

Municipio de Cajicá

Cundinamarca

Amenazas Capítulo 4. Estudio

Básico de Amenaza por

Avenidas Torrenciales

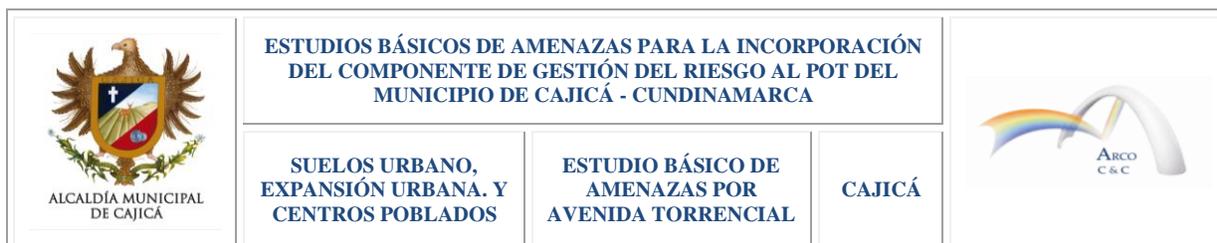


2021



ÍNDICE

2.4 Amenaza por avenidas torrenciales	6
2.4.1 Antecedentes	9
2.4.1.1 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales – escala rural	15
2.4.2 Condiciones hidrológicas	17
2.4.3 Caracterización de las condiciones geológicas y geomorfológicas	22
2.4.3.1 Unidades geológicas superficiales	22
2.4.3.2 Geomorfología	24
2.4.3.3 Coberturas y usos del suelo	26
2.4.3.4 Pendiente	27
2.4.4 Caracterización de la producción y aporte de sedimentos	28
2.4.5 Zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales	30
2.4.6 Conclusiones	53
2.4.7 Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza y condición de riesgo; Suelos Urbanos	53
2.4.7.1 Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza	53
2.4.7.2 Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo	55
2.4.8 Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza y condición de riesgo; Centros Poblados	56
2.4.8.1 Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza	56
2.4.8.2 Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo	58
2.4.9 Medidas de Intervención	59
BIBLIOGRAFÍA	61



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Delimitación del casco urbano y centros de expansión de Cajicá.....	8
Ilustración 2 Localización de avenida torrencial.....	10
Ilustración 3 Delimitación de una avenida torrencial y subdivisión de sus evidencias morfológicas.....	11
Ilustración 4 Unidades observables en el cauce torrencial.....	12
Ilustración 5 Canal intermitente y unidades denudacionales asociadas	13
Ilustración 6. Perfil de un flanco del cauce torrencial	14
Ilustración 7. Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en escala rural	16
Ilustración 8. Precipitación anual promedio	18
Ilustración 9. Precipitaciones máximas para tiempos de recurrencia de 100 años	19
Ilustración 10. Delimitación de unidades hidrográficas y sistema de drenajes del municipio de Cajicá.....	21
Ilustración 11. Mapa de UGI y puntos de exploración para el área del suelo urbano, de expansión urbana y centros poblados, municipio de Cajicá, Cundinamarca.....	23
Ilustración 12. Perfil esquemático A-A' de UGS para el área del suelo urbano, suelo de expansión urbana y centros poblados del municipio de Cajicá, Cundinamarca.	24
Ilustración 13. Geomorfología del casco urbano de Cajicá	25
Ilustración 14. Coberturas y usos del suelo en el municipio de Cajicá	26
Ilustración 15. Grado de pendiente en el casco urbano y los centros de expansión del municipio de Cajicá	28
Ilustración 16. Zonificación de amenaza por movimientos en masa en el área urbana y centros poblados..	29
Ilustración 17. Zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales en el área urbana	31
Ilustración 18. Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro urbano principal.....	32
Ilustración 19. Zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales en el suelo urbano de expansión	33
Ilustración 20. Zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales en los centros poblados	34
Ilustración 21 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el suelo urbano Capellanía.....	35
Ilustración 22 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Rincón Santo	36



Ilustración 23 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Prado37

Ilustración 24 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Pablo Herrera38

Ilustración 25 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Los Sereneos.....39

Ilustración 26 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Los Pasos.....40

Ilustración 27 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Los León41

Ilustración 28 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado La Palma42

Ilustración 29 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado La Florida43

Ilustración 30 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado La Esperanza44

Ilustración 31 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado El Misterio.....45

Ilustración 32 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Canelón.....46

Ilustración 33 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Camino Los Vargas47

Ilustración 34 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Calahorra48

Ilustración 35 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Barro Blanco49

Ilustración 36 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Aguanica50

Ilustración 37 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Santa Inés51

Ilustración 38. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza54

Ilustración 39. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo.....56

Ilustración 40. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza57

Ilustración 41. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo.....59

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	CAJICÁ	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorización de la Amenaza por Avenidas Torrenciales para el suelo urbano de Cajicá	30
Tabla 2. Resumen de la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el área urbana	52

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	

2.4 Amenaza por avenidas torrenciales

Los desastres vinculados con fenómenos naturales han aumentado significativamente, tanto en número como en magnitud de los daños causados. Este panorama no ha sido ajeno a Colombia, en gran parte del país han ocurrido afectaciones ocasionadas por fenómenos hidrometeorológicos, retroalimentadas a su vez por el deterioro de las condiciones sociales, económicas, ambientales e institucionales, elementos claves para la generación de desastres socio-naturales.

Las avenidas torrenciales, en ocasiones llamadas crecientes, avalanchas, crecidas, o torrentes, son una amenaza en cuencas de alta montaña, junto con los fenómenos erosivos y los movimientos en masa, y hacen parte de los procesos naturales de denudación de la corteza terrestre. Esto implica que no son susceptibles de total manejo para su mitigación, pero el riesgo que pueden generar si puede ser evitable o reducido.

Una avenida torrencial consiste hidráulicamente en un flujo torrencial caracterizado por contener un alto porcentaje de material sólido (que incrementa considerablemente la viscosidad y densidad del flujo, disminuyendo su velocidad), y cuyo material está compuesto de una matriz fina capaz de soportar sedimento grueso y restos vegetales, recorriendo cauces generalmente de altas rugosidades y pendientes. Estos eventos son impredecibles y ocurren de forma súbita, en periodos de tiempo muy cortos, con largos periodos de retorno para un mismo lugar y con una distribución temporal y espacial errática (Durán, Elízaga, Garzón, Lamas, & Prieto, 2008), (Piedrahíta, 1996).

Este tipo de eventos se presentan cuando se presenta un evento de lluvia de alta intensidad que genera un incremento súbito de caudales en pocas horas, generando la saturación de los materiales de las laderas y facilitando el desprendimiento del suelo, produciéndose de esta manera numerosos desgarres superficiales y deslizamientos. Todo el material desprendido de las laderas del cauce es incorporado al mismo y es transportado inmediatamente aguas abajo o queda inicialmente represado y luego, una vez que se rompe el represamiento, es transportado violentamente de forma repentina (Urrea & Vásquez, 1996), (Rendón, 1997), (Castro, 2007). En otras ocasiones se puede presentar el evento sin un desgarramiento de material previo, contando con partículas sólidas encontradas in situ antes del evento de lluvia detonante.

Una cuenca puede generar una avenida torrencial si presenta potencialidad para el desarrollo de la generación de un fluido con altas concentraciones, características y condiciones que se enumeran a continuación:

- ✓ Gradientes topográficos altos y áreas medias, lo que implica rápidos tiempos de concentración y altas velocidades de las corrientes (Caballero & Mejía, 1998).
- ✓ Condiciones hidrológicas extremas: Precipitaciones de gran intensidad, concentradas sobre la cuenca o parte importante de ésta. Se debe contar con un aumento del canal capaz de suspender, remover y depositar el material existente o potencial.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	CAJICÁ	

- ✓ Disponibilidad de sedimento (existencia de gran cantidad de material sólido que drena a la cuenca especialmente a los drenajes de primeros órdenes): debe ser caracterizado por ser fino granular (limos y arcillas) que puedan ser puestos en movimiento por la creciente. Las fuentes de estos materiales pueden ser movimientos en masa o focos de erosión existentes, grupos de movimientos en masa generados durante el mismo evento climático (se debe requerir disposición de material sobre las laderas), material depositado en las vertientes por procesos constructivos, colapso de las márgenes de la vertiente.
- ✓ Baja cobertura vegetal que produzca un bajo soporte y estabilización natural de laderas.
- ✓ Cambios bruscos en el gradiente de la corriente hídrica, lo que facilita la acumulación de los sedimentos transportados desde la cuenca alta o media. En algunos casos, puede darse acumulación de sedimentos por el ensanchamiento abrupto del cauce mayor o reducción de este. Dichas condiciones se ven caracterizadas por la rugosidad del canal y de sus contracciones.
- ✓ Condiciones geomorfológicas: Si los canales presentan conos aluviales con una inclinación suficiente para generar la cantidad de movimiento para remover dicho material, además estos depósitos son relictos de actividades aluviales previas en el drenaje.

Dentro de la evaluación de las condiciones que puedan propiciar la ocurrencia de avenidas torrenciales en el casco urbano del municipio de Cajicá y las posibles cuencas torrenciales, es pertinente caracterizar las variables que aumentan la susceptibilidad del mismo para establecer la zonificación de amenazas por avenidas torrenciales en la cabecera municipal. El área de estudio se muestra en la Ilustración 1.



ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

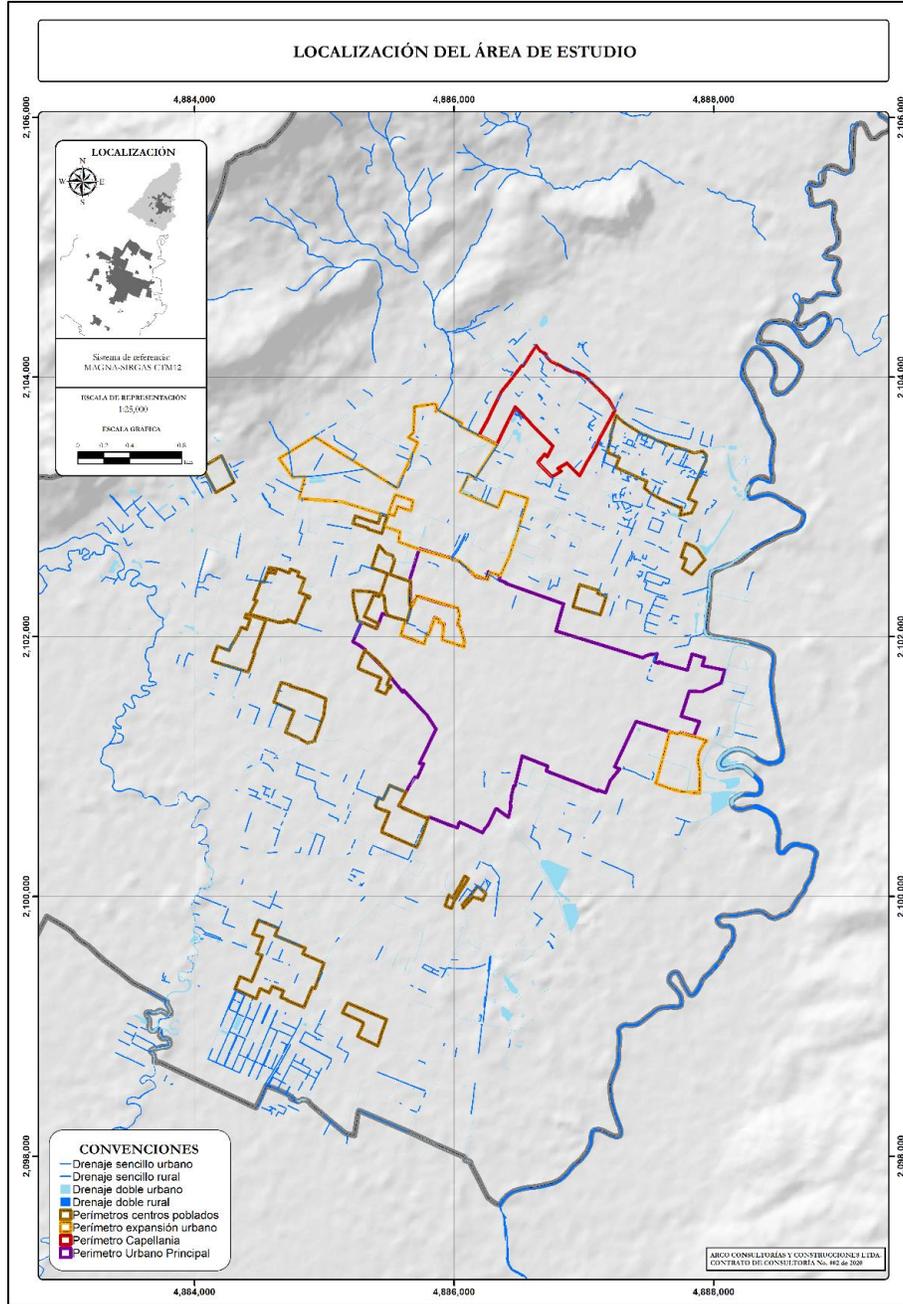


Ilustración 1. Delimitación del casco urbano y centros de expansión de Cajicá

Fuente: Arco C&C, 2021



 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	

2.4.1 Antecedentes

Dentro de la evaluación de los antecedentes de avenidas torrenciales en el casco urbano y los centros poblados del municipio de Cajicá, se hizo una exhaustiva revisión de información secundaria para obtener un panorama detallado de la amenaza potencial en la región. Las fuentes evaluadas se muestran a continuación:

- ✓ Plataforma SIMMA del Servicio Geológico Colombiano.
- ✓ Base de datos DesInventar.
- ✓ Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres de Cajicá SIGRD.
- ✓ Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca Hídrica (POMCA) del Río Bogotá.
- ✓ Base de datos de la Gobernación de Cundinamarca.
- ✓ Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Cajicá.
- ✓ Zonificación de puntos críticos y base de datos de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR.
- ✓ Secretaría de Medio Ambiente.
- ✓ Reportes del Acueducto y alcantarillado de Cajicá.
- ✓ Noticias, periódicos, portales de información.

Dentro del compilado de la información de las plataformas evaluadas, únicamente se encontró un registro histórico de avenidas torrenciales en el municipio. Este evento está consignado en la página “DesInventar” e informando sobre un evento a nivel rural (sin localización conocida) que tuvo lugar el día 23 de abril de 2011, año de ocurrencia del Fenómeno de La Niña, cuyas consecuencias no fueron cuantificadas.

Los principales eventos que han tenido lugar en el municipio son de tipo inundaciones e incendios forestales, problemáticas asociadas a la baja pendiente del casco urbano del municipio y a condiciones climáticas adversas. Caso contrario, no existen avenidas torrenciales que hayan sido documentadas en la cabecera municipal ni en los demás centros poblados de Cajicá, información que sugiere la baja probabilidad de ocurrencia de la misma.

No obstante, en el marco de la revisión de puntos potencialmente críticos ante la ocurrencia de procesos degradativos a nivel rural, se encontró una unidad hidrográfica en la vereda Chuntame (Ilustración 2), dentro de una plantación de eucalipto, con presencia de depósitos de carácter torrencial en su cauce, y exhibiendo la amenaza potencial del territorio a este tipo de procesos degradativos.



ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

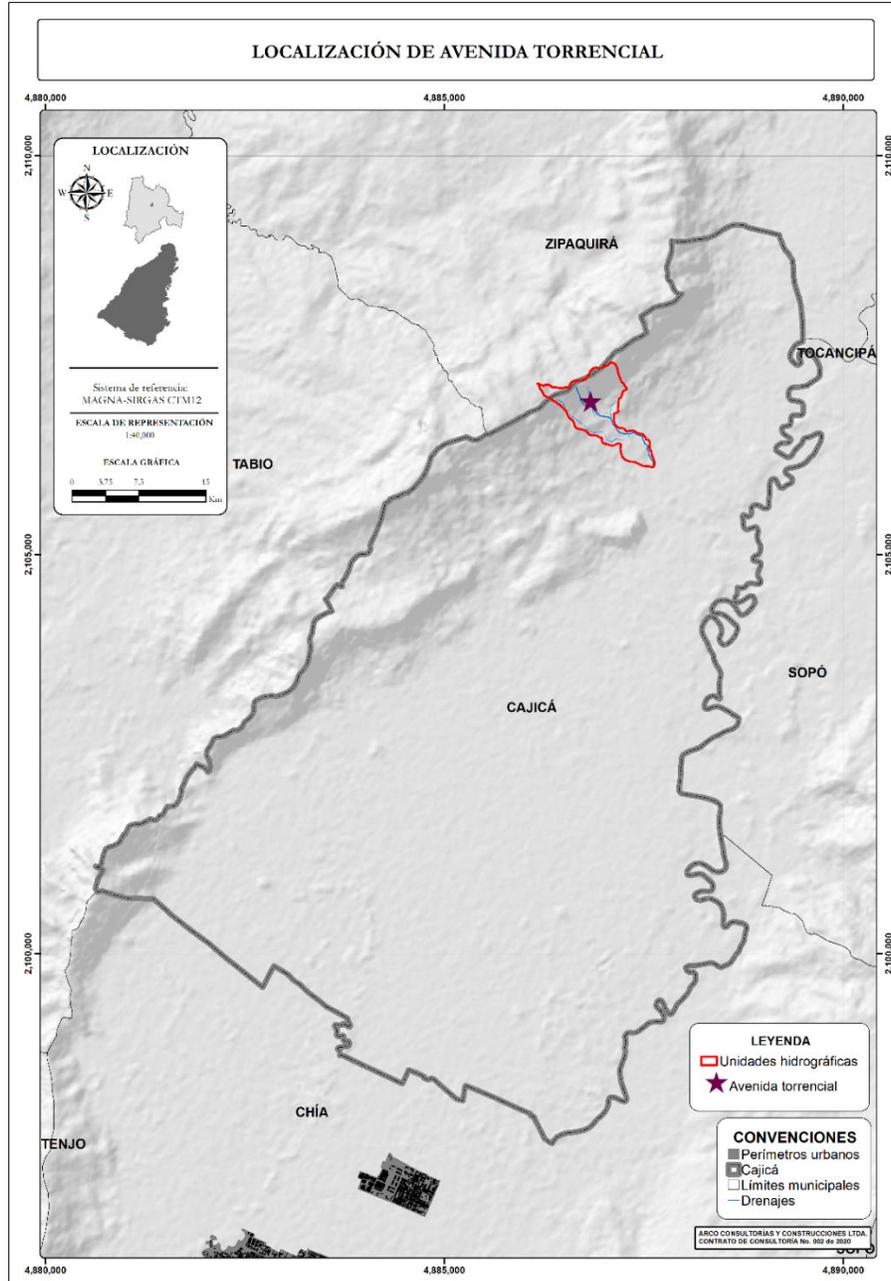


Ilustración 2 Localización de avenida torrencial

Fuente: Arco C&C, 2021



 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	

Además de la localización del depósito torrencial, es importante entender la morfología del mismo en la cuenca, debido a que las evidencias que dejan este tipo de eventos son bastante características. La Ilustración 3 muestra la zona de detonación, tránsito y depósito del mismo.



Ilustración 3 Delimitación de una avenida torrencial y subdivisión de sus evidencias morfológicas
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

En la zona de detonación del evento se encuentra la región de mayores pendientes y régimen de humedad respecto a la cabecera municipal, donde inicia el arrastre de material de la ladera de la montaña pendiente abajo. La zona de tránsito hace alusión a la parte del cauce colmatado de sedimentos donde se ha movilizado el material incorporado al drenaje aguas arriba. Finalmente, la zona de depósito es aquella región donde se suaviza la pendiente del canal y pierde caudal, generando el asentamiento del material particulado en forma de abanico.

Dentro de los factores geológicos dominantes en la ladera occidental del municipio de Cajicá, esta se compone principalmente de intercalaciones entre areniscas y lodolitas pertenecientes al Grupo Guadalupe (formaciones Labor y Tierna, Plaeners y Arenisca Dura) y a la Formación Chipaque. Las arenitas más competentes repercuten en altas pendientes y un fuerte gradiente altitudinal en algunos sectores de la cadena montañosa.

En adición a esto, sobre el lecho rocoso, en el cauce torrencial, se encuentra un depósito no litificado que cubre la formación geológica infrayacente, como se observa en la Ilustración 4.



Ilustración 4 Unidades observables en el cauce torrencial
Fuente: Arco Consultorías & Construcciones Ltda., (2021).

Es posible observarse a su vez, el material vegetal residual del proceso de deforestación masivo presente en la cuenca previo a la plantación de eucalipto, cultivo predominante en el terreno evaluado.

Respecto a su geomorfología, la dirección de buzamiento de las formaciones sedimentarias hacia el oriente (Servicio Geológico Colombiano, 2015) y las altas pendientes sugieren la presencia de la unidad geomorfológica “ladera de pendiente estructural” perteneciente al ambiente estructural. No obstante, hay evidencias del ambiente denudacional sobre la cuenca en cuestión al apreciarse la existencia de material no consolidado en el canal (Ilustración 5).

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	



Ilustración 5 Canal intermitente y unidades denudacionales asociadas

Fuente: Arco Consultorías & Construcciones Ltda., (2021).

En adición a esto, los bordes del canal intermitente (Ilustración 6) exhiben un depósito matrisoportado, con una mala selección de clastos, sin imbricación u orientación preferencial de los mismos, alta angularidad y una matriz limosa. Teniendo en cuenta la alta pendiente, lo cual condiciona la formación de coluviones, y la falta de redondeamiento que sugeriría un ambiente fluvial, se concluye que el depósito sobre el que se sitúa el cauce torrencial es de origen glaciar.

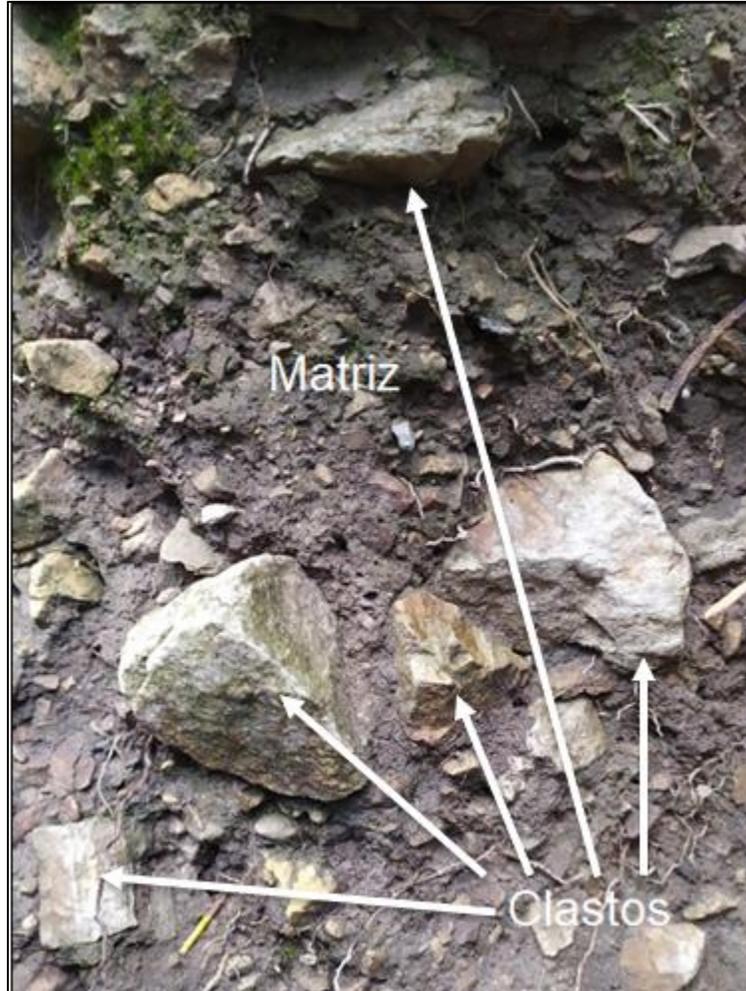


Ilustración 6. Perfil de un flanco del cauce torrencial
Fuente: Arco Consultorías & Construcciones Ltda., (2021).

Existe a su vez desarrollo de suelo, principalmente enriquecido de materia orgánica (horizontes “O” y probablemente “A”) y de baja evolución por la alta pendiente que favorece los procesos erosivos superficiales.

A partir de los aspectos intrínsecos del terreno descritos, se concluye que las altas pendientes y la presencia de depósitos no litificados asociados al cauce, favorecen la ocurrencia de eventos torrenciales cuando se presenten volúmenes de precipitación extremos que generen caudales suficientes para transportar el material a disposición en el cauce aguas abajo.



No obstante, las características descritas de un cauce con características torrenciales, no ha sido observado en campo ni a partir de sensores remotos en la cabecera municipal, sugiriendo, junto con la ausencia de eventos históricamente registrados en el casco urbano del municipio, que no existe una amenaza potencial por avenidas torrenciales en la cabecera municipal ni los centros poblados. En adición a esto, el pequeño tamaño de las cuencas, el régimen climático y la caracterización de la avenida torrencial en la región rural como un evento local y de pocas dimensiones, sugieren que no se cuenta con afectación indirecta o directa de los procesos degradativos de la alta montaña en el área urbana.

2.4.1.1 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales – escala rural

La caracterización de la amenaza por avenidas torrenciales a nivel rural en el municipio de Cajicá (ver capítulo 1.4) sirve como un insumo para evaluar los resultados obtenidos en escala 1:10.000 para el área urbana y los centros poblados, donde se ha determinado una amenaza baja en el área de interés.

La metodología para caracterizar la amenaza en escala se hizo a partir del análisis de aporte de sedimentos mediante la estimación de material sólido generado por procesos erosivos y de movimientos en masa de las laderas potencialmente inestables. Esto para determinar la concentración volumétrica de los drenajes del municipio, es decir, la proporción de material particulado respecto al volumen de agua de los cauces principales y modelar el flujo hiperconcentrado de lodo y detritos siguiendo las ecuaciones de mecánica de fluidos y de ondas dinámicas. Proceso se realizó bajo tres escenarios, correspondientes a los periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años.

La Ilustración 7 muestra los resultados obtenidos de la zonificación de amenaza a nivel rural para el municipio de Cajicá, adaptado a la escala de trabajo a nivel urbano.



ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDAS TORRENCIALES

CAJICÁ

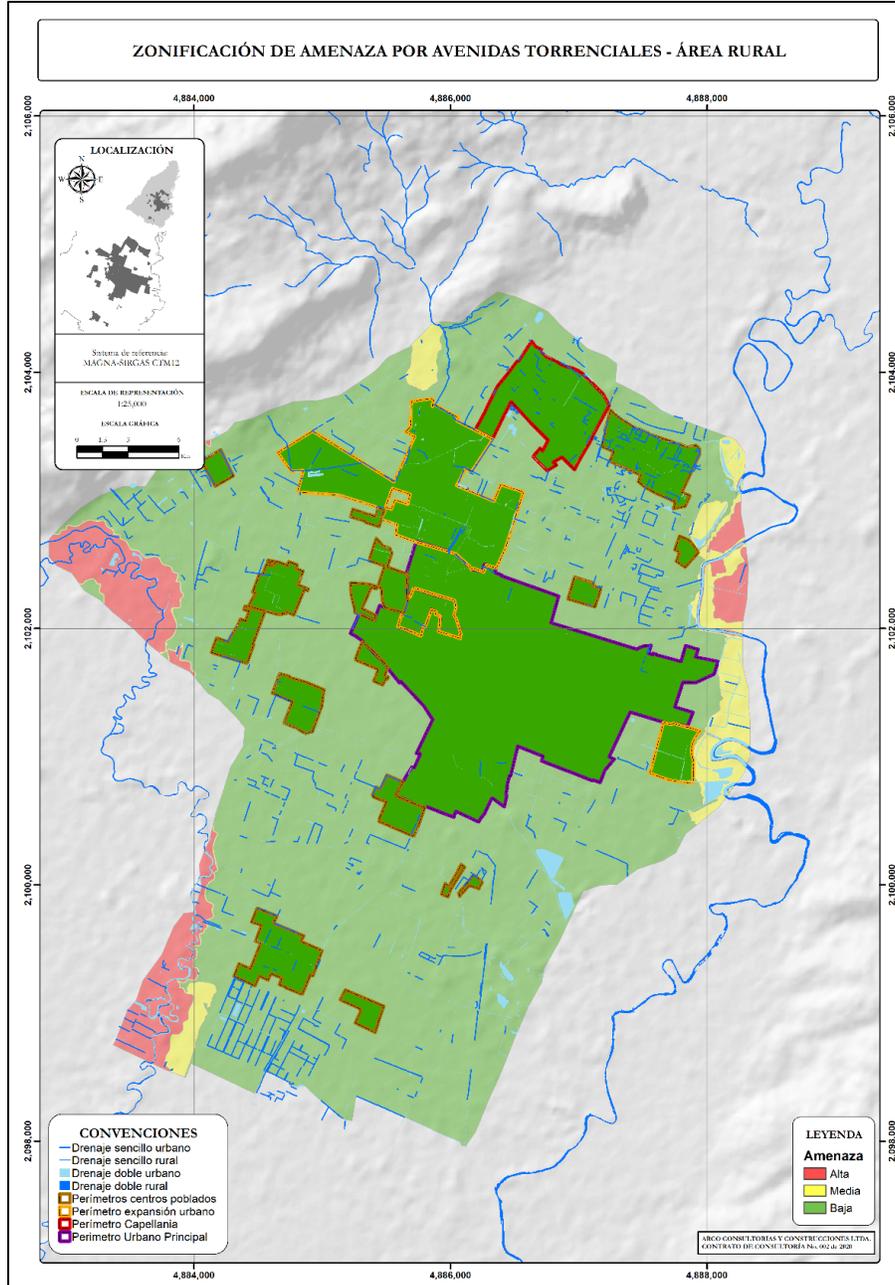


Ilustración 7. Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en escala rural

Fuente: Arco C&C, 2021





Conforme los resultados obtenidos, la modelación numérica sugiere que no existe aporte suficiente de sedimentos, ni caudales significativos en los drenajes evaluados para transportar material sólido y desencadenar avenidas torrenciales en el área urbana del municipio, derivando en una zonificación de amenaza baja para el territorio comprendido por la cabecera municipal, centros poblados y suelos de expansión de Cajicá.

Así mismo, los grados de amenaza medio y alto se encuentran restringidos a los drenajes de alta montaña, junto con los ríos Frío y Bogotá, donde no se observa afectación directa o indirecta sobre las áreas urbanas del municipio.

2.4.2 Condiciones hidrológicas

Entendiendo a las precipitaciones como fenómeno atmosférico más relevante para el análisis de amenazas por avenidas torrenciales en el casco urbano del municipio de Cajicá, es importante determinar las características promedio de esta variable para obtener los volúmenes de lluvias que se depositan sobre la cabecera municipal.

Haciendo uso de los datos pluviométricos de las estaciones meteorológicas disponibles en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, se interpolaron los datos existentes en las estaciones emplazadas dentro y en cercanías del municipio en el Sistema de Información Geográfica “ArcGIS”, cuyo resultado se exhibe en la Ilustración 8.

El mapa de isoyetas muestra la tendencia del casco urbano y centros poblados a presentar lluvias del orden de los 850mm, disminuyendo ligeramente en cercanías del Río Bogotá, e incrementando hacia la ladera occidental del municipio.



ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

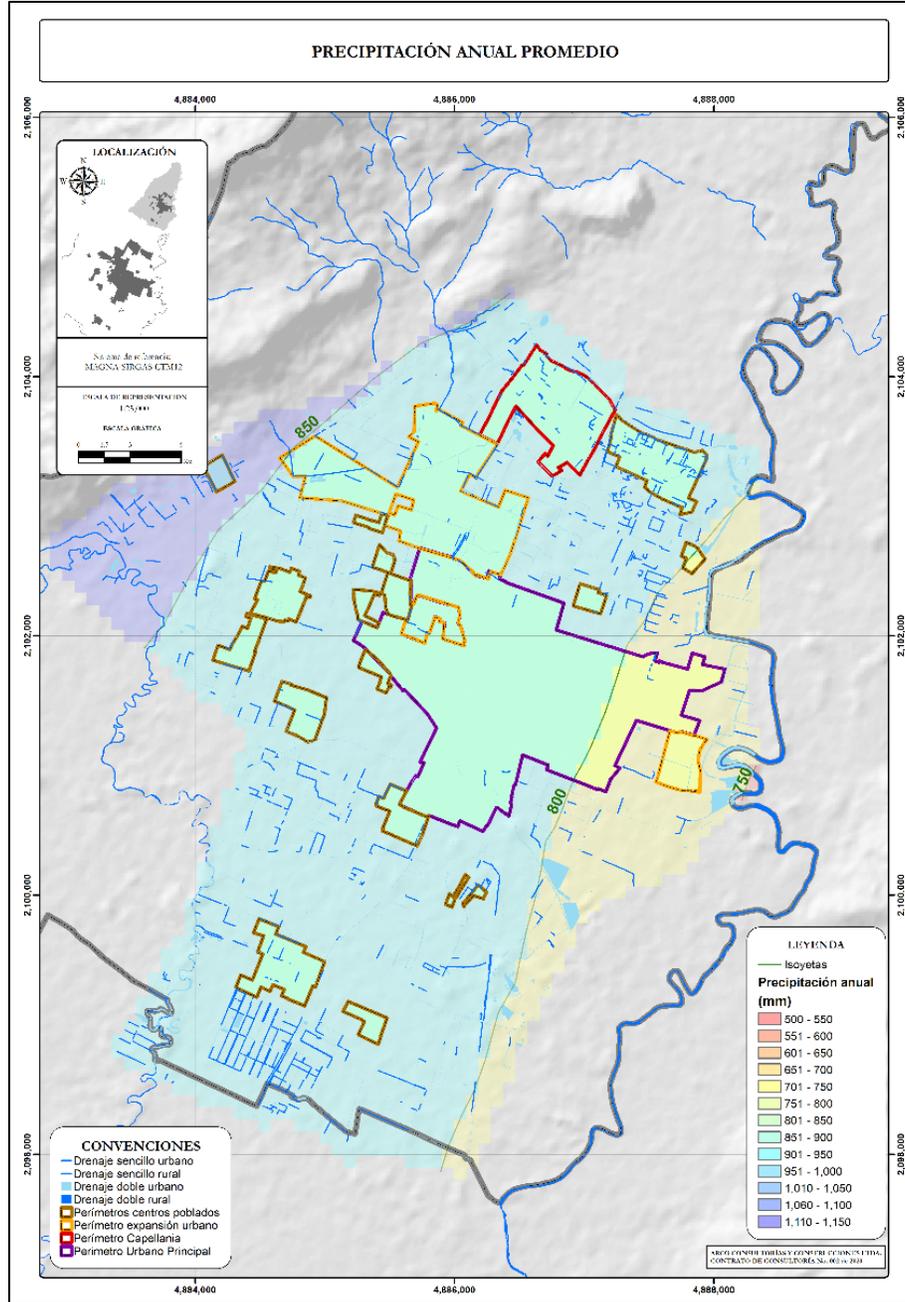


Ilustración 8. Precipitación anual promedio

Fuente: Arco C&C, 2021



Buscando estimar las precipitaciones máximas para periodos de retorno de 100 años, y haciendo uso de la función de distribución de tipo Gumbel, se pronosticaron los valores de lluvias más intensas esperadas para el casco urbano y los centros poblados del municipio de Cajicá (Ilustración 9).

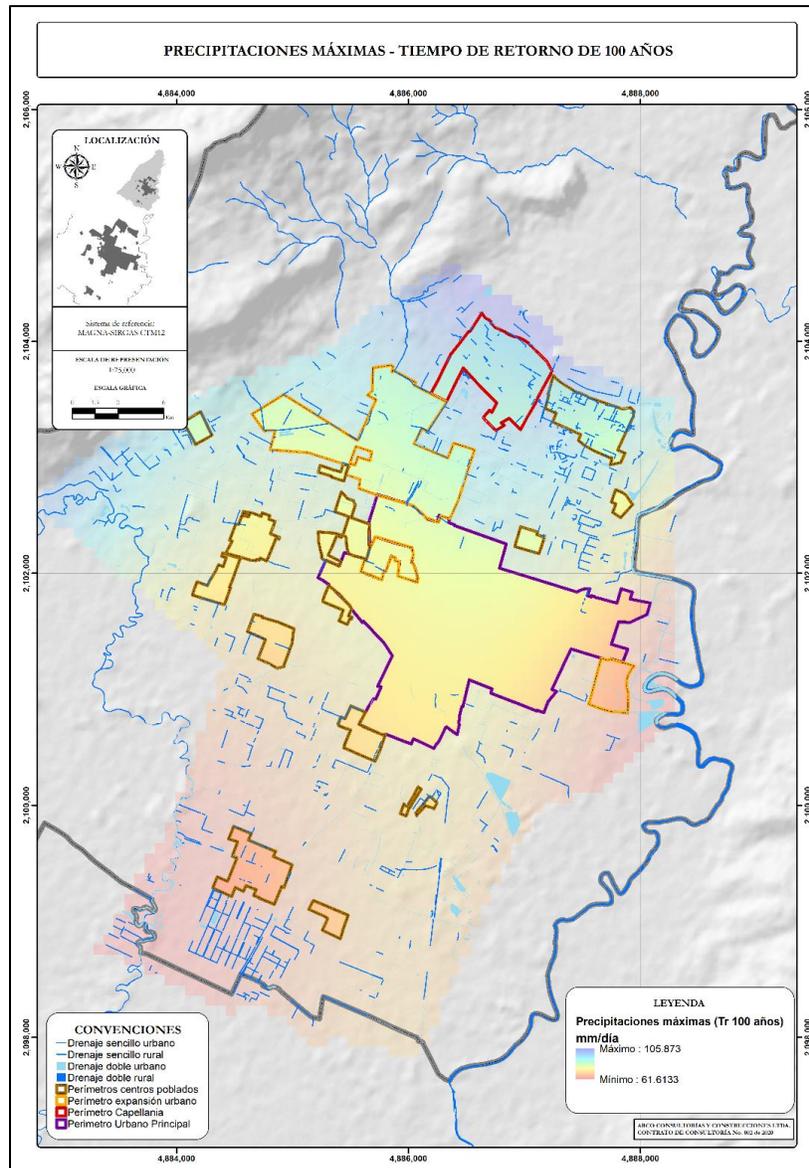


Ilustración 9. Precipitaciones máximas para tiempos de recurrencia de 100 años

Fuente: Arco C&C, 2021



En la región norte del caso urbano del municipio hay un leve incremento de las lluvias máximas esperadas, siendo del orden de los 100 mm en una recurrencia de 100 años, valores que decrecen hacia el suroriente de la cabecera municipal, contando con lluvias máximas esperadas del orden de los 60mm, volúmenes que no son exorbitantes de esperarse para una recurrencia de tantos años, sugiriendo la presencia esporádica de lluvias de altas intensidades, pero no de magnitudes críticas que puedan favorecer la ocurrencia de avenidas torrenciales.

Al analizar la distribución temporal de avenidas torrenciales en los Andes colombianos, se ha establecido una clara correlación entre la frecuencia de estos eventos con la ocurrencia del fenómeno de variabilidad climática “El Niño Oscilación del Sur” en su fase fría o La Niña (Aristizábal, Arango Carmona, & García López, 2020). Es importante recalcar que esta anomalía atmosférica repercute, en la zona cordillerana, en un aumento considerable de los volúmenes de precipitación promedio e incrementa, por tanto, la presencia de lluvias extremas que propician avenidas torrenciales, movimientos en masa, deslizamientos, flujos e inundaciones en el territorio.

La región evaluada cuenta con promedios de precipitación anuales del orden de los 800mm, contando con sus valores máximos en los meses de marzo-abril y octubre-noviembre en respuesta al doble paso de la Zona de Confluencia Intertropical sobre el territorio colombiano. Ante la ocurrencia del ENSO en su fase La Niña de 2010-2011, en el mes de abril, por ejemplo, se registraron más de 250mm de lluvias con una precipitación diaria máxima del orden de los 43mm, siendo estos valores significativamente altos y peligrosos al sobrepasar el agua que puede almacenar el suelo sin romperse su tensión superficial y desencadenar procesos erosivos.

En adición a esto, debido a las condiciones climáticas de baja humedad en la región, es necesario contar con eventos de lluvias extremos y/o de larga duración para generar un caudal suficiente para arrastrar material de gran tamaño y desencadenar una avenida torrencial. Estas precipitaciones de alta intensidad se presentan con mayor probabilidad en los periodos de tiempo de ocurrencia del Fenómeno de La Niña, aunque existen otros procesos atmosféricos de variabilidad climática como la Oscilación Cuasi-Bienal y la Oscilación Madden-Julian que aumenta la nubosidad en el territorio colombiano y genera anomalías positivas de lluvias en la zona.

Es importante aclarar que, la gran mayoría del territorio comprendido por el casco urbano de Cajicá hace parte de la cuenca alta del Río Bogotá, más específicamente a la llanura de inundación de los ríos Frío y Bogotá. En adición a esto, no se encuentran microcuencas o divisorias claras de aguas que permita delimitar unidades hidrográficas dentro de la cabecera municipal, como se observa en la Ilustración 10.



ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

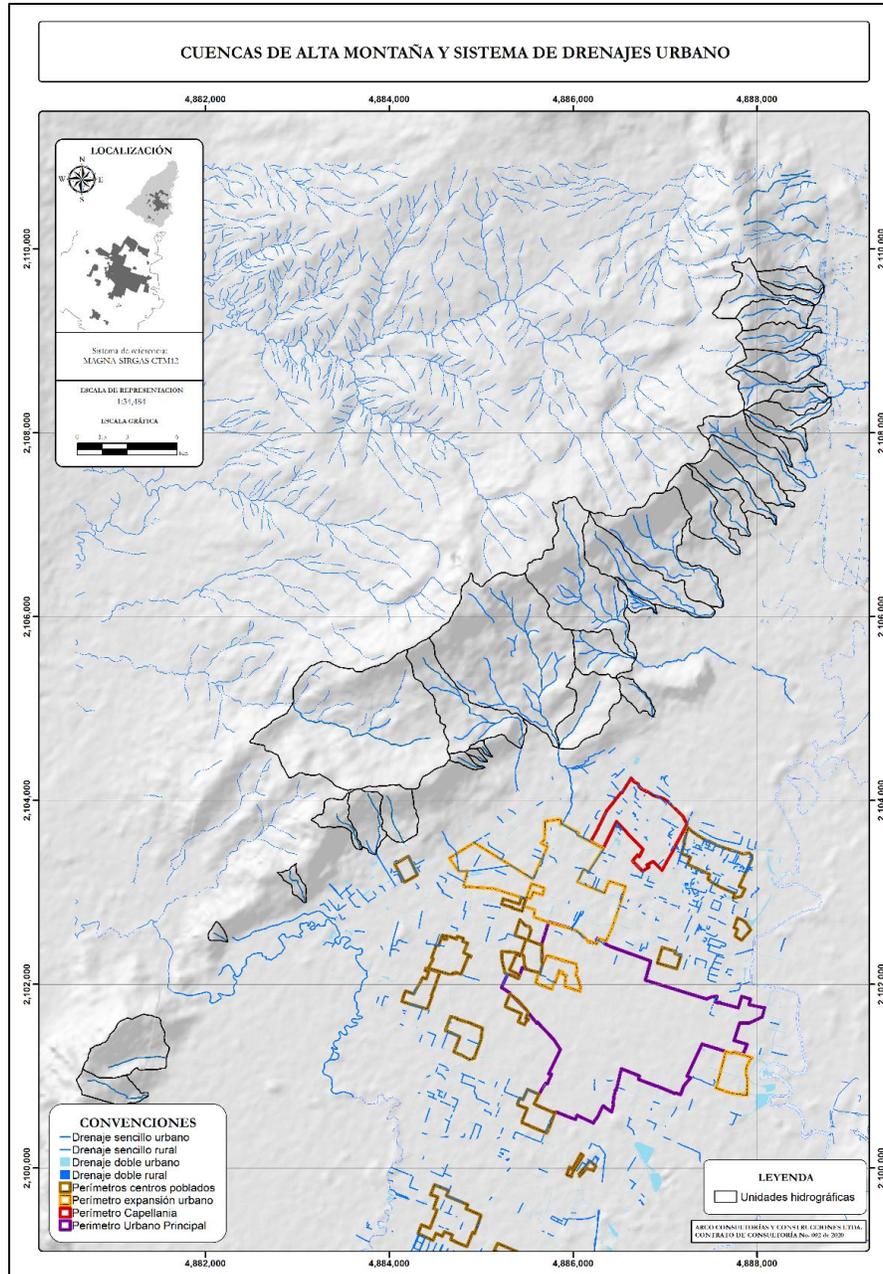
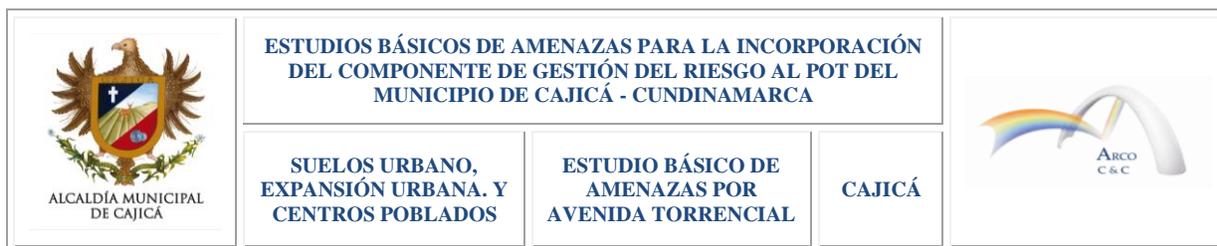


Ilustración 10. Delimitación de unidades hidrográficas y sistema de drenajes del municipio de Cajicá

Fuente: Arco C&C, 2021





Se aprecia claramente que los drenajes localizados dentro del casco urbano y los demás centros urbanos corresponden al sistema de vallados y canales que alimentan el sistema de riego de Cajicá. Mientras que los drenajes naturales no tienen parte de su recorrido en la delimitación urbana, implicando la inexistencia de cuencas potencialmente torrenciales en el territorio, y que las cuencas del margen occidental del municipio no tienen influencia en los drenajes ni el área urbana.

2.4.3 Caracterización de las condiciones geológicas y geomorfológicas

Dentro de la evaluación de las características físicas del territorio comprendido por el área urbana y los centros poblados del municipio de Cajicá, es importante determinar las condiciones geológicas y geomorfológicas dominantes en la región, características propias del terreno que propician o limitan la ocurrencia de avenidas torrenciales.

2.4.3.1 Unidades geológicas superficiales

Para entender el comportamiento geomecánico del suelo, es pertinente evaluar las unidades geológicas superficiales en el casco urbano del municipio de Cajicá, dentro de este proceso se diferencian los materiales entre suelos o rocas, junto con la calidad y competencia de las mismas para entender las propiedades físicas del terreno. El mapa de Unidades Geológicas Superficiales (UGS) se presenta en la Ilustración 11, donde se muestra a su vez el trazo de un corte explicativo definido por la línea A-A' (Ilustración 12) , para evaluar la disposición de las capas a profundidad.

A partir de los resultados obtenidos, se aprecia que la unidad geológica dominante sobre casi la totalidad del territorio comprendido por los centros poblados y de expansión urbana del municipio de Cajicá es la correspondiente a “ Suelo Transportado lacustre – Formación Sabana”, conformado principalmente por castos arenosos angulares embebidos en una matriz arcillosa, sugiriendo que se trata de un depósito no litificado asociado al Río Bogotá.

Así mismo, este suelo transportado se dispone a lo largo del corte esquemático realizado, suprayaciendo otro depósito cuaternario e implicando que se trata de una extensa capa de material no consolidado a lo largo del territorio, partículas que potencialmente se pueden desprender y agregarse a un cauce para elevar la carga sedimentaria en el drenaje y producir un evento torrencial. No obstante, dada la pendiente del canal, los

drenajes discontinuos e intermitentes del municipio no cuentan con caudal suficiente para transportar clastos de tamaños considerables, limitando la presencia de avenidas torrenciales en el casco urbano del municipio.

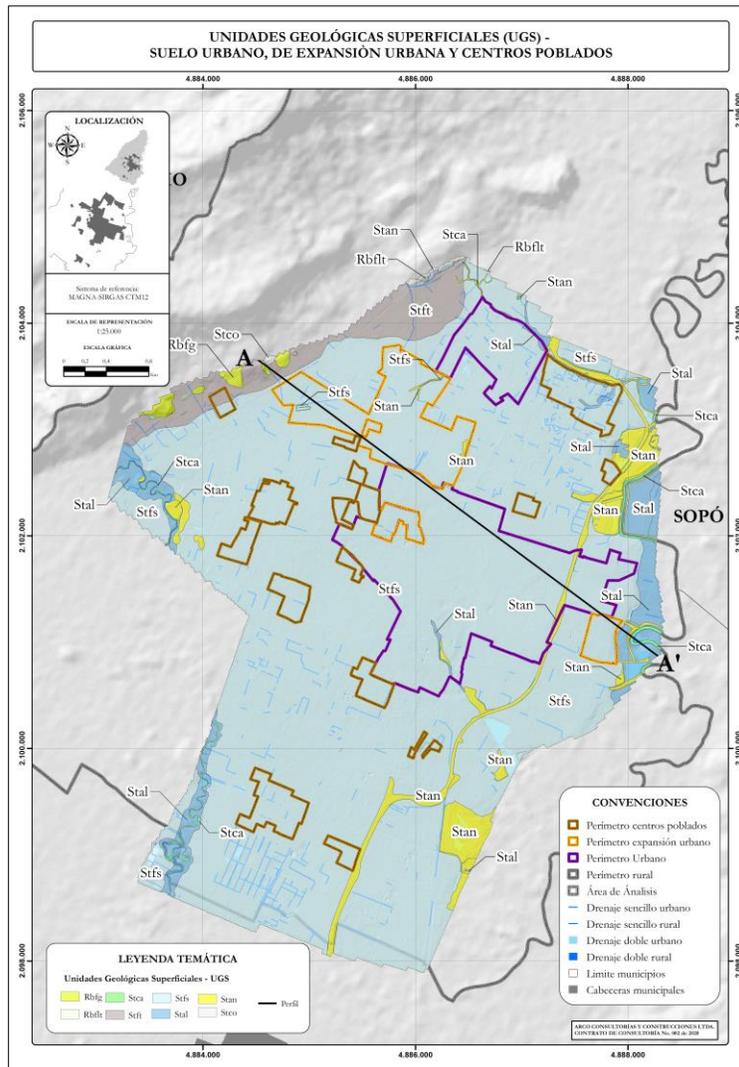


Ilustración 11. Mapa de UGI y puntos de exploración para el área del suelo urbano, de expansión urbana y centros poblados, municipio de Cajicá, Cundinamarca.

Fuente: Arco C&C, 2021

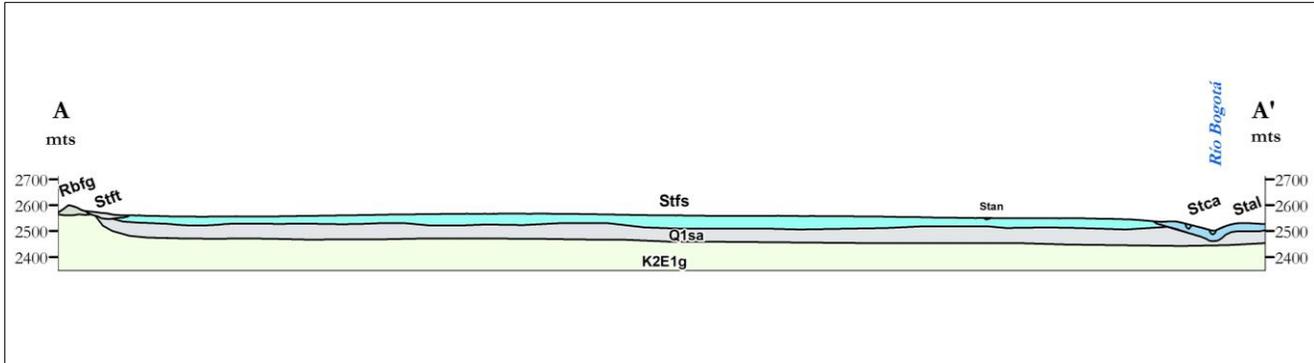


Ilustración 12. Perfil esquemático A-A' de UGS para el área del suelo urbano, suelo de expansión urbana y centros poblados del municipio de Cajicá, Cundinamarca.

Fuente: Arco C&C, 2021

2.4.3.2 Geomorfología

Dentro de la evaluación del origen y evolución de las geoformas dominantes en el casco urbano del municipio de Cajicá, se determinan los procesos fluviales, denudacionales y estructurales más relevantes que modelan el paisaje.

Conforme los resultados que se muestran en la Ilustración 13, el ambiente geomorfológico dominante corresponde al de origen fluvial y lagunar, donde el paisaje es modelado por la dinámica de los drenajes principales del municipio, los ríos Frío y Bogotá. Este resultado es correspondiente con el mapa de Unidades Geológicas Superficiales.

A pesar del claro predominio de las unidades geomorfológicas del ambiente fluvial, con algunas geoformas al pie de la montaña que pueden sugerir la presencia de unidades propicias a corresponder a zonas de depositación de material torrencial, estas estructuras no se encuentran localizadas sobre la delimitación del perímetro urbano del municipio. Las unidades geomorfológicas caracterizadas dentro del área de estudio son resultado de la dinámica fluvial de los ríos Bogotá y Frío, por lo que no se consideran unidades susceptibles a avenidas torrenciales.



**ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN
DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL
MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA**

**SUELOS URBANO,
EXPANSIÓN URBANA. Y
CENTROS POBLADOS**

**ESTUDIO BÁSICO DE
AMENAZAS POR
AVENIDA TORRENCIAL**

CAJICÁ

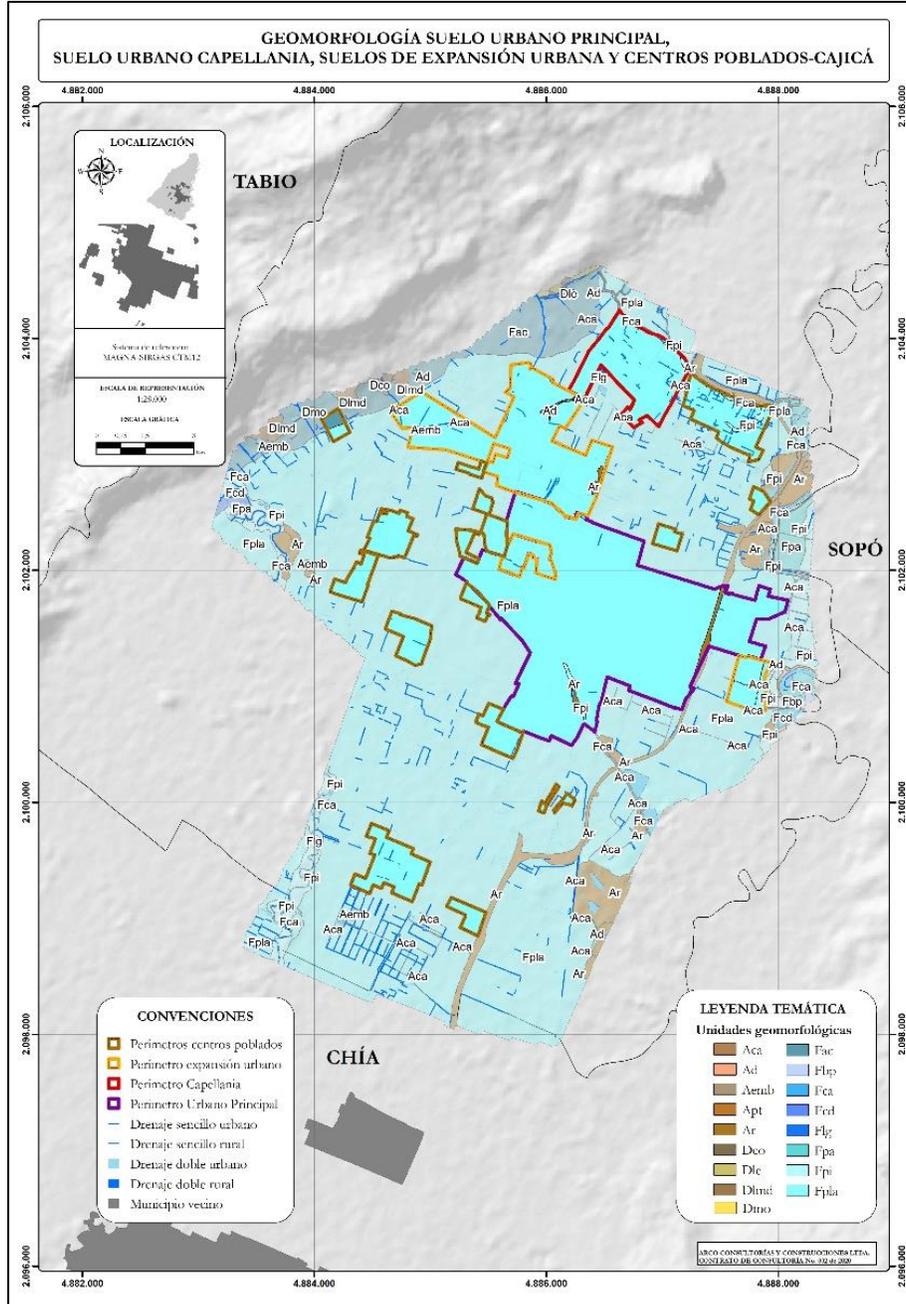


Ilustración 13. Geomorfología del casco urbano de Cajicá
Fuente: Arco C&C, 2021



2.4.3.3 Coberturas y usos del suelo

Haciendo uso de la adaptación de la metodología de Corine Land Cover, elaborada en Colombia en escala 1:100.000, reprocesado para obtener el mapa de coberturas y usos del suelo en escala 1:2.000. Los resultados de estos procesos se encuentran en la Ilustración 14.

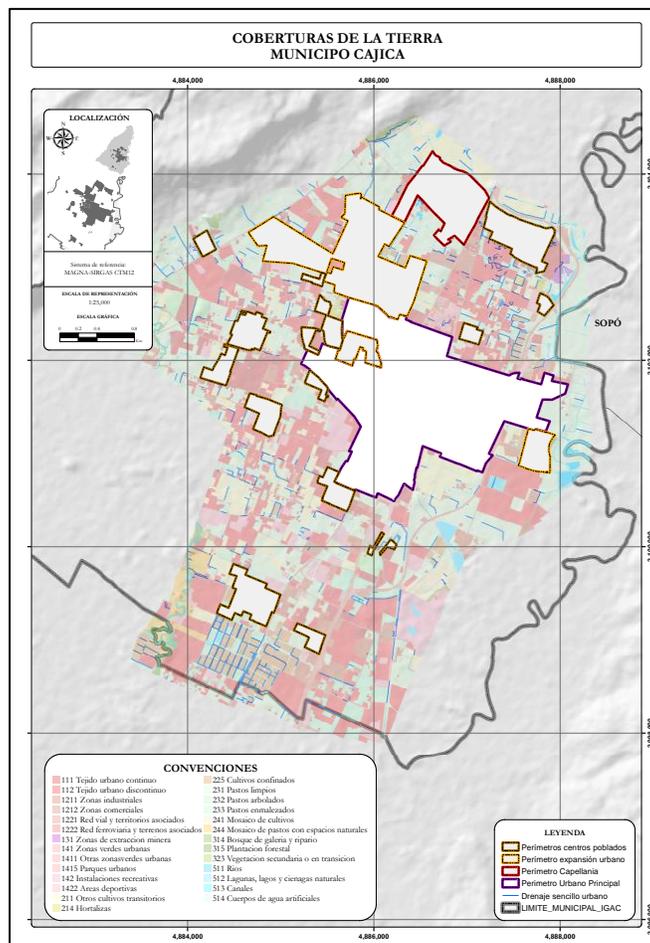


Ilustración 14. Coberturas y usos del suelo en el municipio de Cajicá

Fuente: Arco C&C, 2021



Dentro de los resultados obtenidos, los tejidos urbanos, zonas industriales, redes viales y demás coberturas antropogénicas dominan en el casco urbano del municipio. Por otra parte, las coberturas vegetales dominantes son los pastizales y algunos cultivos transitorios. Este resultado implicaría en primera instancia que se trata de coberturas y usos del suelo que proporcionan un bajo soporte y favorecen inestabilidad de laderas, debido a la ausencia de vegetación de raíces profundas que aporten consistencia y agarre al suelo. No obstante, debido a la ausencia de drenajes naturales y la baja pendiente topográfica, estas condiciones no representan un factor que incremente la susceptibilidad y/o grado de amenaza por avenidas torrenciales en el casco urbano del municipio.

2.4.3.4 Pendiente

La pendiente de un terreno hace alusión al grado de inclinación del mismo respecto a un plano horizontal, información que resulta sumamente útil para entender la morfología del paisaje y las regiones donde la topografía es más abrupta o suavizada. El mapa de pendientes del perímetro urbano del municipio de Cajicá se presenta en la Ilustración 15.

Conforme los resultados obtenidos, se aprecia claramente que la pendiente topográfica en el casco urbano del municipio de Cajicá es bastante suavizada, muy cercana a 0°, debido principalmente a la ubicación de la cabecera municipal en la llanura de inundación del Río Bogotá. Estos resultados implican a su vez que no existe energía potencial significativa de los depósitos asociados a los drenajes insipientes del municipio que puedan desencadenar avenidas torrenciales en el área urbana del municipio.

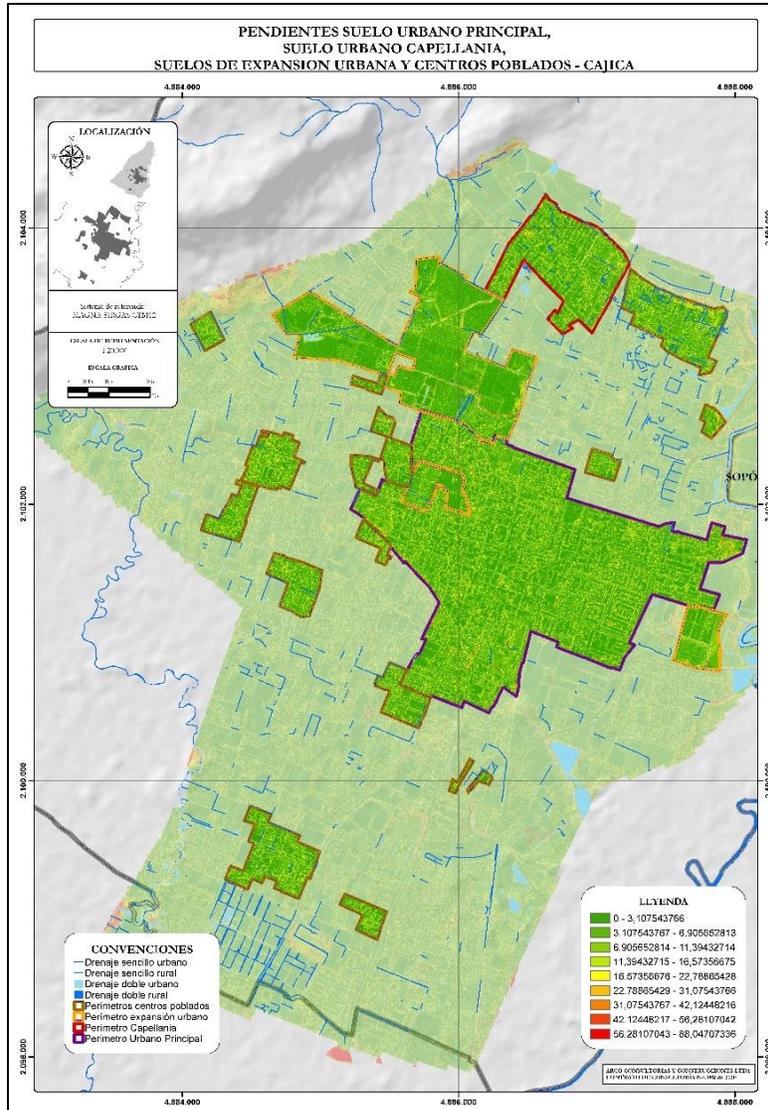


Ilustración 15. Grado de pendiente en el casco urbano y los centros de expansión del municipio de Cajicá
Fuente: Arco C&C, 2021

2.4.4 Caracterización de la producción y aporte de sedimentos

En adición a las condiciones climáticas, hidrológicas y geológicas del área urbana y los centros poblados del municipio de Cajicá, es imprescindible determinar el potencial de sedimentos que puedan incorporarse a un

determinado cauce y desencadenar fenómenos torrenciales.

Haciendo uso de la caracterización de la amenaza por movimientos en masa (capítulo 2.2), donde se empleó un análisis por confiabilidad mediante la técnica de estimativos puntuales, teniendo en consideración la incertidumbre y variabilidad de las propiedades del suelo más influyentes en la estabilidad de las laderas (cohesión, ángulo de fricción y espesor).

Para tal fin, se evaluó la posibilidad de movilización de una masa de suelo a lo largo del contacto suelo-roca o suelo-suelo mediante el factor de seguridad, considerándose la variabilidad de los parámetros mecánicos.

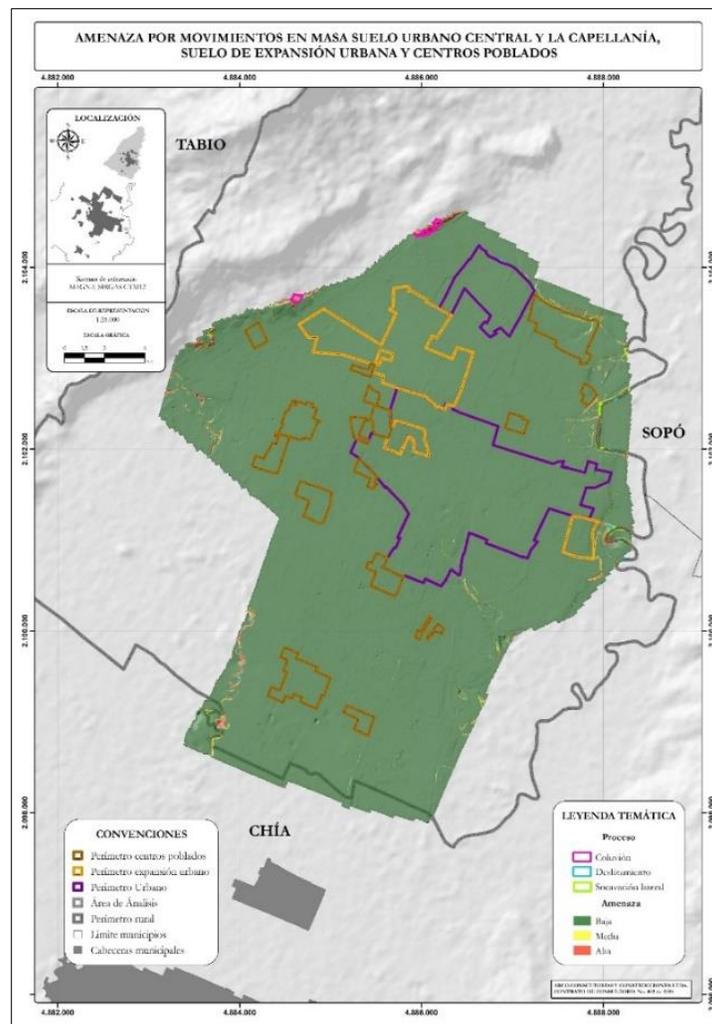
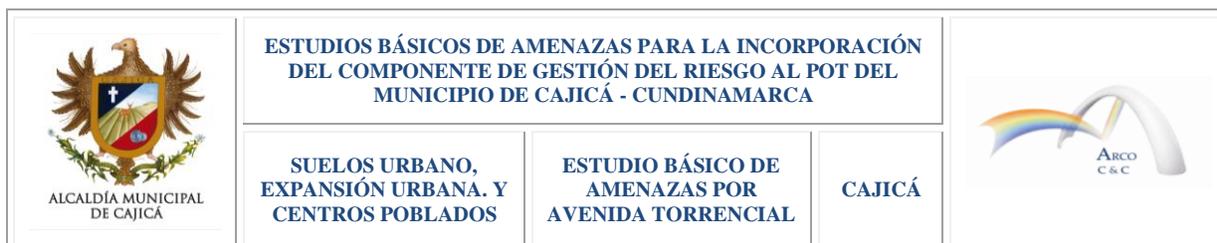


Ilustración 16. Zonificación de amenaza por movimientos en masa en el área urbana y centros poblados

Fuente: Arco C&C, 2021



Conforme a los resultados anteriores, se observa que en el área de estudio las condiciones de estabilidad se ven favorecidas por la baja pendiente topográfica y un tejido urbano continuo, sin embargo, en las zonas asociadas a cortes, rellenos y los diques se pueden presentar eventualmente procesos de inestabilidad que pueden conllevar a su vez a la anegación de los terrenos aledaños a los cuerpos de agua, en particular el río Frío y el río Bogotá.

Dado que la zonificación de amenazas por movimientos en masa es baja para el casco urbano, los suelos de expansión y los centros poblados del municipio de Cajicá, no existe un aporte de sedimentos significativo a los cuerpos de agua asentados sobre el territorio, favorecido por la baja pendiente y repercutiendo en la estabilidad del terreno, junto con la subsecuente baja amenaza por avenidas torrenciales.

2.4.5 Zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales

Para el suelo urbano, suelo de expansión urbana y centros poblados definidos y dada la normatividad del Decreto 1077 de 2015 se presenta a continuación, la categorización de la amenaza (Tabla 1), y la zonificación de la amenaza para el área urbana (Ilustración 17), el suelo urbano principal (Ilustración 18), suelo de expansión (Ilustración 19), centros poblados (Ilustración 20), suelo urbano Capellanía (Ilustración 21) y centros poblados Rincón Santo (Ilustración 22), Prado (Ilustración 23), Pablo Herrera (Ilustración 24), Los Sereneos (Ilustración 25), Los Pasos (Ilustración 26), Los León (Ilustración 27), La Palma (Ilustración 28), La Florida (Ilustración 29), La Esperanza (Ilustración 30), El Misterio (Ilustración 31), Canelón (Ilustración 32), Camino Los Vargas (Ilustración 33), Calahorra (Ilustración 34), Barro Blanco (Ilustración 35), Aguanica (Ilustración 36) y Santa Inés (Ilustración 37).

Tabla 1. Categorización de la Amenaza por Avenidas Torrenciales para el suelo urbano de Cajicá

AMENAZA	DESCRIPCIÓN
Baja	Regiones donde no existen registros históricos de presencia de avenidas torrenciales, con geformas asociadas a la dinámica fluvial de cuencas Río Bogotá y Río Frío, que presentan patrones de drenajes sinuosos, indicando que está en fase de vejes, y no presenta actividad torrencial. Depósitos no litificados estables por sus bajas pendientes topográficas, sin potencial para generar aporte de sedimentos y sin la presencia de drenajes con comportamiento torrencial

Fuente: Arco C&C, 2021

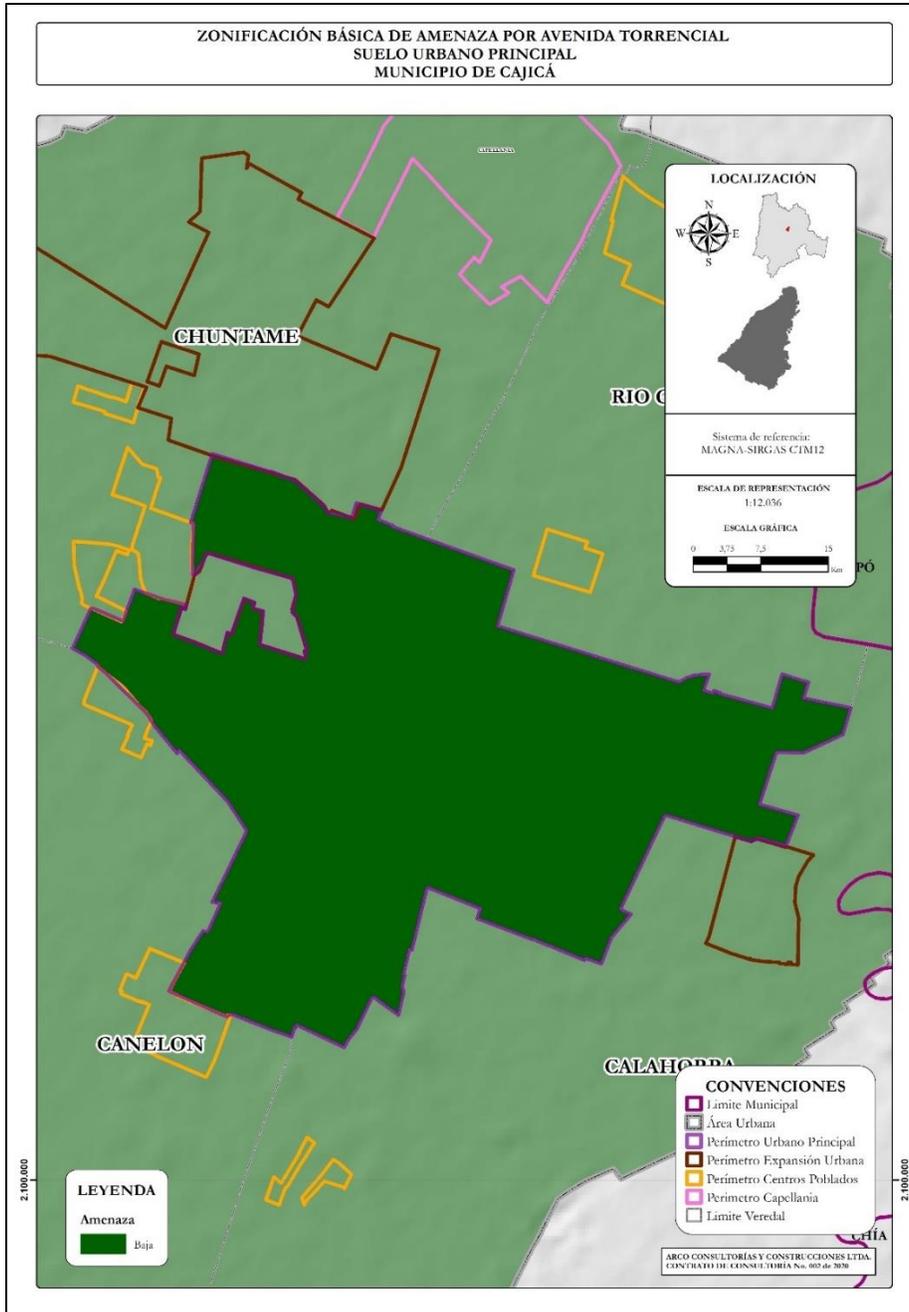


Ilustración 18. Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro urbano principal
Fuente: Arco C&C, 2021



ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

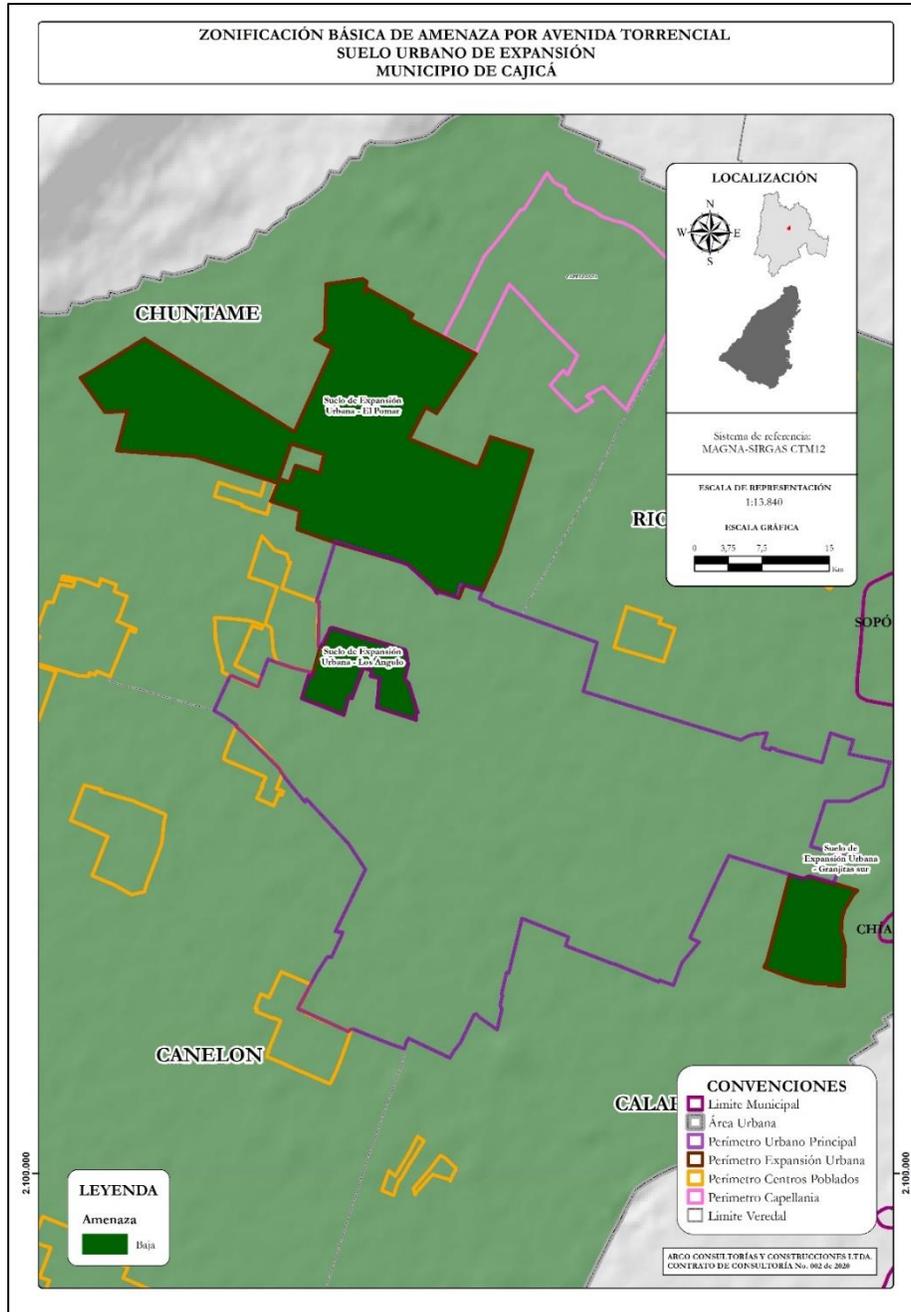


Ilustración 19. Zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales en el suelo urbano de expansión
Fuente: Arco C&C, 2021





ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

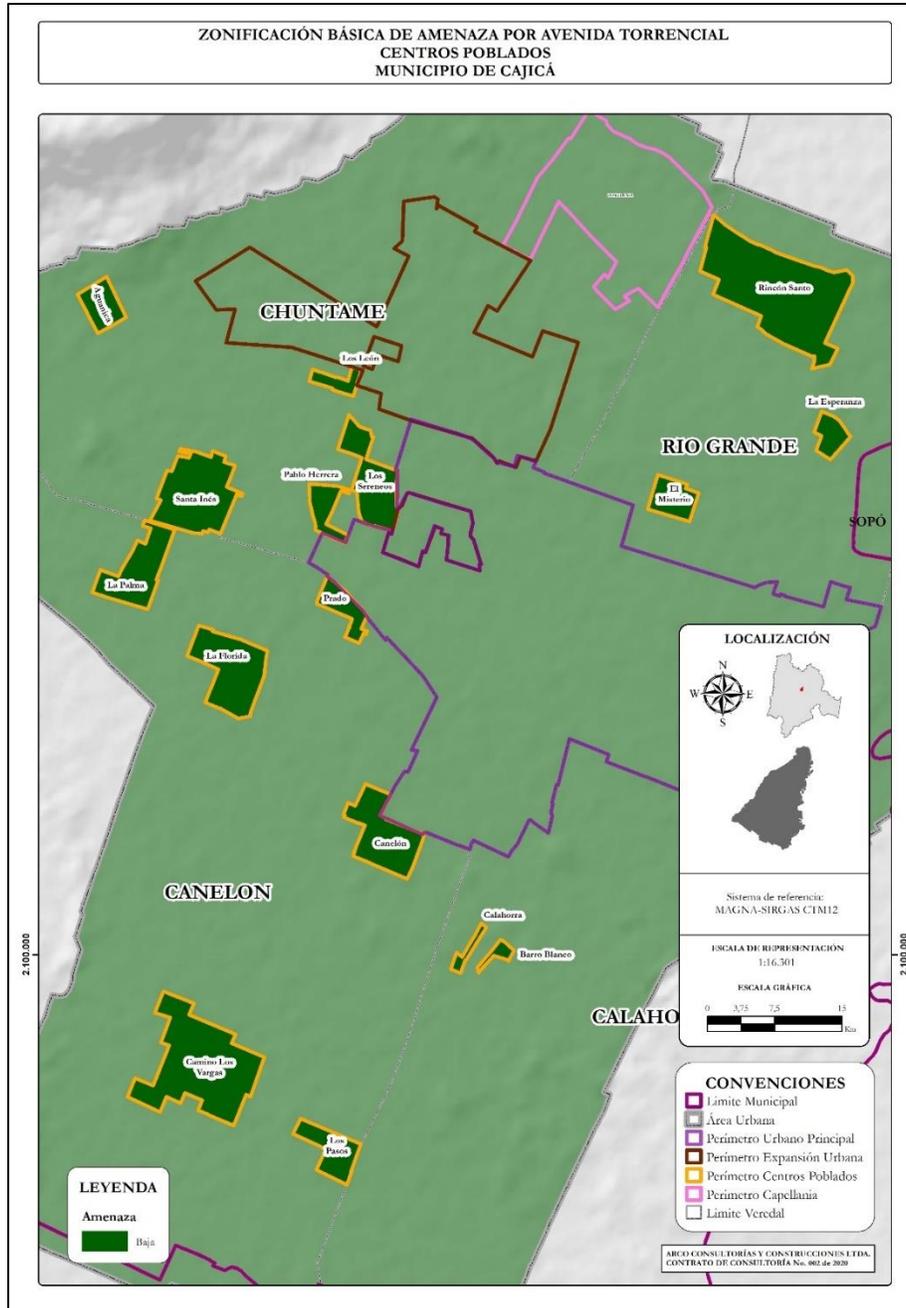


Ilustración 20. Zonificación de la amenaza por avenidas torrenciales en los centros poblados

Fuente: Arco C&C, 2021





ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

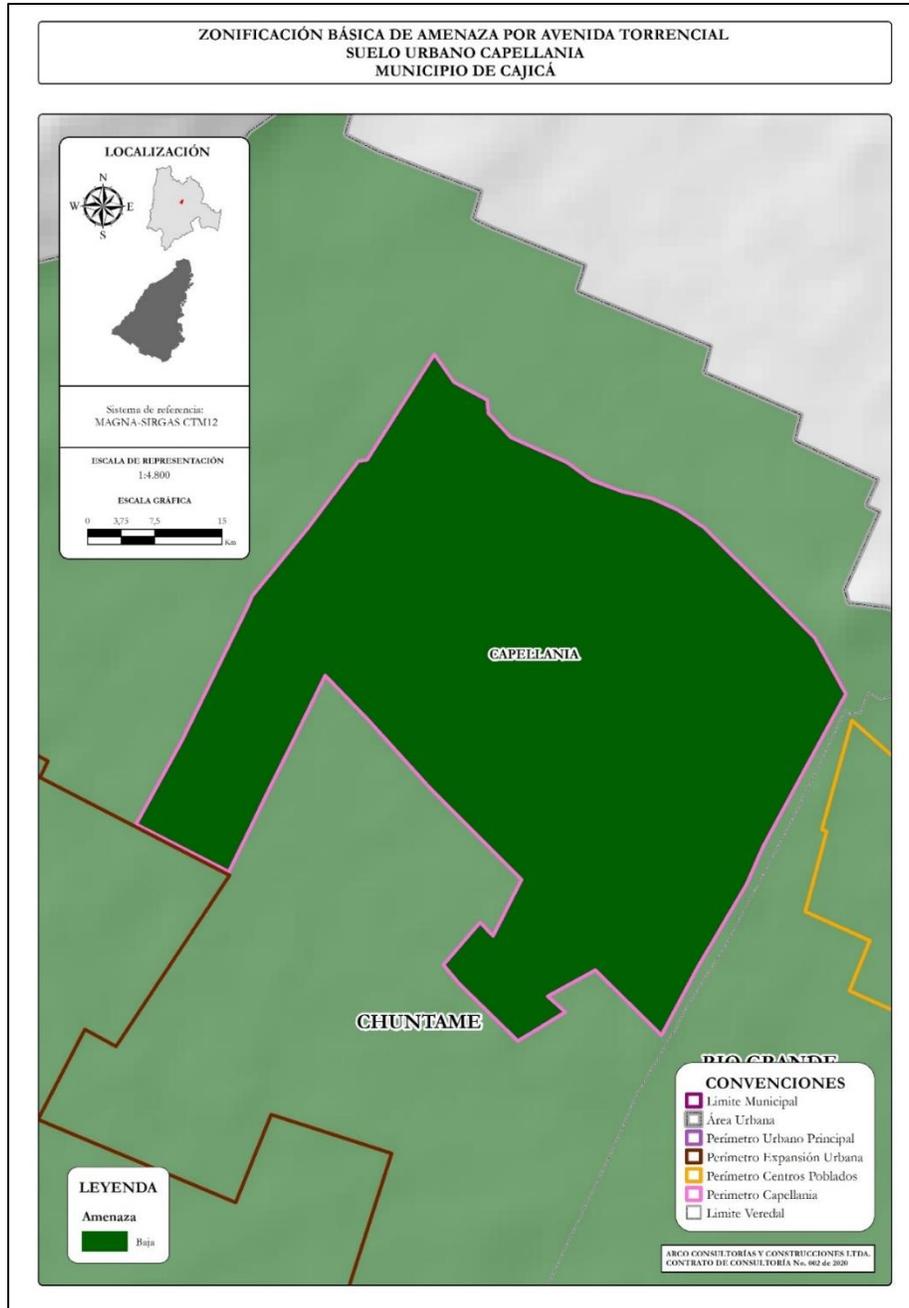


Ilustración 21 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el suelo urbano Capellania

Fuente: Arco C&C, 2021



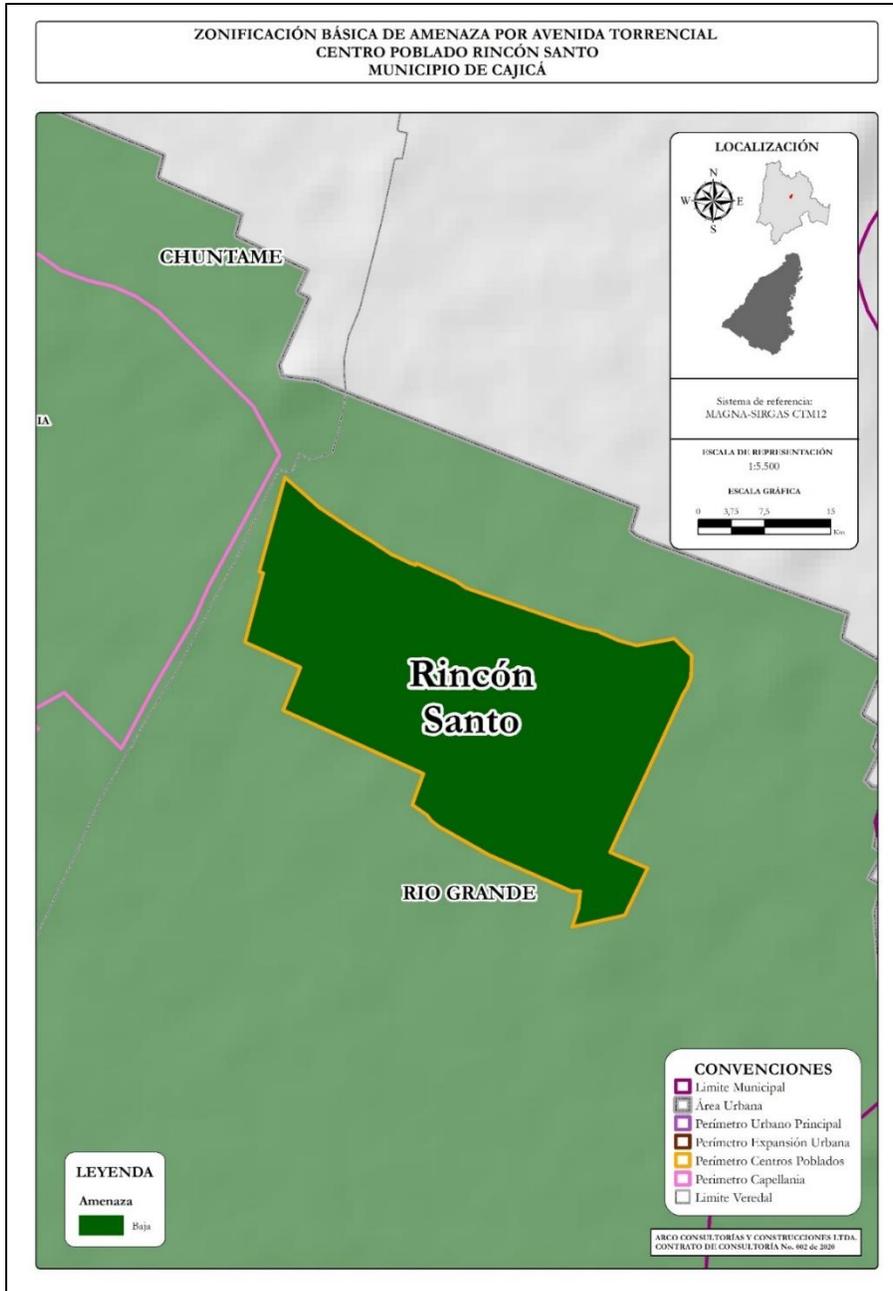


Ilustración 22 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Rincón Santo
Fuente: Arco C&C, 2021



ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

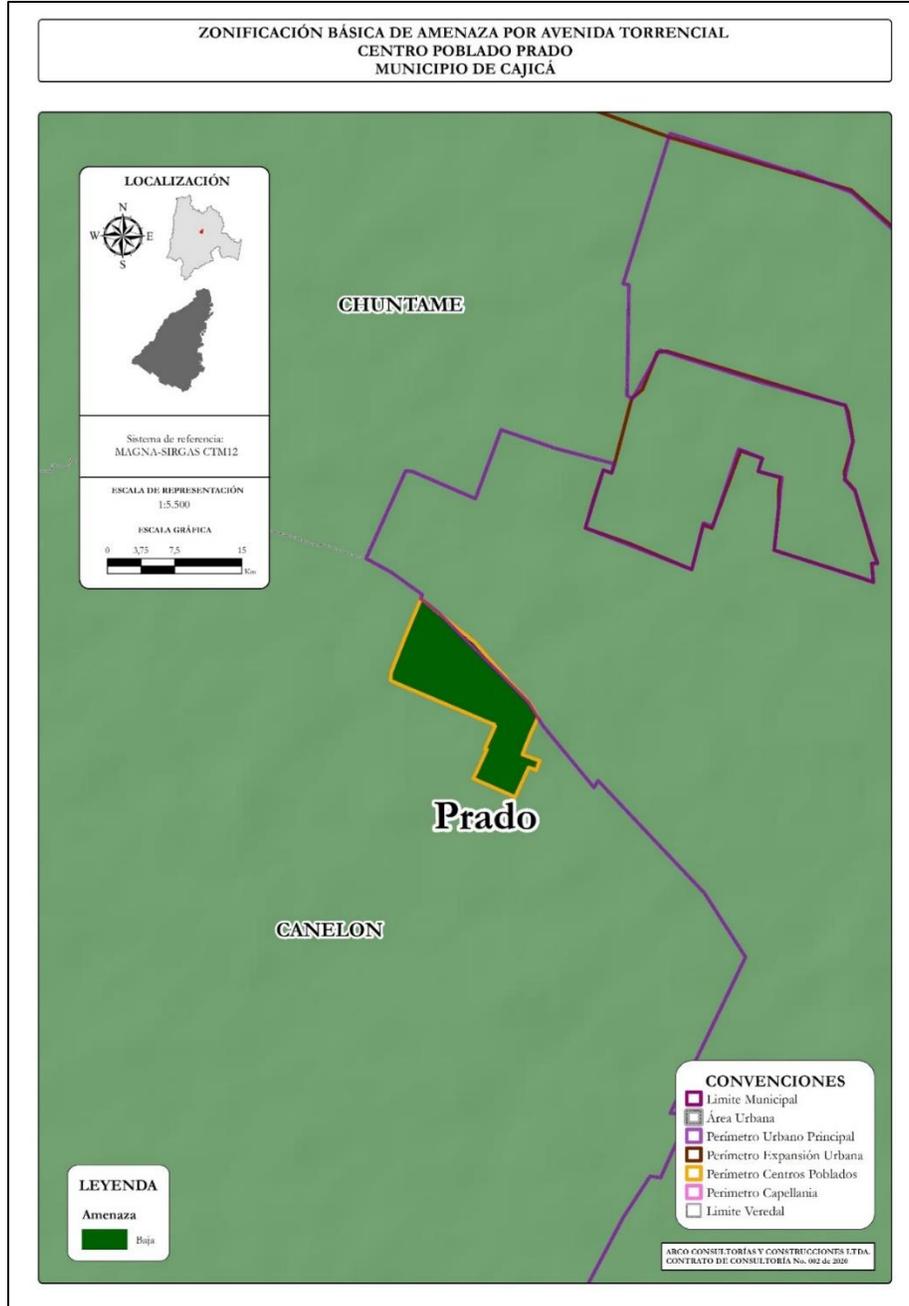


Ilustración 23 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Prado

Fuente: Arco C&C, 2021





ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

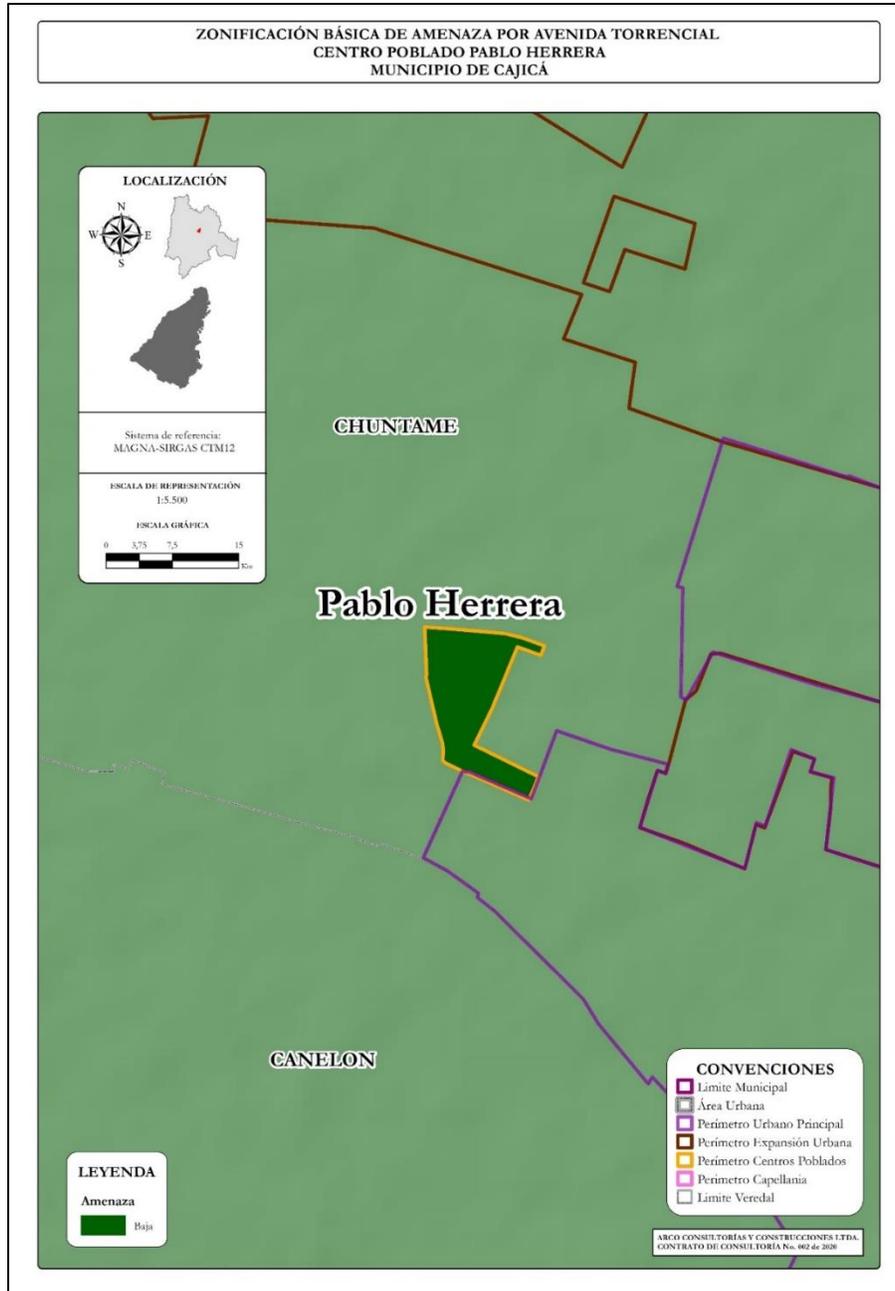


Ilustración 24 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Pablo Herrera

Fuente: Arco C&C, 2021



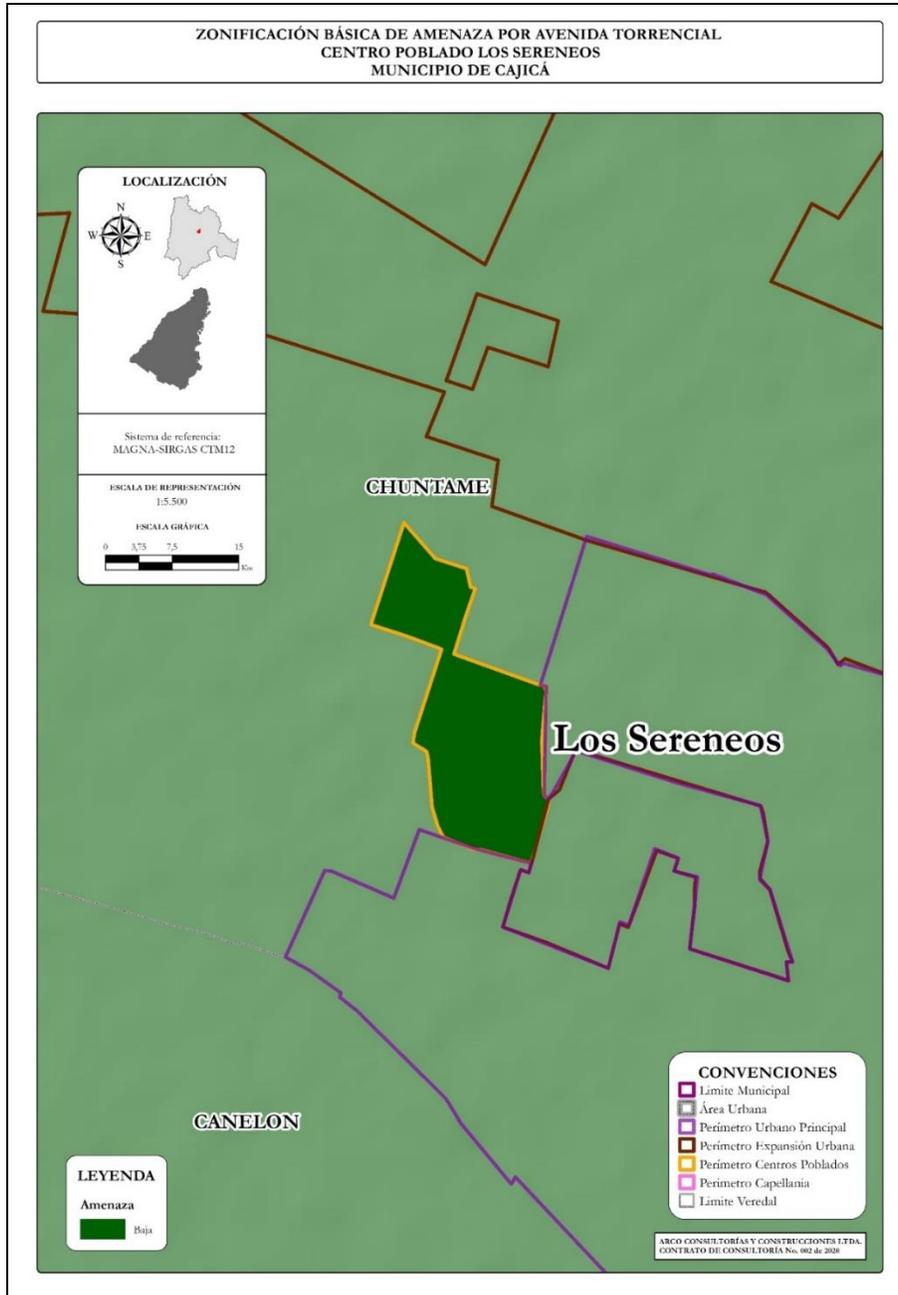


Ilustración 25 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Los Sereneos

Fuente: Arco C&C, 2021



ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA



SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENICIAL

CAJICÁ

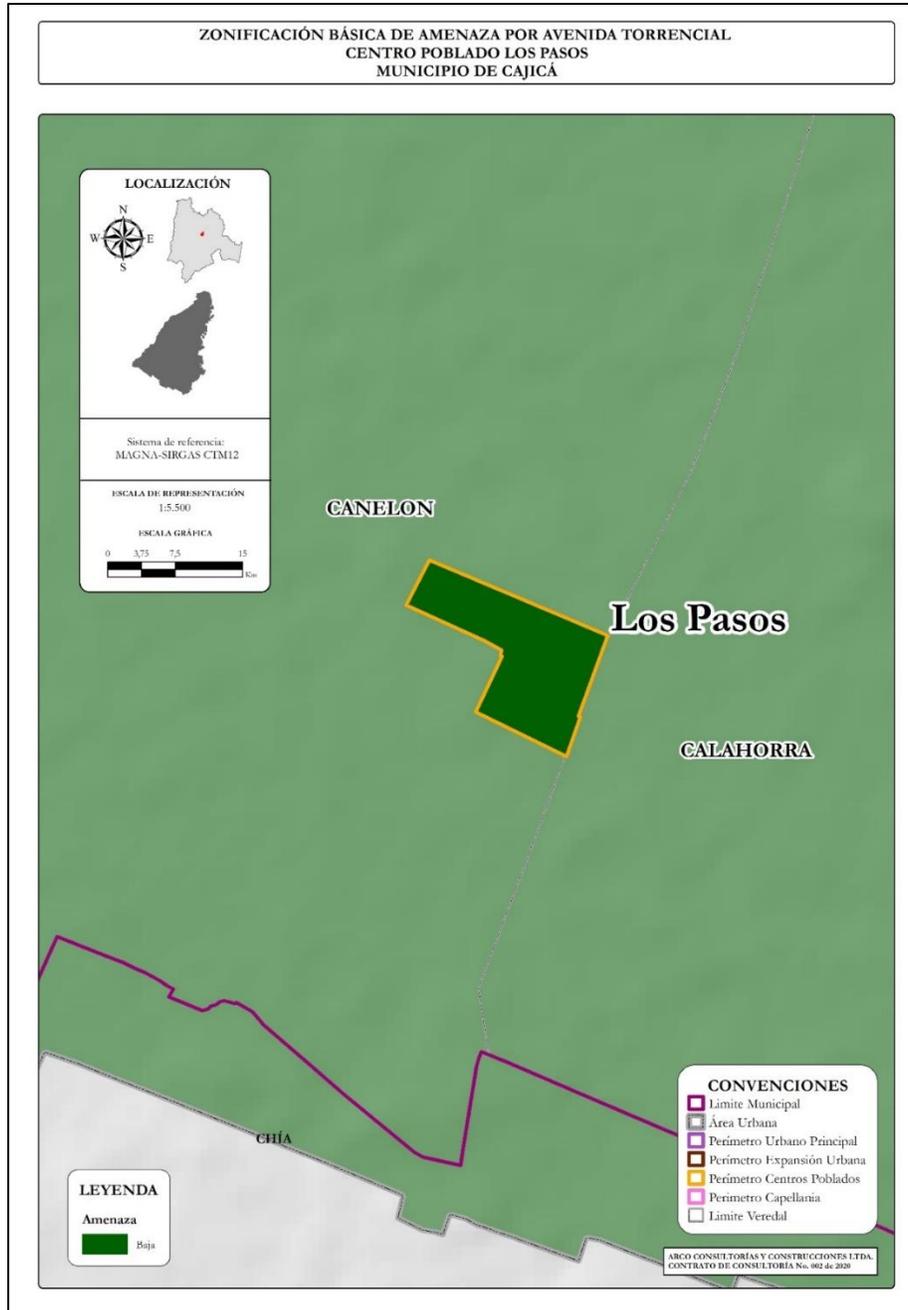


Ilustración 26 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Los Pasos

Fuente: Arco C&C, 2021





ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENICIAL

CAJICÁ

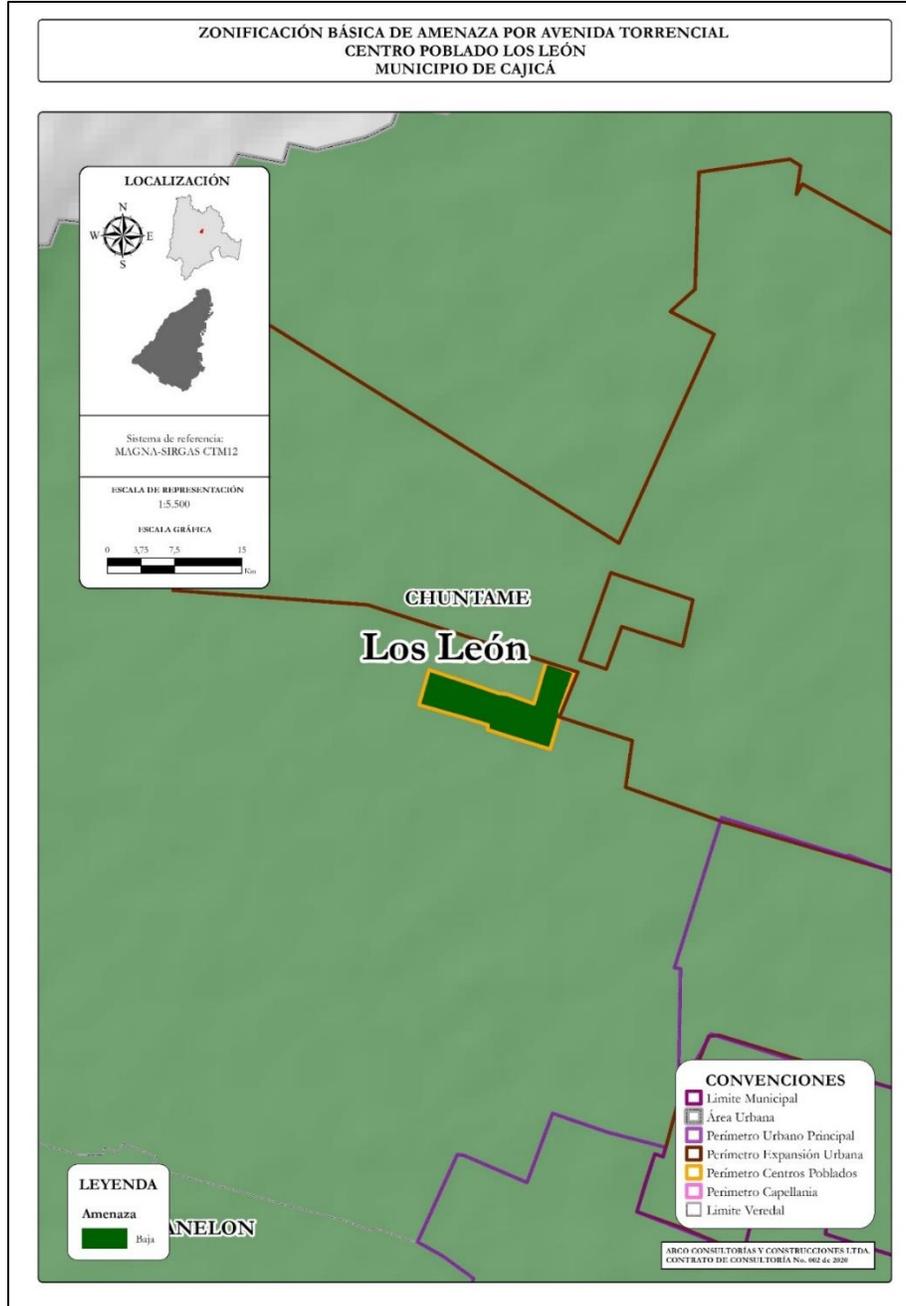


Ilustración 27 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Los León
Fuente: Arco C&C, 2021



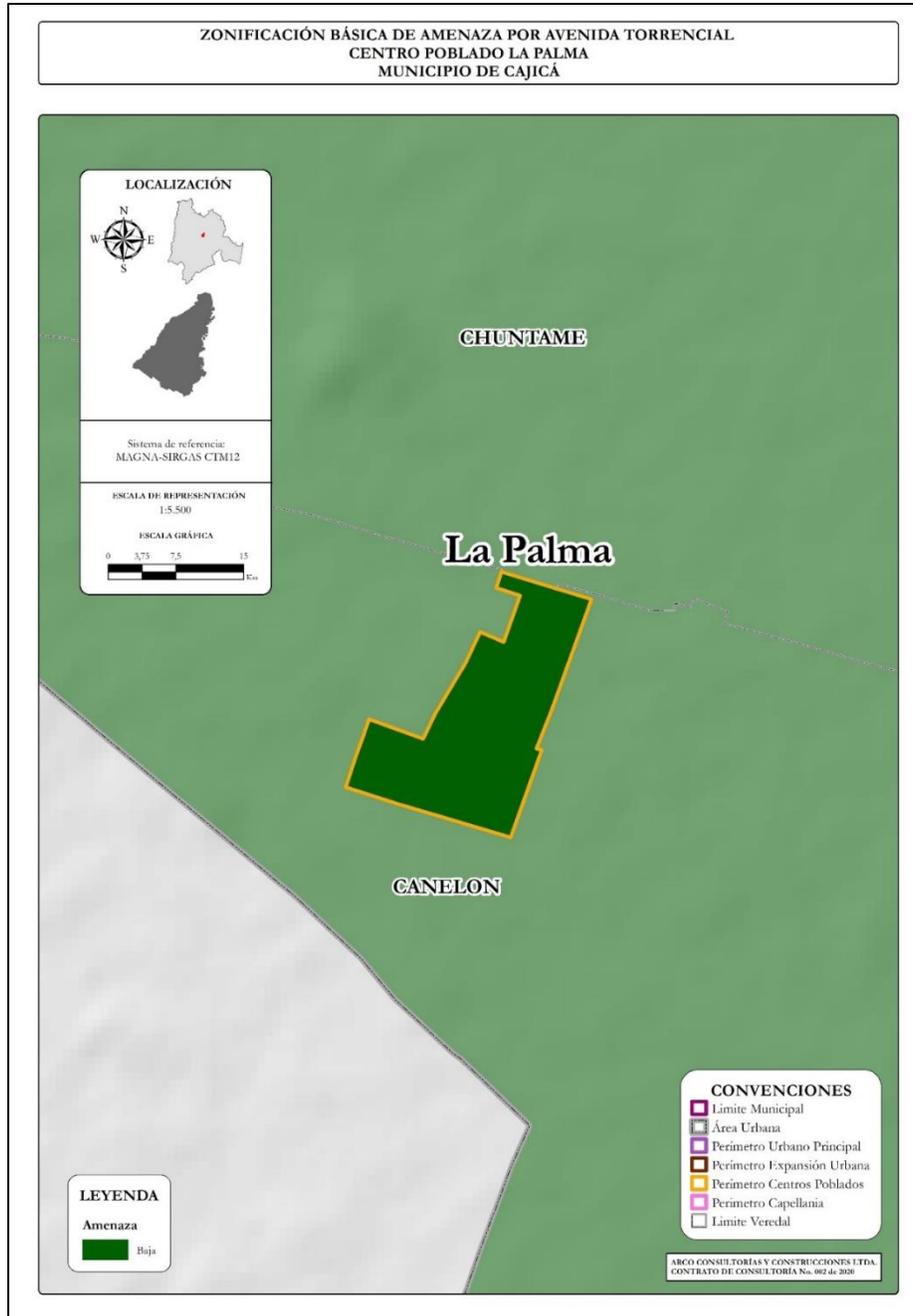


Ilustración 28 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado La Palma

Fuente: Arco C&C, 2021

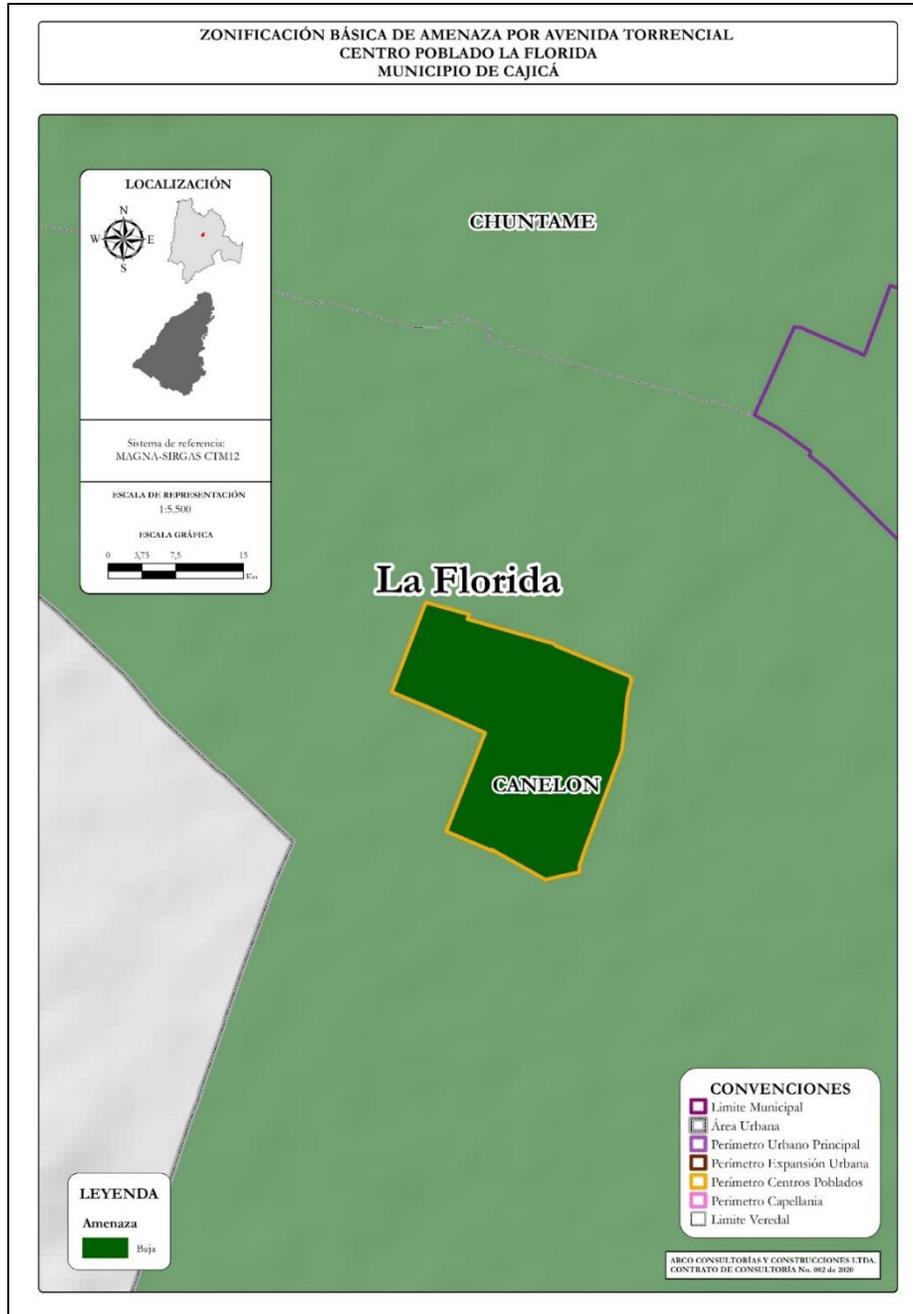


Ilustración 29 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado La Florida

Fuente: Arco C&C, 2021



ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

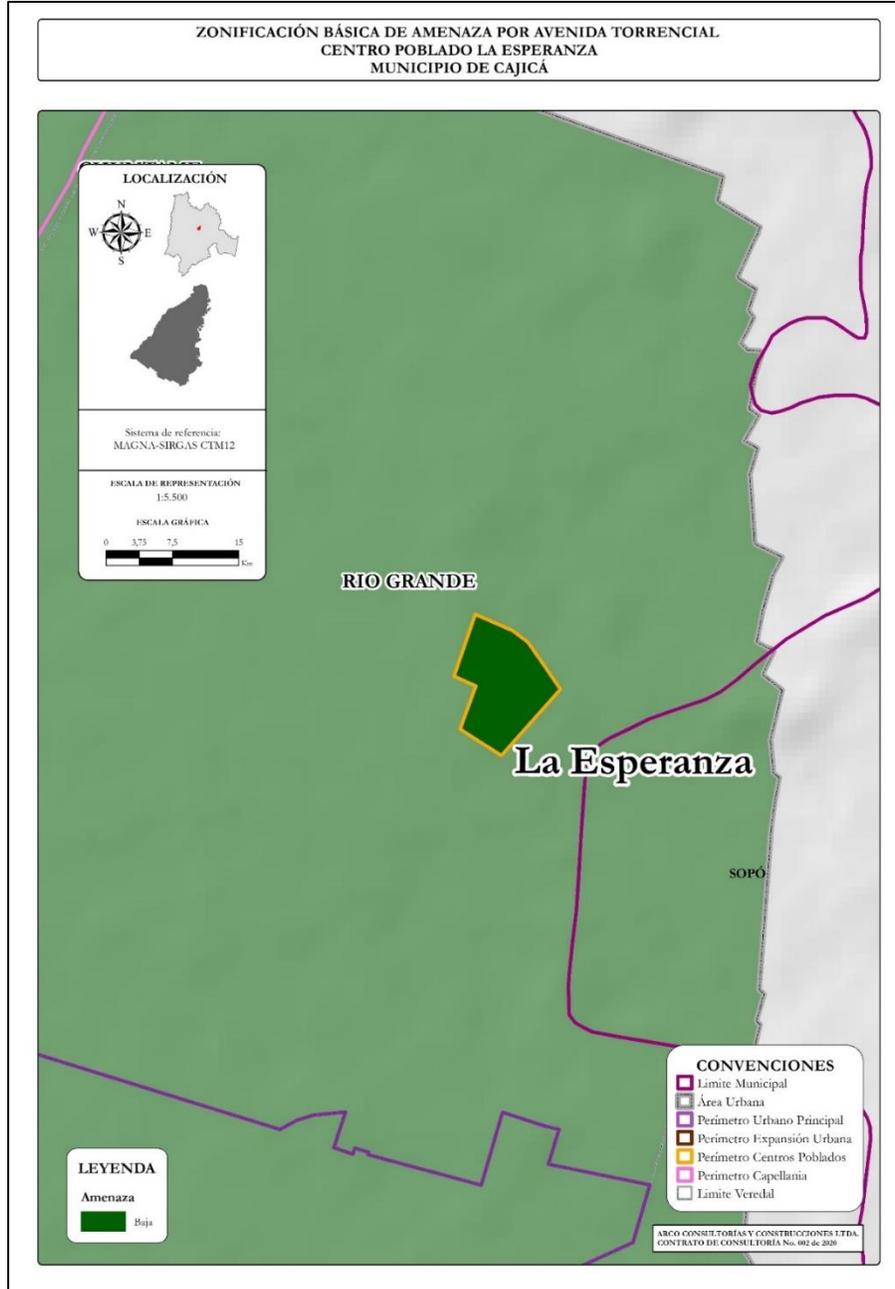


Ilustración 30 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado La Esperanza

Fuente: Arco C&C, 2021



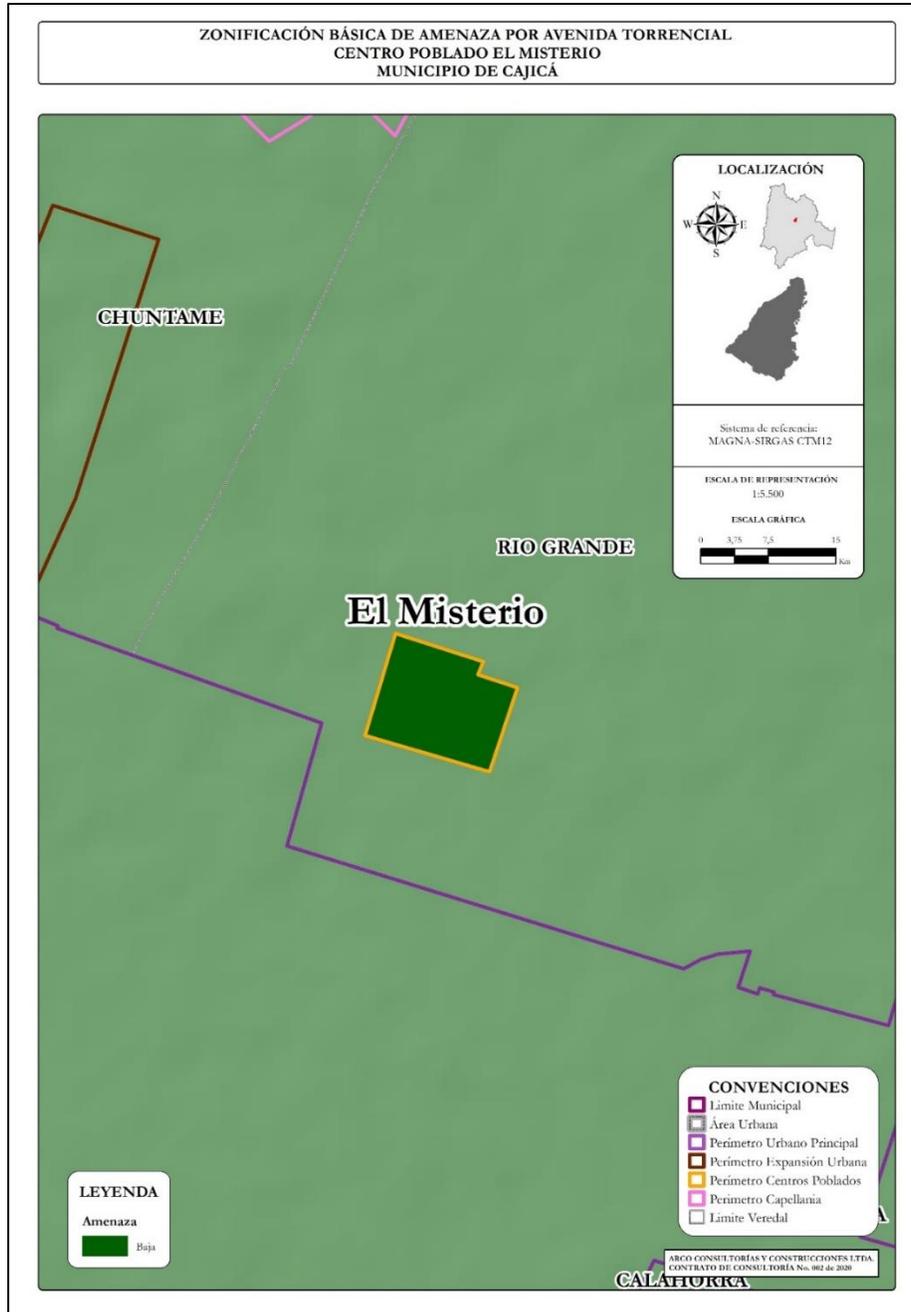


Ilustración 31 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado El Misterio
Fuente: Arco C&C, 2021



ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN
DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL
MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO,
EXPANSIÓN URBANA. Y
CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE
AMENAZAS POR
AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

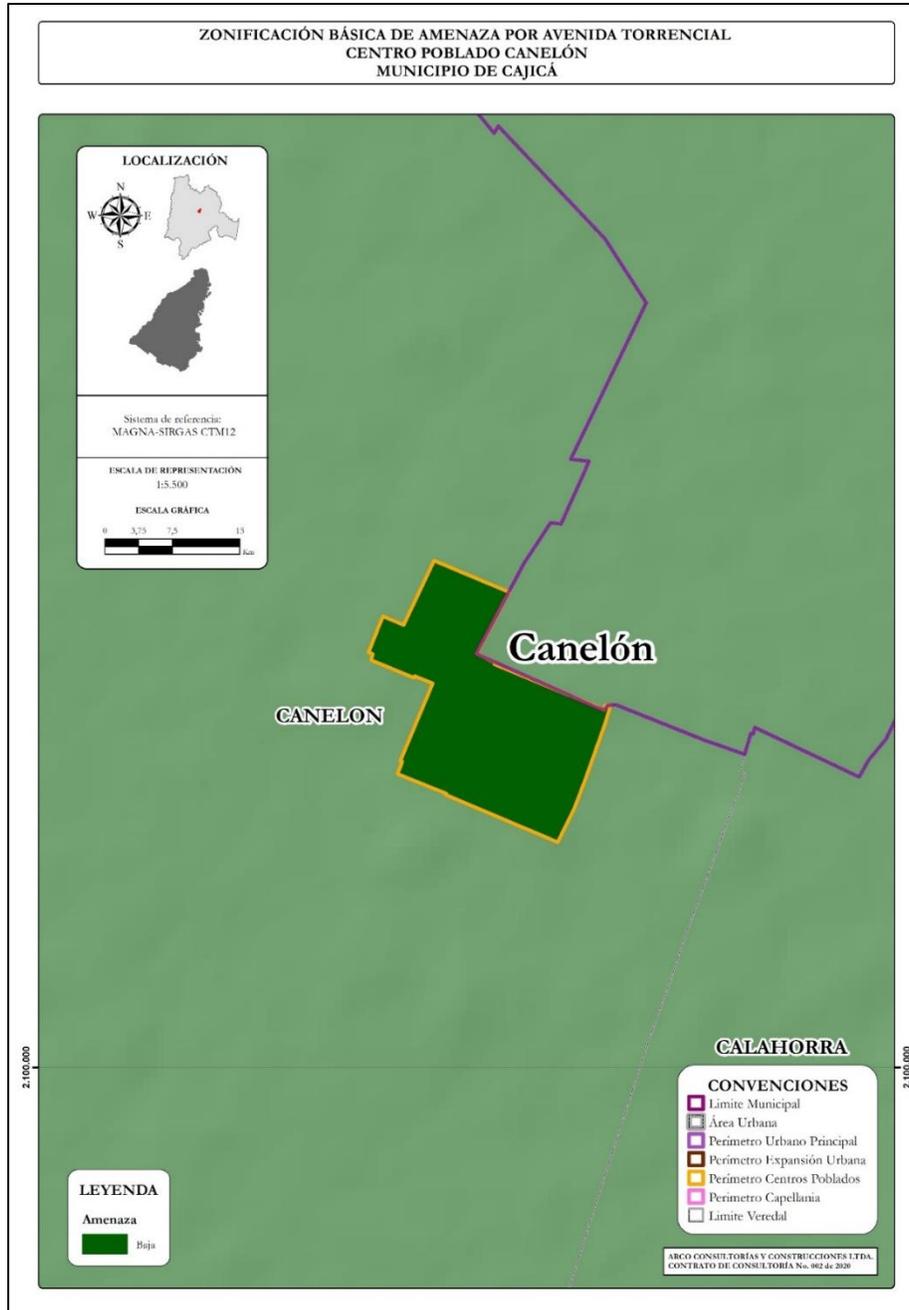


Ilustración 32 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Canelón

Fuente: Arco C&C, 2021



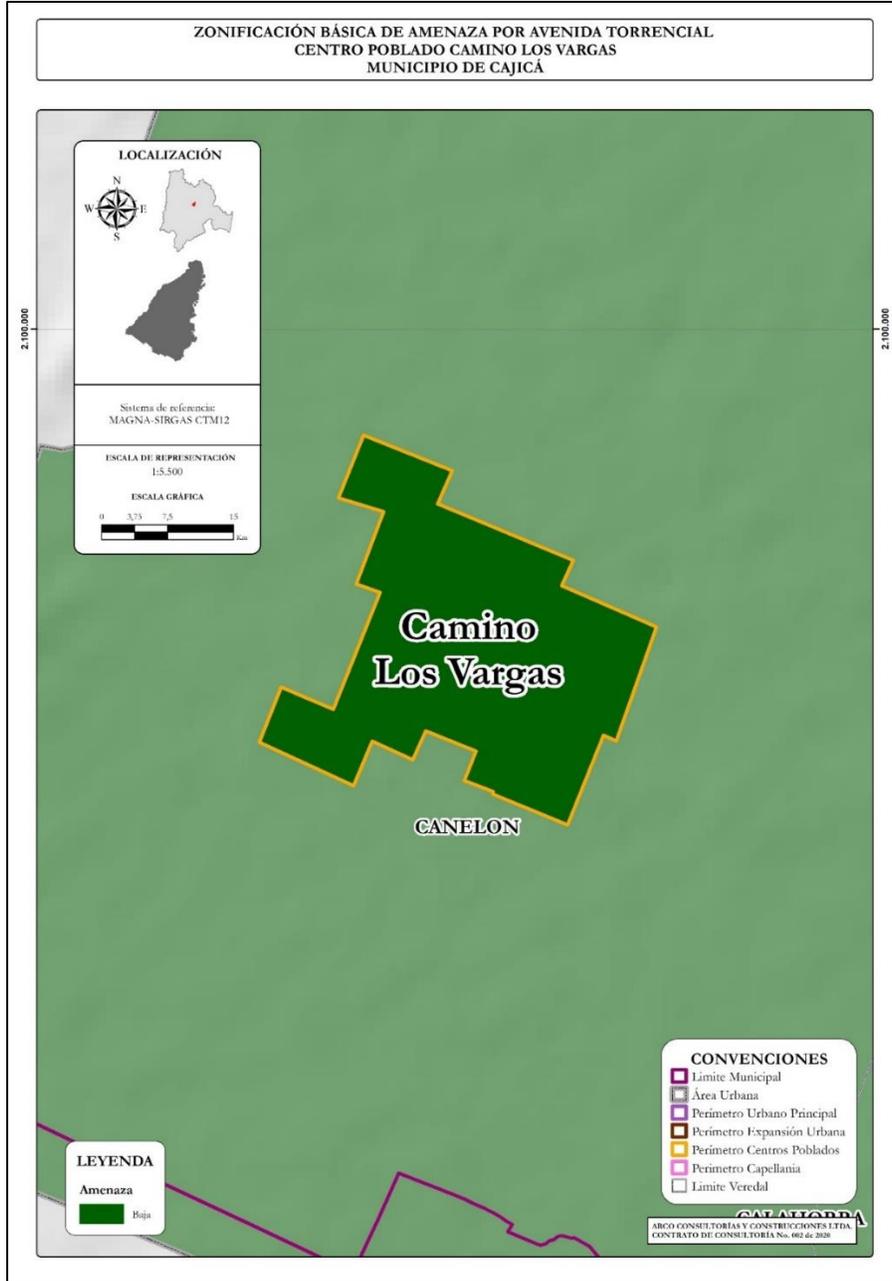


Ilustración 33 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Camino Los Vargas
Fuente: Arco C&C, 2021



ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN
DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL
MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA



SUELOS URBANO,
EXPANSIÓN URBANA. Y
CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE
AMENAZAS POR
AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

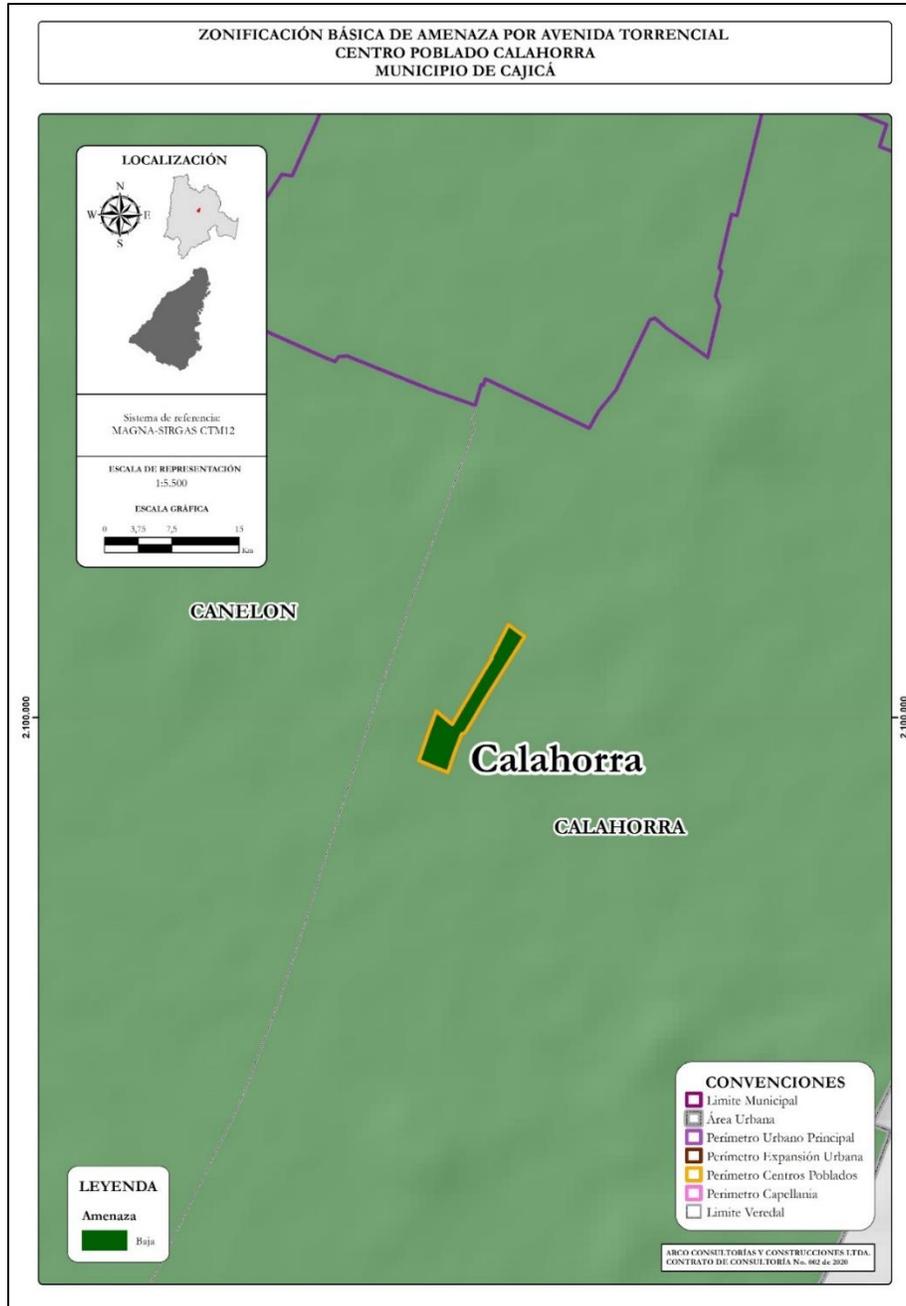


Ilustración 34 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Calahorra

Fuente: Arco C&C, 2021





**ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN
DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL
MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA**

**SUELOS URBANO,
EXPANSIÓN URBANA. Y
CENTROS POBLADOS**

**ESTUDIO BÁSICO DE
AMENAZAS POR
AVENIDA TORRENCIAL**

CAJICÁ

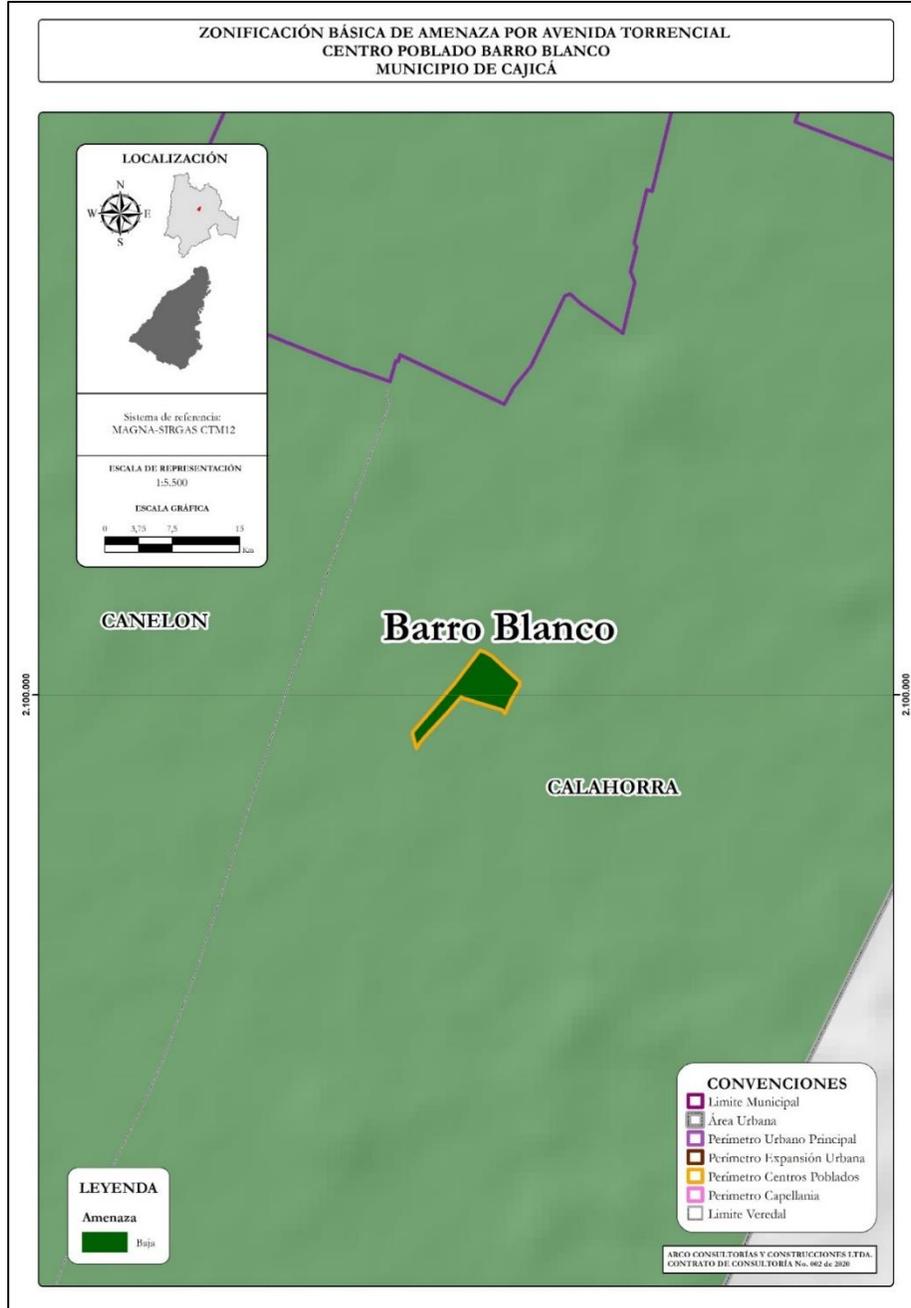


Ilustración 35 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Barro Blanco

Fuente: Arco C&C, 2021





ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN
DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL
MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELOS URBANO,
EXPANSIÓN URBANA. Y
CENTROS POBLADOS

ESTUDIO BÁSICO DE
AMENAZAS POR
AVENIDA TORRENCIAL

CAJICÁ

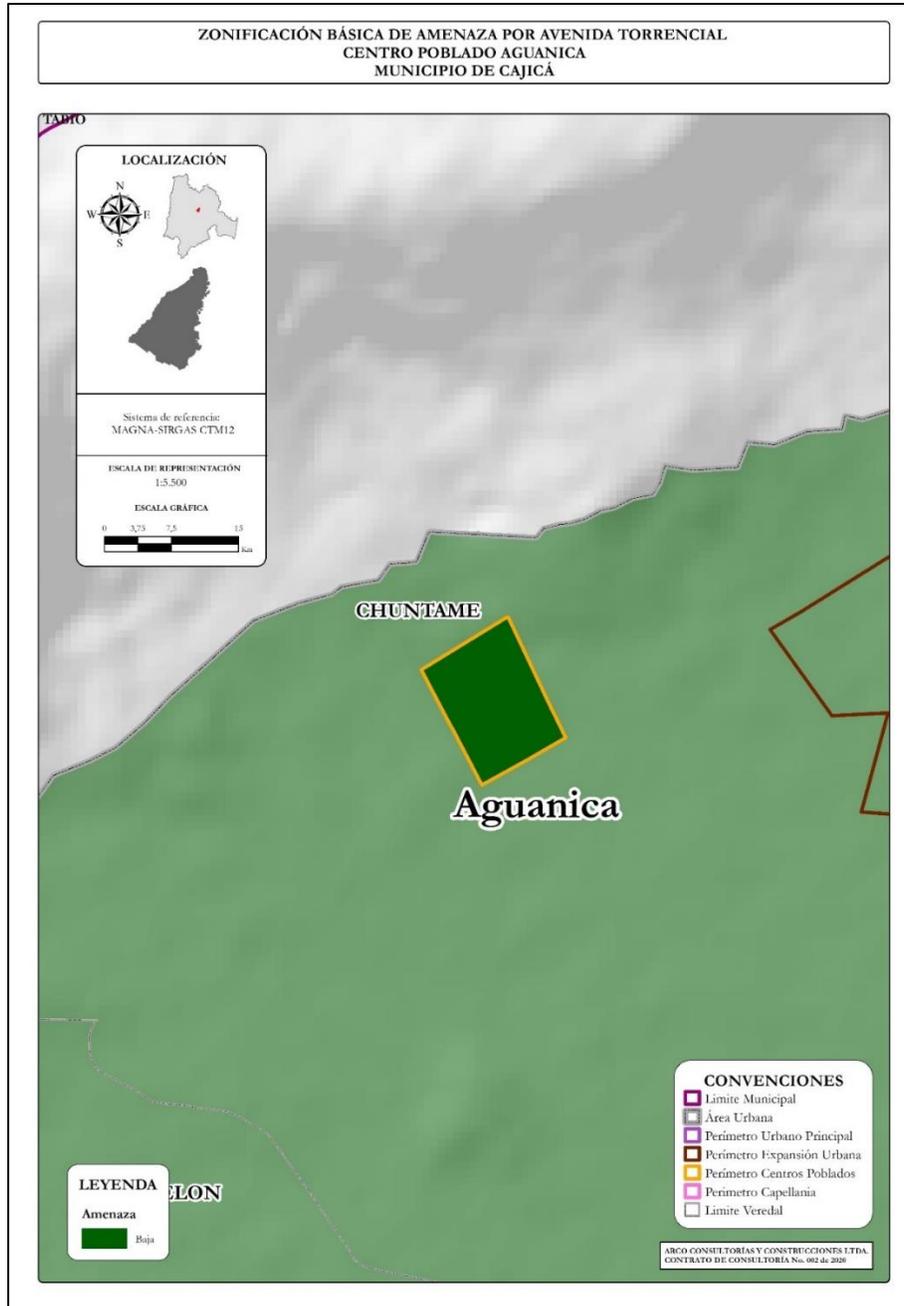


Ilustración 36 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Aguanica

Fuente: Arco C&C, 2021



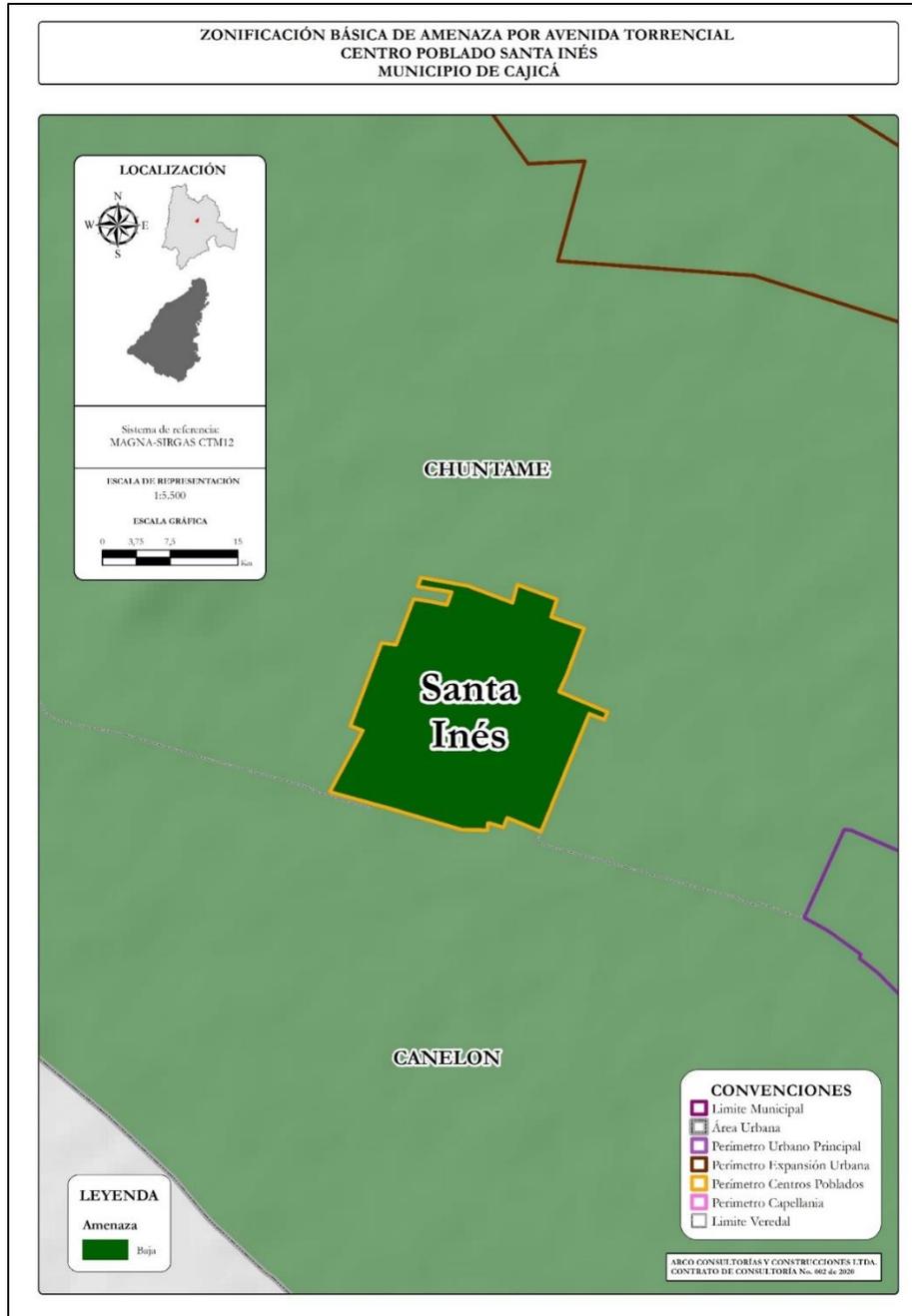


Ilustración 37 Zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el centro poblado Santa Inés
Fuente: Arco C&C, 2021

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C&C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	

La representación porcentual del grado de amenaza por avenidas torrenciales para cada tipo de suelo, se presenta en el resumen de la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen de la zonificación de amenaza por avenidas torrenciales en el área urbana

TIPO DE SUELO	ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN					
	BAJA		MEDIA		ALTA	
	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE	ÁREA (Ha)	PORCENTAJE
Suelo Urbano Principal	286.17	48.35%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Suelo Urbano Capellanía	50.66	8.56%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Suelo Urbano de Expansión	130.66	22.08%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado Barro Blanco	0.92	0.16%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado Camino Los Vargas	22.03	3.72%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado La Florida	10.82	1.83%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado Los Pasos	4.9	0.83%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado Prado	3.38	0.57%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado Canelón	9.51	1.61%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado La Palma	8.17	1.38%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado La Aguanica	3.73	0.63%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado Los León	1.8	0.30%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado Los Sereneos	8.34	1.41%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado Pablo Herrera	3.12	0.53%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado Santa Inés	12.87	2.17%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado El Misterio	3.73	0.63%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado La Esperanza	2.55	0.43%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado Rincón Santo	27.56	4.66%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
Centro Poblado Calahorra	0.96	0.16%	0.00	0.00%	0.00	0.00%
TOTAL	591.88	100.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%

Conforme los resultados obtenidos, se puede apreciar claramente que hay un bajo grado de amenaza por



avenidas torrenciales para todo el territorio evaluado, sin zonas de amenaza media o alta a lo largo del mismo.

2.4.6 Conclusiones

Dada las connotaciones sobre la cual se acentúa el suelo urbano, de expansión y centros poblados de Cajicá, y los resultados de las modelaciones numéricas a escala rural implementados para modelar el fenómeno de estudio, se concluye que en general Cajicá puede presentar avenidas torrenciales sobre el cerro occidental, pero que dada las magnitudes de los eventos tanto registrados como simulados, no se evidencia que haya exposición de elementos sobre las zonas urbanas, siendo concordante con la ausencia de registros históricos que indiquen una amenaza potencial de avenidas torrenciales sobre el área urbana del municipio de Cajicá.

La dinámica fluvial del sector es proveniente de las actividades del Río Bogotá y Río Frío, los cuales se halla para Cajicá en su fase sinuosa, final, que indica que prevalece las actividades de erosión y transporte fluvial y no fluviotorrenciales, como si lo presenta los drenajes que nacen de los cerros occidentales. Los otros cuerpos hídricos identificados para el suelo urbano comprenden vallados y canales que son alimentados por el Río Frío y por las aguas lluvias, con lo cual solo se contempla como amenaza latente el fenómeno de inundación que actualmente vive y no eventos derivados de fenómenos fluviotorrenciales.

No existen drenajes con características torrenciales dentro del casco urbano y los centros de expansión, ni existen drenajes cercanos que puedan afectar de forma indirecta la zona urbana por la ocurrencia de avenidas torrenciales.

El casco urbano del municipio cuenta con depósitos no litificados y materiales no consolidados, condición que sugiere la presencia de sedimentos disponibles para ser potencialmente arrastrados. No obstante, la baja pendiente topográfica, ausencia de drenajes naturales y las condiciones climáticas propician una baja amenaza por avenidas torrenciales en la cabecera municipal, suelos de expansión y centros poblados.

2.4.7 Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza y condición de riesgo; Suelos Urbanos

2.4.7.1 Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza

Conforme a lo señalado en el Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto 1077 de 2015), las áreas con condición de amenaza se definen bajo los siguientes lineamientos:



 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	

“Áreas con condición de amenaza, son las zonas o áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establezca en la revisión o expedición de un nuevo POT, la necesidad de clasificarlas como suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales para permitir su desarrollo.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.1.3, Parágrafo 1).

“Con fundamento en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican aquellas áreas sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en las que en la revisión o en la expedición de un nuevo POT se proponga su desarrollo.

La identificación de estas áreas se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta y media, sin ocupar en los estudios básicos con aquellas que se consideren como objeto de desarrollo. En todo caso, el desarrollo de las zonas de amenaza media y alta sin ocupar quedará sujeto a los resultados de los estudios detallados.

Con esta información se elabora el mapa con la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza y se establecen los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis en las áreas que serán objeto de estudios detallados.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.4).

El proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza es:

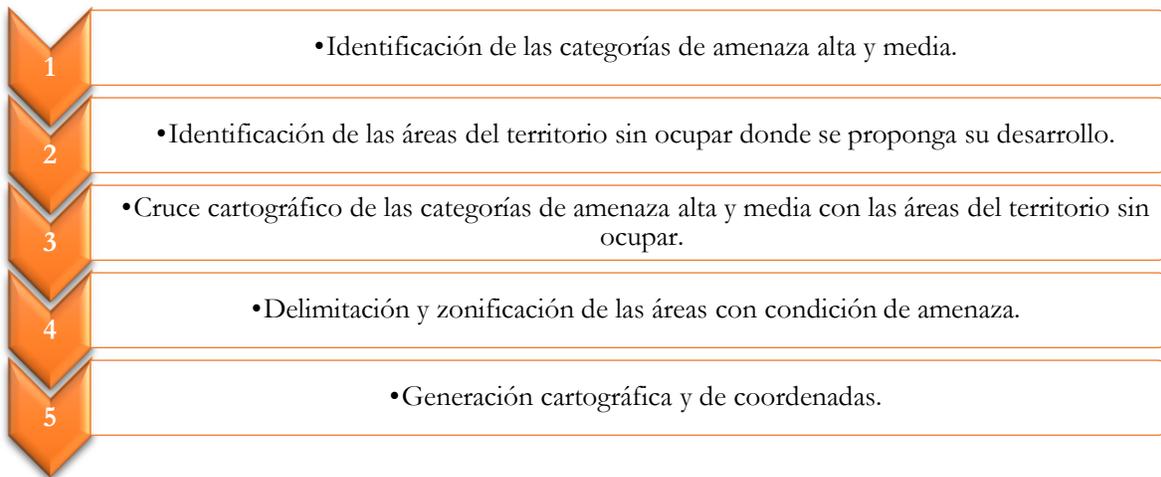


Ilustración 38. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

1. Se identifican las categorías de amenaza MEDIA y ALTA resultado de la ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	CAJICÁ	

- Se determinan las áreas del territorio sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en los que se proponga su nuevo desarrollo; en el caso del suelo urbano y de expansión urbana, obedecen a aquellas áreas del territorio con tratamiento urbanístico de desarrollo que *“son las determinaciones del componente urbano del plan de ordenamiento territorial o de los instrumentos que lo desarrollen y complementen que regulan la urbanización de predios urbanizables no urbanizados en suelo urbano o de expansión urbana.”* (Decreto 1077 de 2015, art. 2.2.1.1).
- Se realiza el cruce cartográfico mediante el uso de sistemas de información geográfica, teniendo en cuenta las categorías de amenaza alta y media junto con las áreas del territorio sin ocupar identificadas en el paso anterior.

Una vez realizado el cruce cartográfico, se determinan que para el suelo urbano principal, el suelo urbano La Capellanía y los suelo de expansión urbana, no se presentan áreas en condición de amenaza por Avenidas torrenciales, esto debido a los resultados de la zonificación básica de amenaza.

2.4.7.2 Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo

Conforme a lo señalado en el Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto 1077 de 2015), las áreas con condición de riesgo se definen bajo los siguientes lineamientos:

“Áreas con condición de riesgo, corresponden a las zonas o áreas del territorio municipal clasificadas como de amenaza alta que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como en las que se encuentren elementos del sistema vial, equipamientos (salud, educación, otros) e infraestructura de servicios públicos.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.1.3, Parágrafo 1).

“Con fundamento en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican las áreas con condición de riesgo, a fin de priorizar las áreas en las cuales se deben realizar estudios detallados.

La identificación de las áreas con condición de riesgo se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta en los estudios básicos, con la información cartográfica (predial o catastral, entre otras) disponible que permita identificar la existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.5).

El proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo es:

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	

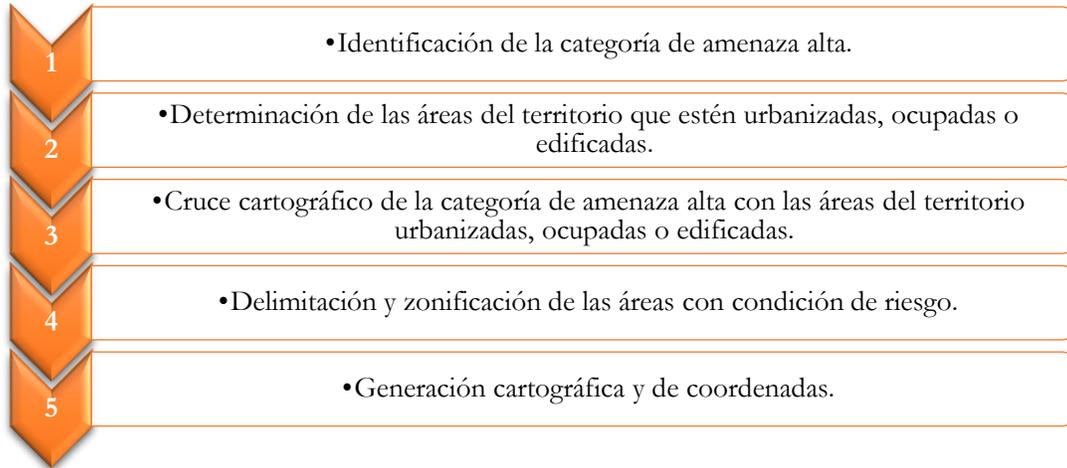


Ilustración 39. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

1. Se identifican la categoría de amenaza ALTA resultado de la ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL.
2. Se determinan las áreas del territorio que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas, en el caso del suelo urbano y de expansión urbana, obedecen a aquellas áreas del territorio donde se encuentren elementos expuestos de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales (*Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.5*).
3. Se realiza el cruce cartográfico mediante el uso de sistemas de información geográfica, teniendo en cuenta la categoría de amenaza alta junto con las áreas del territorio urbanizadas ocupadas o edificadas identificadas en el paso anterior.

Una vez realizado el cruce cartográfico, se determinan que para el suelo urbano principal, el suelo urbano La Capellanía y los suelo de expansion urbana, no se presentan áreas en condición de riesgo por Avenidas torrenciales, esto debido a los resultados de la zonificación básica de amenaza.

2.4.8 Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza y condición de riesgo; Centros Poblados

2.4.8.1 Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza

Conforme a los señalado en el Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto 1077 de 2015), las áreas con

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	

condición de amenaza se definen bajo los siguientes lineamientos:

“Áreas con condición de amenaza, son las zonas o áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establezca en la revisión o expedición de un nuevo POT, la necesidad de clasificarlas como suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales para permitir su desarrollo.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.1.3, Parágrafo 1).

“Con fundamento en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican aquellas áreas sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en las que en la revisión o en la expedición de un nuevo POT se proponga su desarrollo.

La identificación de estas áreas se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta y media, sin ocupar en los estudios básicos con aquellas que se consideren como objeto de desarrollo. En todo caso, el desarrollo de las zonas de amenaza media y alta sin ocupar quedará sujeto a los resultados de los estudios detallados.

Con esta información se elabora el mapa con la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza y se establecen los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis en las áreas que serán objeto de estudios detallados.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.4).

El proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza es:

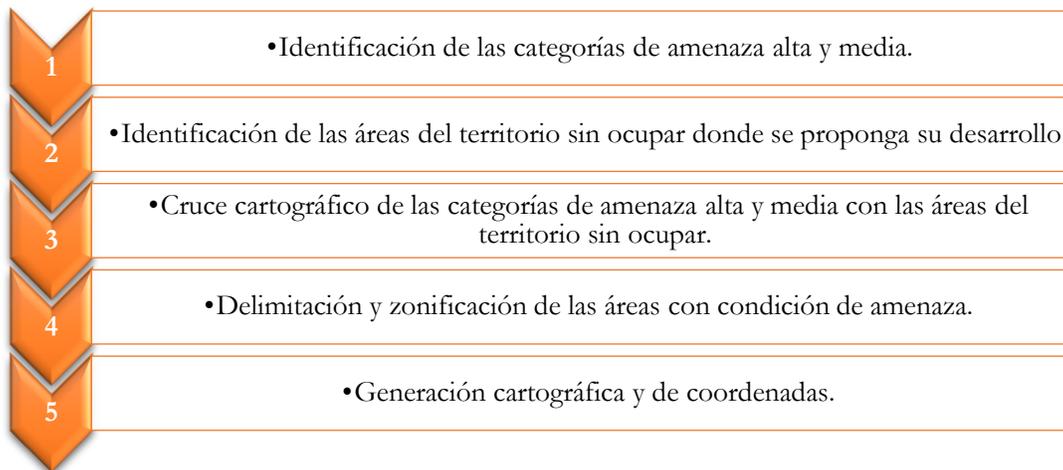


Ilustración 40. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

1. Se identifican las categorías de amenaza MEDIA y ALTA resultado de la ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C&C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	CAJICÁ	

- Se determinan las áreas del territorio sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en los que se proponga su nuevo desarrollo; en el caso de los centros poblados, obedecen a aquellas áreas del territorio con tratamiento urbanístico de desarrollo que *“son las determinaciones del componente urbano del plan de ordenamiento territorial o de los instrumentos que lo desarrollen y complementen que regulan la urbanización de predios urbanizables no urbanizados en suelo urbano o de expansión urbana.”* (Decreto 1077 de 2015, art. 2.2.1.1).
- Se realiza el cruce cartográfico mediante el uso de sistemas de información geográfica, teniendo en cuenta las categorías de amenaza alta y media junto con las áreas del territorio sin ocupar identificadas en el paso anterior.

Una vez realizado el cruce cartográfico, se determinan que para los centros poblados, no se presentan áreas en condición de amenaza por Avenidas torrenciales, esto debido a los resultados de la zonificación básica de amenaza.

2.4.8.2 Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo

Conforme a lo señalado en el Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto 1077 de 2015), las áreas con condición de riesgo se definen bajo los siguientes lineamientos:

“Áreas con condición de riesgo, corresponden a las zonas o áreas del territorio municipal clasificadas como de amenaza alta que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como en las que se encuentren elementos del sistema vial, equipamientos (salud, educación, otros) e infraestructura de servicios públicos.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.1.3, Parágrafo 1).

“Con fundamento en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican las áreas con condición de riesgo, a fin de priorizar las áreas en las cuales se deben realizar estudios detallados.

La identificación de las áreas con condición de riesgo se realizará a partir del análisis de las áreas zonificadas como de amenaza alta en los estudios básicos, con la información cartográfica (predial o catastral, entre otras) disponible que permita identificar la existencia de elementos expuestos, de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.5).

El proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo es:

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	

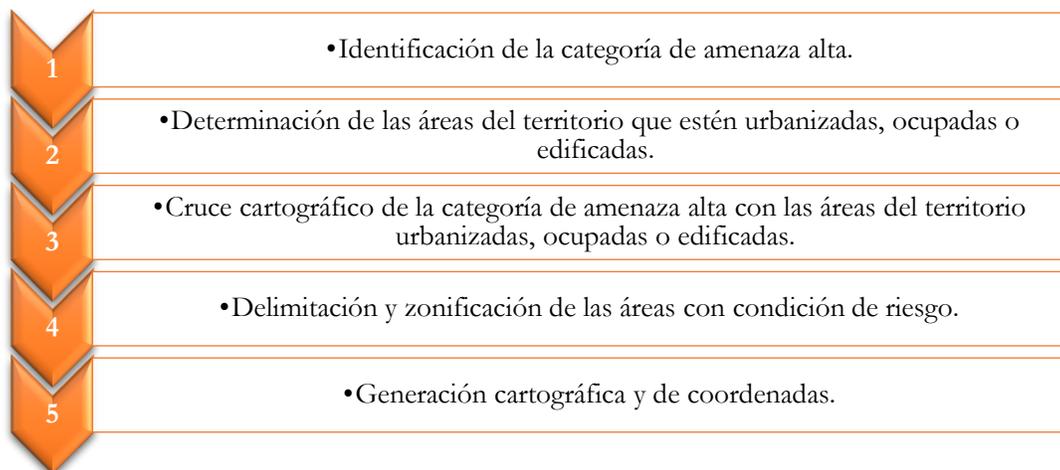


Ilustración 41. Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo.

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

1. Se identifican la categoría de amenaza ALTA resultado de la ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA POR AVENIDA TORRENCIAL.
2. Se determinan las áreas del territorio que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas, en el caso del suelo urbano y de expansión urbana, obedecen a aquellas áreas del territorio donde se encuentren elementos expuestos de áreas urbanizadas, ocupadas o edificadas, así como de aquellas en las que se encuentren edificaciones indispensables y líneas vitales (*Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.5*).
3. Se realiza el cruce cartográfico mediante el uso de sistemas de información geográfica, teniendo en cuenta la categoría de amenaza alta junto con las áreas del territorio urbanizadas ocupadas o edificadas identificadas en el paso anterior.

Una vez realizado el cruce cartográfico, se determinan que para los centros poblados, no se presentan áreas en condición de riesgo por Avenidas torrenciales, esto debido a los resultados de la zonificación básica de amenaza.

2.4.9 Medidas de Intervención

Se establecen las siguientes medidas de manejo especial para las zonas calificadas como de amenaza alta y media en los suelos rurales no suburbanos:

1. Teniendo en cuenta la zonificación por el fenómeno de estudio, se considera pertinente como medida de prevención tener presente el acuerdo del numeral 1 correspondiente al Decreto 1449 de

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENCIAL	

1977, donde se considera la conservación de la zona de ronda de los cuerpos de agua (ronda hídrica), adicionalmente se debe restringir el uso residencial de dicha área. Lo anterior, con el fin de mitigar y reducir la amenaza a la ocurrencia de avenidas torrenciales.

2. Como medida no estructural se recomienda tomar acciones de prevención por parte de los entes gubernamentales encargados de la gestión del riesgo, con el fin de generar concientización en los habitantes para que no se vean alteradas las condiciones de suelo y con ello de los cauces que atraviesan la zona urbana principal, ya que, esto favorece a la ocurrencia de avenidas torrenciales. Adicionalmente, es importante tener en cuenta el capítulo 2 del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres el cual recomienda comunicación directa con los habitantes que se encuentran en zonas de alta y media amenaza por avenidas torrenciales con el fin de suministrar información frente a las indicaciones del antes, durante y después del desarrollo del fenómeno.

3. En caso de hacer una reglamentación excepcional del ordenamiento y se llegue a desarrollar como zona urbana que contenga zonas de expansión, se sugiere que la ubicación del desarrollo y zona a intervenir se ejecute técnicamente teniendo en cuenta la topografía del sector, expandiéndose hacia las zonas con cotas topográficamente más altas correspondiente a cimas y no hacia las laderas de los lomos, ya que, puede afectar la parte alta de las cuencas y con ello las condiciones hidrológicas de los drenajes circundantes.

4. Los estudios detallados que se realicen en las áreas de condición de amenaza que arrojen como resultado, que los fenómenos son mitigables, deberán definir las obras de mitigación y control y se deben adjuntar los diseños específicos, para el trámite de licencias urbanísticas

5. Se sugieren de igual manera medidas no estructurales generales o que pueden ser llevadas a cabo para esta amenaza. Estas medidas son frecuentes y eficaces; ya que enmarcan campañas para preservar los cauces y recursos hídricos, campañas de educación para evitar la construcción en zonas aledañas a los ríos y planes para evitar y mitigar el riesgo por inundación y avenidas torrenciales.

6. Se debe implementar acciones básicas para el conocimiento, capacitación, sensibilización y comunicación de los riesgos presentes y manejo de desastres a través de la participación comunitaria e institucional generando empoderamiento de las comunidades con el fin de lograr una cultura para la educación y prevención en lo ambiental de la gestión del riesgo de desastres con el fin de reducir su vulnerabilidad.

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA		 ARCO C & C
	SUELOS URBANO, EXPANSIÓN URBANA. Y CENTROS POBLADOS	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZAS POR AVENIDA TORRENICIAL	

BIBLIOGRAFÍA

- Aristizábal, E., Arango Carmona, M. I., & García López, I. K. (2020). Definición y clasificación de las avenidas torrenciales y su impacto en los Andes colombianos. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 242-258.
- Caballero, & Mejía. (1998). Algunos comentarios acerca del evento torrencial de la Quebrada Ayurá (Envigado) del 14/04/1998 y sus implicaciones en la evaluación de la amenaza al municipio. *Memorias 2da conferencia sobre riesgos geológicos en el Valle de Aburrá*.
- Castro. (2007). Deslizamientos y Avenidas Torrenciales. *Cosmos, Año 10, No 41*.
- Durán, Elízaga, Garzón, Lamas, & Prieto. (2008). Geología y prevención de daños por inundaciones. *Instituto Geológico Minero de España*.
- Inzunza, J. (2006). *Meteorología descriptiva, capítulo 4*. Obtenido de http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/cap4_Inzunza_Temperatura.pdf
- Piedrahíta. (1996). Estudio preliminar por eventos torrenciales en la vertiente occidental del Río San Juan (Suroeste Antioqueño). *Desastres de origen natural de Colombia 1979-2004*, 109-120.
- Rendón. (1997). La Hidráulica Torrencial. *DYNA*.
- Rodine, & Johnson. (1976). The ability of Debris, heavily freighted with coarse clastic materials, to flow on gentle slopes. *Sedimentology*, 231-234.
- Sánchez, F. (2017). *Hidrología superficial y subterránea*. Salamanca: Createspace Independent Pub 414.
- Servicio Geológico Colombiano. (2015). *Geología de la plancha 228 Bogotá Noreste*. Bogotá: MinMinas.
- Takahashi. (1981). Debris Flow. *Annual Reviews in Fluid Mechanics*, 57-77.
- Tito, M., Zamanillo, E., & Díaz, E. (2016). *Metodologías de análisis de frecuencia en variables hidrológicas y el Fenómeno del Niño*. Cuadernos del Curihan, vol. 22.
- Urrea, & Vásquez. (1996). Caracterización, Cartografía y Estrategias de manejo de las cuencas hidrográficas torrenciales del municipio de Guatapé. *Universidad Nacional de Colombia*.
- Vergara, J. G., De la Espriella, R., & Cortés, R. (2006). *Vulcanismo cenozoico en la sabana de Bogotá*. Bogotá: Ciencias de la tierra.