los eventos priorizados y no priorizados en relación con los municipios y corregimientos que hacen parte de la Cuenca del Río Guatapurí. En esta gráfica, es posible deducir que el casco urbano del municipio de Valledupar es el sector con mayor ocurrencia de eventos, predominando las inundaciones por el desborde del río Guatapurí.

En los corregimientos Guatapurí, Chemesquemena y Sabana Crespo, prevalecen los movimientos en masa en los cerros cercanos a los cascos urbanos y sobre la vía, en este último las inundaciones también son un evento incidente. El corregimiento de Besotes y el municipio de Pueblo Bello presentan las menores ocurrencias de eventos históricos, sin embargo, sobresalen las inundaciones y movimientos en masa en Besotes y los eventos sísmicos en Pueblo Bello.

Gráfica 7.77 Consolidado de Eventos Amenazantes por Municipios.



Fuente: Consorcio Guatapurí – Cesar.

Por el análisis de datos realizado y las evidencias históricas representadas por las gráficas, según las diversas fuentes consultadas, las inundaciones representan el evento más recurrente dentro de la Cuenca del Río Guatapurí.

Identificación, Clasificación y Caracterización de Fenómenos Amenazantes y Evaluaciones de la Amenaza

- **Movimientos en Masa**

Del análisis estadístico de las variables que afectan la estabilidad de laderas, se determinó que, para la Cuenca del Río Guatapurí, las que más influyen son las unidades geológicas superficiales, las pendientes, las coberturas de la tierra y la insolación.

Los resultados de la evaluación y zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa para la Cuenca del Río Guatapurí, permitieron establecer que el 49% de la totalidad de su área no es susceptible a este evento amenazante. Por su parte, el 28% y 23% del área restante, fue catalogada como de susceptibilidad media y alta respectivamente.

A partir de las áreas identificadas con susceptibilidad media y alta, y de los modelos de estabilidad, tanto en suelos como en rocas, se estableció que el 36% del área total se encuentra en amenaza media a alta.

En conclusión, las áreas zonificadas con amenaza baja por movimientos en masa en la cuenca corresponden al 57% del área total de la cuenca, el 10% del área se zonifica en amenaza alta y el 33% restante se encuentra en amenaza media.

Las subcuencas con mayor área afectada por amenaza por movimientos en masa son: C. Guatapurí Alto Medio, C. Utumeiyi Surivaquita, C. Sibilinuia, C. Donachui alto y C. Mamanguka.

Finalmente, los resultados de la evaluación de la amenaza permitieron establecer que algunos centros poblados, como Chemesquemena y Guatapurí, presentan áreas en amenaza media y alta.

- **Inundaciones**

La Cuenca del Río Guatapurí presenta un área total de 88987,97 ha, de las cuales el 1,48% del territorio de la cuenca presenta amenaza por inundación alta, donde predominan las pendientes bajas y las geoformas asociadas a la inundación. La cuenca que se ve afectada principalmente en las zonas de planicie de inundación a un costado del río Guatapurí, entre el puente Hurtado y las lagunas de aguas residuales El Tarullal, donde el cauce del río divaga, evidenciándose cambios continuos en su morfología. Estas zonas vienen asociadas a los depósitos cuaternarios y se presentan principalmente registros de eventos de inundación entre 0 y 15 años.

Los niveles de amenaza por inundación media se encuentran distribuidos en un 3.67% de la cuenca de estudio. La mayor parte de este nivel se localiza en la parte alta y media de la cuenca y hacia la zona baja de la cuenca en los costados de las zonas de planicies de inundación. Se encuentran asociados principalmente a las geoformas fluviales de terrazas de acumulación antiguas (Medias y/o Altas) y abanicos aluviales. En el casco urbano de Valledupar en las zonas antrópicas de la Comuna 1 donde históricamente se han presentado eventos, generalmente entre los 15 y 50 años-

Los niveles de amenaza por inundación baja se encuentran en un 94.85% de la zona de estudio, las cuales se encuentran asociadas principalmente a geoformas no deposicionales, con pendientes moderadas a altas, drenajes encañonados y cuyas rocas competentes son generalmente de origen ígneo y metamórfico, también en las áreas del casco urbano de Valledupar donde históricamente no han presentado inundación. Estas áreas no presentan registros de eventos de inundación.

A nivel de subcuenca se encuentra que las subcuencas Guatapurí Bajo, Guatapurí medio, Guatapurí Alto bajo, Capitanejo, El Mangal y Río Donachui representan el 100% de amenaza alta y 64,81% de amenaza media por inundación, esto es debido a que se encuentran en las zonas planas y cercanas al río Guatapurí, las cuales son las más susceptibles a ser afectadas en caso de darse un evento de inundación.

- **Avenidas Torrenciales**

La identificación de las zonas con susceptibilidad a avenidas torrenciales, se realizó a partir de la identificación de subcuencas con Índice de Vulnerabilidad a Eventos Torrenciales (IVET), la identificación de eventos históricos y de geoformas asociadas a torrencialidad.

Los resultados de esta zonificación permitieron definir que el 94% del área de la Cuenca del río Guatapurí es susceptible a un evento de estas características.

Sin embargo, al realizar el análisis de la probabilidad de ocurrencia de este fenómeno en la Cuenca del Río Guatapurí, se encontró que 6% del área presenta una amenaza alta, el 20% una amenaza media y el 74% restante una amenaza baja.

La amenaza alta se encuentra distribuida principalmente al noroccidente de la Cuenca del Río Guatapurí, en la zona de la Sierra Nevada de Santa Marta, y también al centro-sur, a manera de una franja de dirección NW-SE, en donde el relieve se caracteriza por tener pendientes entre moderadamente alta a altas, se encuentran valles encañonados, además algunos de los afluentes presentan el mismo nivel de amenaza.

Las subcuencas que presentan mayor amenaza por avenidas torrenciales son: I. C. Guatapurí Alto medio, Utumeiyi Surivaquita C. Donachui Alto, C. Sibillinuia, y C. Guatapurí medio y bajo.

- **Incendios Forestales**

Al realizar la categorización y calificación de los rangos de amenaza total por incendios forestales bajo condiciones normales, se obtuvo que el 67.28% del área de la cuenca, se encuentran dentro de la categoría de amenaza media por incendios forestales, la cual se observa principalmente sobre la región occidental y norte de la Cuenca del Río Guatapurí. La subcuenca con mayor probabilidad de presentar incendios bajo el modelo de condiciones normales es la llamada C. Capitanejo, ya que el 57,25% de su territorio presentan una calificación de amenaza alta.

Bajo condiciones extremas o fenómeno del niño, se obtuvo que el 48% del área de la cuenca se encuentran dentro de la categoría de amenaza alta por incendios forestales, la cual aumento con respecto al escenario de condiciones normales.

De las subcuencas analizadas se pudo identificar que aquella con la mayor categoría de amenaza es la llamada C. Guatapurí Alto Bajo, cuyos porcentajes en función de la clasificación adoptada, baja, media y alta son del 0,22%, 6,51 y 93,27% respectivamente.

Otros Eventos Amenazantes

De los análisis realizados a los otros eventos se determinó que en la Cuenca del Río Guatapurí no hay probabilidad de ocurrencia de eventos de erosión costera, tsunamis y actividad volcánica.

Para el caso de la Cuenca Hidrográfica del Río Guatapurí se identificaron zonas afectadas por procesos de degradación del suelo y desertificación, con base en la zonificación de la tendencia a la desertificación desarrollada por el IDEAM en el año 2008. De este modo, se logra apreciar que las áreas con mayor susceptibilidad ante estos procesos de desertización se localizan hacia la parte alta de la cuenca, en jurisdicción de la SNSM, identificado por la presencia de unidades vegetales con características de herbazal abierto rocoso, zonas de glaciales y nivales y áreas con vegetación herbácea y arbustiva.

Debido a que en el área perteneciente a la Cuenca del Río Guatapurí no se tiene un registro exacto de ocurrencia de vendavales, no se puede conocer con exactitud la recurrencia de este tipo de eventos, sin embargo, a partir de los registros de velocidades promedio del viento a nivel anual multianual y velocidad máxima anual multianual registradas por el IDEAM, se puede tener información acerca de la amenaza por este tipo de evento. Con

base en los registros máximos de velocidad, es posible determinar que los mayores reportes están dados hacia la parte sur y norte de la cuenca, en proximidad con el casco urbano del municipio de Valledupar y en el área perteneciente a la Sierra Nevada de Santa Marta.

Análisis de Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es un proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos frente a una determinada amenaza o peligro. Para este estudio se hizo énfasis en la vulnerabilidad a partir de los indicadores de exposición, fragilidad y falta de resiliencia.

A partir del análisis de exposición se establecieron las pérdidas generadas por cada uno de los eventos de amenaza evaluados. Siendo las inundaciones y los incendios forestales los que más daño ocasionarían. Esta evaluación se enfocó en zonas homogéneas rurales y de centros poblados, obtenidas del mapa base de coberturas de la tierra y usos del suelo, y dio como resultado la identificación y clasificación de coberturas como los pastos, bosques y cultivos expuestos a fenómenos naturales según su nivel de amenaza.

El análisis de los costos asociados a las coberturas con base en información secundaria actualizada y pertinente para el caso de estudio, sirvió como base para la representación gráfica y matricial de los valores unitarios expresados en salarios mínimos mensuales legales vigentes por hectárea, teniendo en cuenta el uso y las edificaciones existentes en cada lote. A pesar de que los precios varían de un municipio a otro, se encontró un comportamiento y tendencia similar en los precios de las coberturas relacionadas con los cultivos permanentes y transitorios, los tejidos urbanos, y los bosques abiertos, de galería y densos.

La Ley 400 de 1997 y la Norma Sismo Resistente 2010 definen elementos indispensables para el funcionamiento integral de los organismos y entidades que conforman un territorio ante una situación de emergencia. Así pues, los hospitales, institutos educativos, organismos de socorro, entidades de seguridad, estaciones radiales, vías, comunicaciones resultan ser elementos indispensables y se evaluó su exposición a los eventos amenazantes con el fin de identificar aquellos elementos puntuales o lineales expuestos a niveles de amenaza media y alta debida a eventos de inundación, movimiento en masa, avenida torrencial e incendio forestal. Las vías tipo 4, tipo 5 y tipo 6, es decir vías sin pavimentar y transitables en tiempo seco son los elementos lineales con longitudes muy extensas ubicadas en la parte media y baja de la cuenca, que como resultado del análisis presentaron en su mayoría varios kilómetros en amenaza alta por movimientos en masa, inundación, avenidas torrenciales e incendios forestales.

La zonificación de la fragilidad cultural en la Cuenca del Río Guatapurí, generada a partir de información relacionada con áreas de patrimonio natural o dimensión cultural, refleja la importancia que tienen determinados sitios para la economía, cultura y sentido de pertenencia en la región. Se tuvo en cuenta el listado de bienes de interés cultural del ámbito Nacional del Ministerio de Cultura como algunos sitios de homenaje (Homenaje al folclor Vallenato y Homenaje al viajero); Colegio Nacional Lopenera, sitios turísticos como la Sirena de Hurtado, sitios ambientales de valor cultural, como la laguna de Curigua y el Páramo de Surlibaka, y otros sitios de importancia ancestral indígena.

Adicionalmente para la caracterización de la fragilidad se tuvo en cuenta los sitios de importancia cultural y los centros poblados como zonas de fragilidad cultural alta.

Los ecosistemas estratégicos identificados en la Cuenca del Río Guatapurí permiten asociar un nivel de fragilidad de cada uno de ellos frente al impacto que pudieran tener frente a la ocurrencia de los embates de la naturaleza. La satisfacción de necesidades básicas, el equilibrio natural y la productividad, fueron los criterios para asociar un nivel de fragilidad a cada uno de ellos.

El análisis cartográfico de los indicadores de exposición, fragilidad y resiliencia permitió la zonificación de la vulnerabilidad de los elementos que componen la Cuenca del Río Guatapurí frente a la ocurrencia de eventos amenazantes. En este estudio de vulnerabilidad se le dio prioridad a la vida de los pobladores, a las actividades económicas que suplen las necesidades básicas y a aquellas con potencial de crecimiento de la región.

- **Movimientos en Masa**

De los análisis realizados se obtuvo que la vulnerabilidad por movimientos en masa en la Cuenca del Río Guatapurí presenta un 19.41% del área en vulnerabilidad baja, un 78.12% del área en vulnerabilidad media y un 2.47% del área en vulnerabilidad alta.

Las subcuencas con áreas en vulnerabilidad alta son I.C. Guatapurí Bajo, C. Timacá, C. Guatapurí medio, C. Guatapurí Alto bajo, C. Capitanejo, C. Donachui Bajo, C. Mamanguera y C. El Mangal. De los municipios que se encuentran en la Cuenca se destaca Valledupar debido a su vulnerabilidad alta y media.

Las coberturas con mayor vulnerabilidad a eventos de movimientos en masa en la Cuenca del Río Guatapurí están distribuidas homogéneamente en el área de la cuenca, se destacan principalmente: bosque de galería y/o ripario, mosaico de pastos y cultivos, pastos arbolados y pastos arbolados.

- **Inundaciones**

De los análisis realizados se obtuvo que la vulnerabilidad por inundaciones en la Cuenca del Río Guatapurí presenta un 96,69 % del área en vulnerabilidad baja, un 2,67 % del área en vulnerabilidad media y un 0,64 % del área en vulnerabilidad alta. La subcuenca con mayor área en vulnerabilidad alta es Guatapurí Bajo y en vulnerabilidad media se destacan las subcuencas Guatapurí medio, Guatapurí Alto alto y Capitanejo.

Se destacan las coberturas de mosaicos de pastos y cultivos, zonas arenosas naturales, tejido urbano discontinuo, red vial ferroviaria y zonas pantanosas como las coberturas más vulnerables ante eventos de inundación.

Los centros poblados en la cuenca presentan una vulnerabilidad baja (90.92%) en su mayoría, esto de acuerdo con el análisis de coberturas de tejidos urbanos, en donde solo el 5,58% con vulnerabilidad media y 3.50% con vulnerabilidad alta.

- **Avenidas Torrenciales**

De los análisis realizados se obtuvo que la vulnerabilidad por avenidas torrenciales en la Cuenca del Río Guatapurí presenta un 63.23% del área en vulnerabilidad baja, un 36.64% del área en vulnerabilidad media y un 0.13% del área en vulnerabilidad alta.

Las subcuencas con áreas en vulnerabilidad media son: C. Donachui Alto, C. Guatapurí Alto alto, C. El Mangal, C. Guatapurí medio, C. Donachui Bajo, C. Guatapurí Alto bajo, C. Sibillinuia, C. Utumeiyi Surivaquita, C. Yukuinchukua, C. Timacá, I.C. Río Donachui, C. Mamanguera, C. Capitanejo y I.C. Guatapurí Bajo.

Aunque son pocas las áreas consideradas en vulnerabilidad media y alta, se destaca la parte alta del municipio de Valledupar, en cercanías a la Sierra Nevada de Santa Marta.

- **Incendios Forestales**

Para el proceso derivado del análisis de vulnerabilidad por incendios forestales, se obtuvo que para la categoría de alta vulnerabilidad, la menor extensión en todo el territorio de la cuenca, con una extensión de 1383.49 ha equivalentes al 1.55% del área evaluada; mientras que la categoría más representativa y de mayor dominancia es la de vulnerabilidad baja, ya que cuenta con el 77.43% del territorio, correspondientes a 68850.344 ha y el restante 21% hace referencia a la categoría de media vulnerabilidad ante la ocurrencia de incendios forestales.

El procesamiento vectorial derivado de la vulnerabilidad permitió definir las áreas a nivel de subcuencas y de veredas, para aquellas delimitaciones geográficas y territoriales con mayor vulnerabilidad, arrojando que las subcuencas de mayor vulnerabilidad son las llamadas I.C. Guatapurí Bajo, en donde aproximadamente el 18% de su territorio se encuentra dentro de una categoría de alta vulnerabilidad y en el mismo sentido la cuenca C. Capitanejo, con porcentajes de vulnerabilidad similares. En lo correspondiente a sectorización de la vulnerabilidad a nivel de veredas aquellas con mayor porcentaje son las veredas de Río Seco y Valledupar cabecera municipal, ya que esta dominancia (vulnerabilidad alta) se presenta hacia la zona sur de la cuenca.

En función del análisis por unidades vegetales, fue posible determinar que las coberturas de la tierra de mayor vulnerabilidad hacen referencia a los patrones digitalizados como Bosque denso alto de tierra, con el 98.96% de su territorio dentro de la categoría de muy alta vulnerabilidad.

Análisis del Riesgo

La identificación de las amenazas que pueden afectar un área determinada constituye el primer paso en el análisis de riesgos. El conocimiento de la ocurrencia de eventos amenazantes, así como de las características reportadas sobre estos eventos permite determinar el potencial destructivo de los fenómenos que amenazan la cuenca. A partir de la zonificación de la amenaza y del cálculo del índice de vulnerabilidad se determinó para cada uno de los escenarios estudiados los riesgos a los que se encuentra la cuenca por movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales.

Con el fin de identificar zonas críticas en la Cuenca que tengan un riesgo alto y medio frente a la ocurrencia de fenómenos naturales se analizó la posible afectación que pudieran tener las coberturas de la tierra, los municipios y cada una de las subcuencas.

- **Movimientos en Masa**

Los movimientos en masa son fenómenos cuya energía es tan alta, que su intensidad se considera lo suficientemente severa, que cualquier elemento expuesto, en términos prácticos, estaría sujeto a un daño total o parcial. Esto llevo a analizar este tipo de evento de una manera implícita, teniendo en cuenta que la zonificación de amenaza se asemeja en gran medida a la delimitación de zonas de riesgo.

De los análisis realizados para la amenaza por movimientos en masa, se pudo determinar que cerca del 21% de la extensión total de la cuenca se encuentra en riesgo ante la ocurrencia de un fenómeno de estas características.

Las zonas catalogadas en riesgo alto y medio están localizadas en la parte media y alta de la Cuenca del Río Guatapurí. Se caracterizan por estar sobre terrenos montañosos, con pendientes superiores a los 14°, con afectaciones por fracturamiento debido a la influencia de fallas de rumbo y de cabalgamiento, dando origen a movimientos de masa y procesos erosivos intensos.

El municipio que mayor peligro presenta en cuanto al riesgo por movimientos en masa es Valledupar.

Se priorizaron escenarios de riesgo con criterios basados en la vulnerabilidad alta y las condiciones medias y altas de amenaza.

- **Inundaciones**

Las zonas en riesgo por inundaciones se localizan principalmente en la parte baja de la cuenca; el porcentaje de área en riesgo alto, medio y bajo corresponde al 2%, 3% y 95% respectivamente.

Las zonas definidas como de amenaza alta y media, a grandes rasgos se encuentra en zonas de relieve positivo no muy alto a bajo, que permite el desbordamiento de los ríos cuando se da incremento en las precipitaciones, aumentando de igual manera los caudales. En estos sectores hay un predominio de las geoformas fluviales, como planicies de inundación; además en estas zonas de alto riesgo se presentan cambios en los cauces de los drenajes.

De las subcuencas que hacen parte del área en estudio, las subcuencas Guatapurí Bajo, Guatapurí medio, Guatapurí Alto bajo, Capitanejo y el Mangal fueron definidas como de riesgo alto por contener el cauce del Río Guatapurí y sus geoformas fluviales, asociado a su grado de vulnerabilidad alto. Las demás subcuencas en su mayor área se presentan con riesgo bajo debido a sus geoformas no depositacionales y baja vulnerabilidad.

Para el caso de las coberturas de zonas arenosas naturales, mosaicos de pastos y cultivos, tejidos urbanos discontinuos y zonas pantanosas en la parte baja de la cuenca, sus áreas fueron definidas como de alto riesgo; a diferencia de las tierras ubicadas en la parte media y alta de la cuenca, donde predominan las zonas glaciares y nivales, bosque denso, mosaico de cultivos, cultivos agroforestales, cultivos permanentes arbustivos y zonas industriales o comerciales en las que la gran mayoría de su extensión, no estará expuesta al riesgo. Las zonas industriales o comerciales no se encuentran en zonas de riesgo alto debido a que no se encuentran en las zonas aledañas a las planicies de inundación del río Guatapurí en el casco urbano de Valledupar

Las inundaciones son los eventos que mayores pérdidas ocasionan en la Cuenca del Río Guatapurí. El 1.38 % del área total del territorio se encuentra en riesgo alto priorizado por eventos de este tipo. Se destacan escenarios priorizados en las áreas cercanas a geoformas fluviales en las cuales se asientan las comunas 1 y 2 en el casco urbano de Valledupar y en las fincas del margen izquierdo del río Guatapurí en la vereda El Jabo del corregimiento de Guacoche donde los que mayores niveles de vulnerabilidad se presentan. También se encuentran áreas de riesgo priorizados en las zonas aledañas al cauce en la parte media de la cuenca.

Debido al alto riesgo priorizado en la parte baja de la cuenca, se ha venido desarrollado el proyecto Plan Maestro del Ecoparque Lineal del río Guatapurí, donde serán ocho kilómetros de longitud los que se intervendrán, desde el balneario Hurtado hasta las lagunas del

Tarullal. En el margen del río, se ubican varios barrios informales en riesgo de inundación. Por lo cual la intervención de este proyecto generará obras de mitigación como los gaviones que se han construido por la zona del balneario de Hurtado y se reubicará la población en zona de riesgo alto priorizados en los barrios de las Comunas 1 y 2.

- **Avenidas Torrenciales**

Los resultados de la evaluación del riesgo por avenidas torrenciales permiten definir que el 49% del área total de la Cuenca del Río Guatapurí no se encuentra en riesgo, y que por su parte el 50% y 1% restante, presenta un riesgo medio y alto.

A pesar de que son pocas las áreas afectadas por este tipo de eventos, se resalta la presencia de zonas de riesgo medio y alto en las subcuencas de C. Utumeiyi Surivaquita, C. Donachui Alto, C. Sibillinuia, C. Guatapurí medio y C. Guatapurí Alto alto.

Las veredas con un mayor nivel de riesgo falto renten a eventos súbitos como las avenidas torrenciales son: Valledupar Cabecera Municipal, Rio Seco y Guatapurí; solo la vereda de Valencia de Jesús no presenta riesgo frente a eventos torrenciales.

Para las áreas de la cuenca determinadas como escenario priorizado por avenidas torrenciales se implementarían programas en favor de la reducción del riesgo, manejo de desastres y atención temprana.

- **Incendios Forestales**

Para el análisis del riesgo por incendios forestales se concluye que las unidades vegetales y antropizadas definidas como de riesgo alto con mayor ocupación, son aquellas con patrones de bosque denso alto de tierra firme, teniendo en cuenta que el 99.59% de su territorio reporta esta categoría; en este sentido, los mosaicos de cultivos, asociados con coberturas de pastos y espacios naturales, presentan el mismo comportamiento en función de la categoría de riesgo alto en más del 95% de su territorio. Por otro lado, en función de las coberturas antropizadas de mayor riesgo, se identifican aquellas digitalizadas como Red vial, ferroviaria y terrenos asociados, y tejido urbano discontinuo; con porcentajes del 76.82% y 59.66% respectivamente.

Por parte del análisis presentado a nivel de veredas se obtuvo como resultado que las áreas con mayor riesgo por la ocurrencia de un fenómeno amenazante de incendio forestal son la vereda Río Seco, con el 71.23 % de su territorio con categoría de Riesgo Alto, en segundo lugar, se halla la vereda Valledupar Cabecera Municipal con el 46.44 % y en tercer lugar la vereda Atanquez con el 31.86 %, también dentro de la categoría de alta amenaza

7.6.7 Recomendaciones

- Establecer en las áreas de amenaza alta por movimientos en masa, específicamente en la parte media de la cuenca, zonas de protección, en las cuales se restrinja la ubicación de nuevos asentamientos humanos y el desarrollo de cualquier tipo de actividad económica. Cabe mencionar que esta medida deberá ser concertada con cada uno de los actores que hacen parte de la cuenca hidrográfica en estudio.
- Dado que en las zonas de amenaza media y alta por movimientos en masa predomina la cobertura de bosques, la Corporación Autónoma Regional deberá establecer medidas que eviten y controlen su deforestación, disminuyendo así el posible desencadenamiento de un fenómeno de movimiento en masa a causa de la infiltración de la precipitación en el terreno (factor detonante) y el inicio de procesos

erosivos. Se recomienda declarar estas zonas como áreas de protección considerando además su importancia ambiental para la cuenca hidrográfica.

- Con el fin de definir medidas de intervención prospectiva, se recomienda realizar estudios detallados a partir de metodologías determinísticas para la zonificación en aquellas áreas delimitadas con amenaza alta por movimientos en masa. Esto permitiría definir áreas de restricción de acuerdo a criterios de mitigabilidad y a la cantidad de elementos expuestos; así como también permitiría reglamentar los futuros desarrollos de índole económico y urbanístico en estos sectores.
- Fortalecer el sistema de alerta temprana para los eventos extremos detonantes (lluvia y sismo), de tal forma que se prevengan las posibles afectaciones sobre la infraestructura y la pérdida de vidas humanas.
- Mantener la vigilancia de las precipitaciones, mediante la revisión continua de los datos suministrados por las estaciones meteorológicas e hidrológicas instaladas en la extensión superficial de la cuenca, especialmente en los periodos de invierno.
- Impulsar programas de reforestación y recuperación de los territorios desnudos y degradados localizadas en la parte media de la cuenca, ya que estos focos erosivos pueden llegar a convertirse en puntos detonantes de un evento de inestabilidad en las laderas. Se recomienda para ello, la plantación de especies propias de la zona, que favorezcan la infiltración y la fijación del terreno. Las especificaciones y demás consideraciones deberán ser incluidas dentro de un estudio detallado impulsado por la Corporación Autónoma Regional.
- De los resultados de la zonificación de la amenaza se establecieron que al menos 2 centros poblados presentan condiciones de amenaza alta por movimientos en masa (Chesquemena y Guatapuri), por lo que se recomienda como primera medida la ejecución de estudios detallados teniendo en cuenta las consideraciones establecidas en el Decreto 1077 de 2015. A partir de los resultados de estos estudios se deben proponer medidas correctivas encaminadas a la construcción de obras, recuperación geomorfología, reforzamiento estructural de infraestructura entre otras.
- La recomendación principal hace referencia a la necesidad de llevar a cabo estudios detallados a escala 1:5000 o de mayor detalle, que permita conocer el estado actual de la infraestructura expuesta a las amenazas de tipo inundación, avenida torrencial y movimientos en masa. De este modo, se identificarán las propiedades físicas y estructurales que favorecerán la ocurrencia de daños en viviendas, vías y equipamientos.
- De igual forma, el hecho de implementar programas orientados a la recuperación de coberturas boscosas que favorezcan los procesos de infiltración del agua y saturación del suelo. Estas acciones permitirán reducir la erosión y por ende los niveles de amenaza por movimientos en masa y avenidas torrenciales.
- Realizar acercamientos con las comunidades a partir de capacitaciones orientadas a la educación en temas relacionados con el cuidado del medio ambiente, los recursos naturales, métodos constructivos seguros y antisísmicos, importancia de la protección de zonas de riesgo alto, y respuesta ante emergencias relacionadas con fenómenos de origen natural como los incendios forestales.

- Para las zonas señaladas de riesgo alto y, específicamente, aquellas priorizadas por movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales e incendios forestales se recomienda dar soluciones en favor de la reducción del riesgo, del conocimiento del riesgo y del manejo de desastres.
- Los centros urbanos correspondientes a las zonas identificadas con tejidos urbanos continuos y discontinuos merecerían la ejecución de estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en un nivel de escala más detallado. En éste se tendrían en cuenta aquellas zonas de expansión urbana, el funcionamiento de los sistemas de alcantarillado y otros elementos que son de vital importancia en la región.
- Del análisis de riesgo implícito realizado para los eventos de tipo movimiento en masa se desprenden algunas recomendaciones para aquellas zonas no ocupadas (intervenciones prospectivas) en las cuales según su nivel de afectación (muy factible, factible o poco factible) se deben implementar acciones con el fin de reducir el riesgo y la exposición. El establecimiento de zonas de protección forestal y rondas hídricas es uno de los determinantes en el uso de suelos con afectación muy factible que evitarían la generación de nuevos escenarios de riesgo. Los usos de suelo que se pudieran permitir en zonas de afectación factible para áreas no ocupadas serían: agrícola, pecuario, forestal, agroforestal, y actividades análogas compatibles con el uso del mismo.
- Entre las exigencias (intervención prescriptiva) a tener en cuenta estarían la identificación de zonas en las cuales se pudiese reducir la amenaza de alta a media o moderada, el control del aumento del riesgo en zonas no ocupadas y la protección de aquellas que ya lo están.
- Asimismo, es pertinente la implementación de sistemas de alerta temprana basados en el monitoreo de una red hidrometeorológica que indique los valores máximos y mínimos de variables de precipitación, temperatura y niveles de caudales con el fin de favorecer las labores de atención de desastres y evacuación temprana en casos de emergencia por fenómenos naturales de tipo hidrometeorológico.
- Se recomienda generar planes de manejo de cuencas y microcuencas que protejan las zonas altas con el fin de disminuir la probabilidad de ocurrencia de los eventos amenazantes que puedan desencadenar en fenómenos tales como avenidas torrenciales, movimientos en masa, incendios forestales e inundaciones los cuales son complejos por su dinámica y por el alcance de sus efectos.
- Desarrollar talleres de capacitación con el fin de dar herramientas para que la comunidad tenga el criterio técnico de identificar eventos de inundación con respecto a eventos torrenciales, ya que se evidenció en la cuenca más reportes en los diagnósticos participativos referente a inundación y por la forma del evento eran más de carácter torrencial.
- Para la prevención y combate de incendios forestales, es recomendable la creación de barreras o líneas cortafuego, las cuales se basan en la elaboración de franjas de terreno a modo de cunetas libres de cualquier tipo de combustible vegetal que de una u otra forma pueda facilitar la propagación del fuego. Estas líneas cortafuegos pueden estar acompañadas de a técnica de reordenación vegetal en áreas próximas a su construcción, la cual consiste en modificar la estructura de la vegetación,

alterando su continuidad horizontal y vertical y así reducir la cantidad de material combustible.

- Si se plantearan alternativas de reforestación y/o restauración, es recomendable realizar estudios de conflagración a las especies que posiblemente puedan ser implementadas, con el fin de intercalar las especies más resistentes al fuego con otras que no lo sean tanto.
- Como el área perteneciente a la Cuenca del Río Guatapurí es una zona altamente frecuentada por turistas, los cuales desarrollan actividades recreativas, se recomienda la implementación de vallas que informen a la comunidad sobre el alto riesgo que tiene la zona ante la ocurrencia de incendios forestales e informar la peligrosidad de elaborar fogatas especialmente en temporadas críticas de verano.
- Implementar cuadrillas de vigilancia que puedan estar al tanto de las condiciones del clima sobre la vegetación, especialmente en las áreas identificadas como de alta amenaza ante la ocurrencia de incendios forestales.
- Realizar charlas y capacitaciones a las comunidades acerca de los procesos culturales de quema que ellos mismo realizan como acción previa a los cultivos, concientizar sobre los impactos que estas actividades pueden causar al momento de la generación de un incendio o conato, cómo actuar en caso de emergencia y cómo reportar su aparición. Así mismo, se recomiendan realizar simulacros periódicos para fortalecer las capacidades adquiridas durante el desarrollo de los cursos.
- Es importante tomar registros diarios según los reportes satelitales ya sean de focos de calor o por la detección satelital empleada por el IDEAM, principalmente en las épocas de verano, lo cual puede generar una re estructuración a los recorridos de las brigadas.