

# Municipio de Cajicá

## Cundinamarca

### Capítulo 3:

### Estudio Básico de Amenaza por Inundación

#### Subcapítulo 1: Suelo Rural



2021



## TABLA DE CONTENIDO

<b>3.1.1.</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
3.1.1.1.	Objetivo general.....	12
3.1.1.2.	Objetivos específicos .....	12
<b>3.1.2.</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ESTUDIO .....</b>	<b>12</b>
3.1.2.1.	Área de estudio.....	13
<b>3.1.3.</b>	<b>GEOMORFOLOGÍA.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1.4.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>17</b>
3.1.4.1.	Tipos de amenazas.....	19
3.2.4.2	Análisis general.....	20
3.2.4.3	Amenaza pluvial.....	21
3.2.4.3.1	Modelación hidráulica de los hidrosistemas.....	23
3.2.4.3.2	Modelos de evaluación de la amenaza .....	25
3.2.4.4	Modelación HEC-HMS.....	26
3.2.4.2	Modelación FLO 2D.....	29
<b>3.1.5.</b>	<b>INSUMOS.....</b>	<b>31</b>
3.1.5.1.	ANTECEDENTES.....	31
3.1.5.1.1.	Plan Municipal de la Gestión del Riesgo (PMGR) (Consortio Consultoría Cajicá, 2019)	31
3.1.5.1.2.	Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Rio Bogotá (POMCA, 2019)	32
3.1.5.1.3.	Acuerdo N° 16 de 2014.....	35
3.1.5.1.4.	Áreas afectadas por inundaciones evento de la Niña 2010-2011 (IDEAM).....	39



3.1.5.2.	ANÁLISIS HISTÓRICO DE LOS EVENTOS DE INUNDACIÓN .....	40
3.1.5.2.1	Problemáticas de inundación suelo rural.....	50
3.1.5.3	LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO.....	63
3.1.5.3.1	Elaboración del plan de trabajo .....	63
3.1.5.3.1.1	Elección de estaciones de trabajo .....	63
3.1.5.3.2	Trabajo de campo.....	66
3.1.5.3.2.1	Recopilación de la información.....	66
3.1.5.3.2.2	Estaciones de trabajo .....	67
3.1.5.3.3	Post-procesamiento de datos .....	89
3.1.5.3.4	Canales y Vallados.....	89
3.1.5.3.5	Río Bogotá y Río Frio.....	93
3.1.5.4	ANÁLISIS MULTITEMPORAL .....	94
3.1.5.4.1	Recopilación de información base.....	95
3.1.5.4.2	Componentes geomorfológicas .....	96
3.1.5.4.3	Geoformas de origen Fluvial y Lagunar .....	97
3.1.5.4.4	Geoformas de origen Antropogénico.....	99
3.1.5.4.5	Geoformas de origen denudacional .....	100
3.1.5.4.6	Análisis geomorfológico multitemporal .....	105
<b>3.1.5</b>	<b>PROCESO DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA.....</b>	<b>114</b>
3.1.5.1	Área de estudio .....	114
3.1.5.2	Curvas de intensidad frecuencia duración (IDF) .....	117
3.1.5.3	Hietogramas de diseño .....	117
3.1.5.4	Eventos extremos de caudales .....	119



3.1.5.5	Tiempo de retardo.....	120
3.1.5.6	Curva número (CN) .....	120
3.1.5.7	Coeficiente de Manning (n) .....	120
3.1.5.8	Resultados modelación hidrológica.....	122
<b>3.1.6</b>	<b>RESULTADOS MODELACIÓN ZONA RURAL.....</b>	<b>128</b>
3.1.6.1	Resultados velocidades máximas .....	131
3.1.6.2	Resultados profundidades máximas .....	134
<b>3.1.7</b>	<b>ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIONES.....</b>	<b>137</b>
3.1.7.1	Categorización de la amenaza.....	137
3.1.1.1.	Mapa de amenaza por inundación del municipio de Cajicá. ....	139
<b>3.1.8</b>	<b>COMPARACIONES .....</b>	<b>143</b>
<b>3.1.9</b>	<b>VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO .....</b>	<b>147</b>
3.1.9.1	Variabilidad climática.....	148
3.1.9.1.1	Variabilidad climática mensual.....	148
3.1.9.1.2	Variabilidad climática interanual.....	149
3.1.9.1.3	Fenómenos ENOS.....	149
3.1.9.1.4	Oscilación Madden-Julian.....	156
3.1.9.1.5	Oscilación Cuasi-bienal .....	158
3.1.9.2	Cambio climático.....	160
<b>3.1.10</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>170</b>
<b>3.1.11</b>	<b>DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA Y CON CONDICIÓN DE RIESGO .....</b>	<b>173</b>
3.1.11.1.	Delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza.....	173
3.1.11.2.	Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo .....	177

 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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

**3.1.12 MEDIDAS DE INTERVENCIÓN ORIENTADAS A ESTABLECER RESTRICCIONES Y CONDICIONAMIENTOS MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE NORMAS URBANÍSTICAS..... 180**

**3.1.13 REFERENCIAS..... 186**



## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Área de estudio de amenaza por inundación, área rural del municipio de Cajicá, Cundinamarca.....	14
<b>Ilustración 2.</b> Mapa geomorfológico del área municipal de Cajicá.....	16
<b>Ilustración 3</b> Modelo hidrológico HEC-HMS.....	27
<b>Ilustración 4.</b> Criterios para la definición de la amenaza por inundaciones.....	32
<b>Ilustración 5.</b> Mapa de amenaza por inundaciones.....	35
<b>Ilustración 6.</b> Mapa de amenaza por inundaciones.....	36
<b>Ilustración 7.</b> a) Mapa de vulnerabilidad por inundaciones. b) Mapa de riesgo por inundaciones.....	37
<b>Ilustración 8.</b> Mapa punto críticos inundación POMCA.....	38
<b>Ilustración 9.</b> Áreas afectadas niña 2010-2011.....	39
<b>Ilustración 10.</b> Registro anual de inundaciones en Cajicá.....	45
<b>Ilustración 11.</b> Registro mensual histórico de inundaciones en Cajicá.....	46
<b>Ilustración 12.</b> Ubicación de la ocurrencia de inundaciones en el municipio de Cajicá.....	48
<b>Ilustración 13.</b> Número de inundaciones por localización en el municipio de Cajicá.....	49
<b>Ilustración 14.</b> Canal estancado sin descarga - sector vía Cajicá-Hatogrande, predio La Balsa.	51
<b>Ilustración 15.</b> Canal estancado sin descarga - sector Río Bogotá, predio La Balsa.....	52
<b>Ilustración 16.</b> Descarga de un brazo de la Quebrada de la Cruz – Sector Puerta del Sol.....	52
<b>Ilustración 17.</b> Quebrada de la Cruz.....	54
<b>Ilustración 18.</b> Río Bogotá -Sector Vereda Calahorra.....	55
<b>Ilustración 19.</b> Río Bogotá -Sector Vereda Calahorra.....	55
<b>Ilustración 20.</b> Quebrada sin identificación (Q. Manas). .....	56
<b>Ilustración 21.</b> Canalización Quebrada El Campo.....	57



<b>Ilustración 22.</b> Canal longitudinal -Sector Vereda Chuntame.....	58
<b>Ilustración 23.</b> Rio Frío -Sector Vereda Canelón.....	59
<b>Ilustración 24.</b> Ubicación del humedal Chunguá.....	61
<b>Ilustración 25.</b> Localización geográfica de los humedales de Cajicá.....	62
<b>Ilustración 26.</b> Estaciones de trabajo seleccionadas por el equipo de trabajo.....	65
<b>Ilustración 27.</b> Ejemplo de bitácoras utilizadas en la labor de campo.....	66
<b>Ilustración 28.</b> Proceso en el levantamiento de datos GNSS.....	67
<b>Ilustración 29.</b> Mapa de componentes morfogénéticos para el área de estudio. Izquierda año 1960, derecha año 1983.....	103
<b>Ilustración 30.</b> Mapa de componentes morfogénéticos para el área de estudio. Izquierda año 2010, derecha año 2018.....	104
<b>Ilustración 31.</b> Detalle de la fotointerpretación para el componente geomorfológico de Meandro abandonado entre los años 1960 (izquierda) y 1983 (derecha). ....	107
<b>Ilustración 32.</b> Detalle de la fotointerpretación para el componente geomorfológico de Planicie y delta lacustre entre los años 1960 (izquierda) y 1983 (derecha). ....	108
<b>Ilustración 33.</b> Detalle de la fotointerpretación para el componente geomorfológico de Planicie y delta lacustre entre los años 1983 (izquierda) y 2010 (derecha) (Zona Río Grande).....	109
<b>Ilustración 34.</b> Detalle de la fotointerpretación para el componente geomorfológico de Canal artificial entre los años 1983 (izquierda) y 2010 (derecha). ....	110
<b>Ilustración 35.</b> Detalle de la fotointerpretación para el componente geomorfológico de Cuenca de decantación y Divagación de cauce activo entre los años 2010 (izquierda) y 2018 (derecha). ....	112
<b>Ilustración 36.</b> Detalle de la fotointerpretación para el componente geomorfológico Excavaciones entre los años 2010 (izquierda) y 2018 (derecha). ....	113
<b>Ilustración 37</b> Área de estudio rural de Cajicá. ....	116
<b>Ilustración 38</b> Hietogramas de precipitación de diseño para T=2.33 años, Tr= 25 años y Tr=100 años estación de La Cosecha - AUT [21205910].....	118



<b>Ilustración 39</b> Hietogramas de precipitación de diseño para $T=2.33$ años, $Tr= 25$ años y $Tr=100$ años estación Tabio Granja [21201630].	119
<b>Ilustración 40</b> Valor del coeficiente de Manning (n) rural Cajicá-Cundinamarca.	121
<b>Ilustración 41</b> Modelo HEC-HMS cuencas aportante zona rural.	122
<b>Ilustración 42</b> Hidrogramas de las cuencas aportantes Quebrada del Campo para periodos de retorno de: (a) 2.33 años. (b) 50 años. (c) 100 años.	123
<b>Ilustración 43</b> Hidrogramas de las cuencas aportantes Quebrada Pozo Hondo para periodos de retorno de: (a) 2.33 años. (b) 50 años. (c) 100 años.	124
<b>Ilustración 44</b> Hidrogramas de las cuencas aportantes Quebrada Manas para periodos de retorno de: (a) 2.33 años. (b) 50 años. (c) 100 años.	125
<b>Ilustración 45</b> Hidrogramas de las cuencas aportantes canalización longitudinal hasta Río Frío para periodos de retorno de: (a) 2.33 años. (b) 50 años. (c) 100 años.	126
<b>Ilustración 46</b> Resultados velocidades de flujo ( $Tr=2.33$ años) zona rural de Cajicá (Veredas Rio Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón).	131
<b>Ilustración 47</b> Resultados velocidades de flujo ( $Tr=25$ años) zona rural de Cajicá (Veredas Rio Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón).	132
<b>Ilustración 48</b> Resultados velocidades de flujo ( $Tr=100$ años) zona rural de Cajicá (Veredas Rio Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón).	133
<b>Ilustración 49</b> Resultados profundidad de flujo ( $Tr=2.33$ años) zona rural de Cajicá (Veredas Rio Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón).	134
<b>Ilustración 50</b> Resultados profundidad de flujo ( $Tr=25$ años) zona rural de Cajicá (Veredas Rio Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón).	135
<b>Ilustración 51</b> Resultados profundidad de flujo ( $Tr=100$ años) zona rural de Cajicá (Veredas Rio Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón).	136
<b>Ilustración 52</b> Matriz amenaza por inundación.	138
<b>Ilustración 53.</b> Zonificación de amenaza por inundación Cajicá-Cundinamarca.	142



**Ilustración 54.** Comparativo de los resultados del POMCA Río Bogotá y zonificación realizada por la consultoría ARCO C&C. .... 144

**Ilustración 55.** Comparativos de los resultados de zonificación Acuerdo N°16 de 2014 y zonificación realizada por la consultoría ARCO C&C. .... 146

**Ilustración 56.** Comparativos de los resultados de zonificación Áreas afectadas por inundaciones eventos Niña 2010-2011 (IDEAM) y zonificación realizada por la consultoría ARCO C&C.. 147

**Ilustración 57.** Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza. .... 174

**Ilustración 58.** Zonificación de las áreas con condición de amenaza. .... 176

**Ilustración 59.** Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo. .... 178

**Ilustración 60.** Zonificación de las áreas con condición de riesgo. .... 179

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones técnicas para la elaboración de estudios básicos de amenaza por inundación. .... 12

Tabla 2. Resumen parámetros de drenaje y caudales estimados zona rural. .... 22

Tabla 3. Registros históricos de Inundación en el área rural del municipio de Cajicá. .... 41

**Tabla 4.** Registros históricos de Inundación comparando precipitación en el área rural del municipio de Cajicá, Cundinamarca. .... 43

**Tabla 5.** Estaciones topo batimétricas del trabajo de campo. .... 68

**Tabla 6.** Profundidades de los cuerpos de agua con ancho mayor a 2 metros ..... 89

**Tabla 7.** Comparación de las secciones transversales de los DEM ..... 91

**Tabla 8.** Comparación aguas abajo de los DEM sobre un vallado ..... 91

**Tabla 9.** Contraste de los resultados de MDE con la incorporación de las topobatimetrías ..... 93



**Tabla 10.** Relación de fotografías aéreas e imágenes satelitales encontradas para la zona de estudio ..... 95

**Tabla 11.** Componentes geomorfológicos interpretados en el área de estudio para los diferentes tiempos..... 100

**Tabla 12.** Comparación en extensión de área (ha) de cada uno de los componentes morfogénéticos en cada imagen fotointerpretada, como también el cambio generado en área (ha) ..... 105

**Tabla 13.** Ajuste distribuciones de probabilidad caudales máximos. .... 119

**Tabla 14.** Resultados HEC-HMS zona rural Cajicá-Cundinamarca. (Tr=2.33, 25 y 100 años). ..... 127

**Tabla 15.** Valores de intensidades para categorización de la amenaza por inundación. .... 137

**Tabla 16.** Categorización de la amenaza por inundación..... 138

**Tabla 17.** Categorización de la amenaza por Inundación. .... 138

**Tabla 18:** Resumen de las áreas con condición de amenaza..... 177

**Tabla 19.** Resumen de las áreas con condición de riesgo. .... 180

## LISTA DE GRÁFICOS

**Gráfico 1.** Diagrama de flujo de la metodología de inundación en suelo rural. .... 18

**Gráfico 2.** Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación. Amenaza por inundación..... 141



## INTRODUCCIÓN

En el marco de la política nacional de Gestión del riesgo de desastres, del que trata la Ley 1523 de 2012, las entidades territoriales, por su misión y responsabilidad en la gestión del desarrollo social, económico y ambiental sostenible, así como los gobernadores y alcaldes que son parte del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en quienes recae la directa responsabilidad de conocer y reducir el riesgo y tomar decisiones que permitan el manejo de desastres en el área de su jurisdicción en búsqueda de conducir al desarrollo local, lo cual involucra la planeación del territorio a través de los planes de ordenamiento territorial integrando de esta manera la gestión del riesgo de desastres, tal y como lo señala la Ley 388 de 1997, que relaciona la prevención de amenazas y riesgos naturales y el señalamiento y localización de las áreas de riesgo para asentamientos humanos, así como las estrategias de manejo de zonas expuestas a amenazas y riesgos, por tal razón, se establecen los estudios básicos de amenaza por inundación para el área rural del municipio de Cajicá, como una acción estratégica en materia del conocimiento y reducción de fenómenos amenazantes en el territorio.

La metodología empleada para la evaluación de amenaza por inundación del suelo rural del municipio de Cajicá será por el método de análisis de procesos jerárquicos, basado en dos pilares fundamentales, el componente físico del área de estudio y el componente hidrometeorológico.

El presente estudio básico es realizado a escala 1: 25.000, con el fin de dar cumplimiento al decreto 1807 de 2014 compilado en el decreto 1077 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, que contempla las definiciones para estudios básicos de amenaza que se desarrollen en suelo rural.

En adición, el presente documento contempla los objetivos básicos de que trata el estudio, en aras de contribuir al conocimiento de la amenaza por inundación en suelo rural y las medidas de mitigación, consecuentemente se presentan las especificaciones del estudio y el área de estudio, los eventos históricos de inundación ocurridos en el área rural del municipio de Cajicá, seguido de la explicación en detalle de la metodología y los resultados obtenidos. Finalmente se presentan las medidas de intervención orientadas a establecer restricciones y condicionantes mediante la determinación de normas urbanísticas para las áreas categorizadas en alto y medio.



### 3.1.1. OBJETIVOS

#### 3.1.1.1. Objetivo general

Realizar el estudio básico de amenaza por inundación en el suelo rural del municipio de Cajicá estableciendo las condiciones y escalas para incorporar de manera gradual la gestión del riesgo en la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo del esquema de ordenamiento territorial, en el marco de la Ley 1523 del 2012, Decreto 1807 de 2014, compilado en el Decreto 1077 de 2015.

#### 3.1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar y zonificar las áreas en condición de amenaza por inundación en el suelo rural, aplicando el método de estimación por análisis hidráulico, hidrológico y geomorfológico.
- Realizar verificación en campo antes y después de la obtención de resultados según la metodología, con el fin de minimizar el error y verificar la zonificación resultante.
- Realizar el Informe final con el mapa de zonificación y su correspondiente categorización para el fenómeno de inundación.

### 3.1.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ESTUDIO

El estudio básico de amenaza por inundación en el suelo rural del municipio de Cajicá, Cundinamarca, cuenta con las especificaciones técnicas descritas en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Especificaciones técnicas para la elaboración de estudios básicos de amenaza por inundación.

Especificaciones técnicas para la elaboración de estudios básicos de inundación	
Especificación	Descripción
Área de Estudio	Área rural del municipio de Cajicá. Se refiere al área determinada por el municipio como suelo rural, en la que, se pueden presentar condiciones de amenaza por inundación. El estudio se realiza a escala 1:25.000 lo que condiciona la unidad mínima a cartografiar, en este caso un área de 1,5625 ha.
Metodología	La metodología aplicada es determinística y se basa en dos componentes principales, el componente hidrometeorológico y el componente físico. La interacción entre ambos componentes permite tener resultados de análisis en función de los escenarios críticos. La unidad hidrometeorológica caracteriza la lluvia o los cuerpos hídricos basados en registros históricos

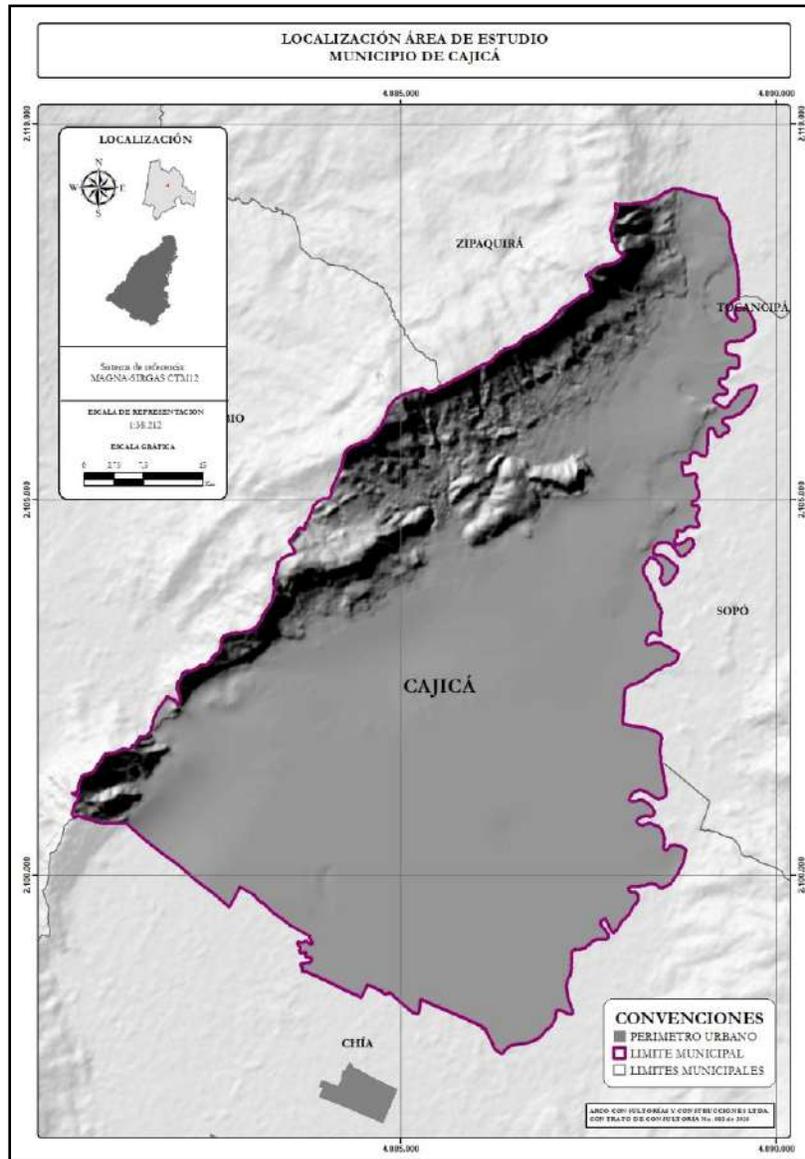
 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA			 ARCO C&C
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

Especificaciones técnicas para la elaboración de estudios básicos de inundación	
Especificación	Descripción
	proporcionados por entidades nacionales y con las cuales se hacen estimaciones estadísticas para determinar los escenarios máximos. El componente físico define la capacidad hidráulica, los niveles de energía específica, la velocidad crítica, regímenes del flujo, entre otras variables hidráulicas de cada cuerpo de agua que evaluados bajo escenarios críticos permite la caracterización de la amenaza. Los criterios de evaluación son basados en normas técnicas colombianas y la experiencia del especialista.
<b>Insumos</b>	Para la generación del estudio de amenaza se utilizan como insumos: estudios preliminares de inundación para el área de estudio, cartografía base dentro de la que se incluye el mapa de límites políticos administrativos, vial, red hidrográfica y topográfico. Además, para la caracterización ambiental del área de estudio es necesario contar con información meteorológica suministrada por el IDEAM y la CAR, se utilizan además insumos tales como: cartografía básica del IGAC que no es modificada, cartografía del POMCA Rio Bogotá; y modelo digital de elevación, además de la información consultada en diferentes entidades y la información recopilada durante el trabajo de campo.
<b>Productos</b>	Como productos, se presentan los mapas de zonificación de amenaza por inundación y el presente documento técnico realizado para el área rural del municipio de Cajicá.

**Fuente:** Estructura ajustada del Decreto 1807 de 2014, MVCT.

### 3.1.2.1. Área de estudio

El municipio de Cajicá tiene una extensión de 269,489 km<sup>2</sup>. Se localiza en el centro del departamento de Cundinamarca, en dirección al norte del distrito capital del país a 193 km de esta. Siendo el tercer municipio más poblado luego de Zipaquirá y Chía, se ubica en la provincia Sabana Centro al destacarse por sus actividades de producción en cuanto a artesanías y tradiciones históricas. Limita al norte con el municipio de Zipaquirá, al sur con el municipio de Chía y cercano a este el distrito capital, por el oriente con el municipio de Sopo, por el occidente con el municipio de Tabio. Cajicá está conformado por un área rural compuesta por 4 veredas (90,92%); constituidas por 16 centros urbanos rurales y 27 sectores, la parte urbana (9,08%), constituida en el centro del municipio y en el barrio capellanía, localizado en las afueras del perímetro urbano en dirección norte confirmadas en el Plan Básico de Ordenamiento territorial.



**Ilustración 1.** Área de estudio de amenaza por inundación, área rural del municipio de Cajicá, Cundinamarca.

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



### 3.1.3. GEOMORFOLOGÍA

Las geoformas presentes en el área del suelo rural de Cajicá están asociadas a cuatro ambientes geomorfológicos. El ambiente de origen estructural denudativo (14.17%), definida por la litología y la disposición estructural de las rocas aflorantes, se presentan afectadas por procesos erosivos de moderada a baja intensidad y se caracterizan por su relieve montañoso a colinado de pendientes abruptas y escarpadas localmente. El ambiente fluvial y lagunar (74.69%) está vinculado a procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. Ambiente de origen denudativo (9.64%) definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial. El ambiente antrópico (1,5%) corresponde a las vías, taludes de corte y canteras. Para mayor información consultar el tomo de generalidades del municipio **capítulo I Numeral 1.4.6.**

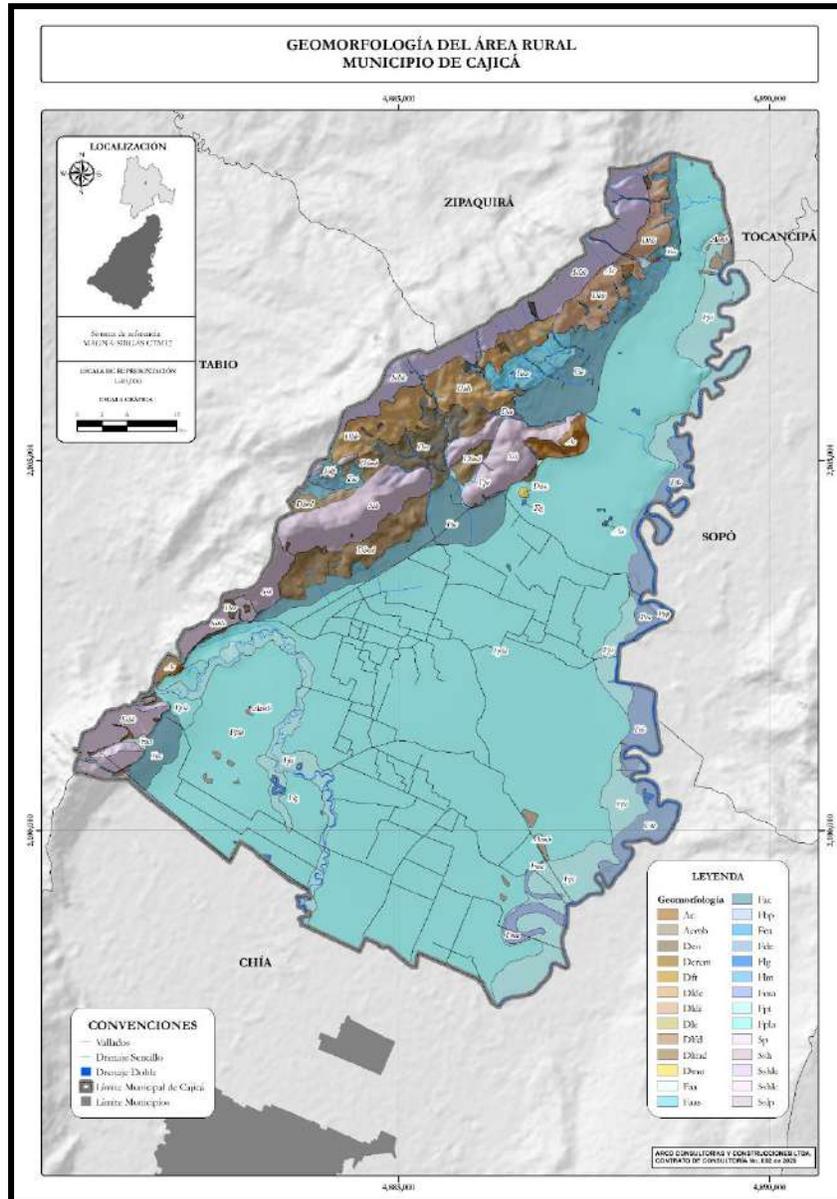


ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA  
INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL  
RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ -  
CUNDINAMARCA

SUELO  
RURAL

ESTUDIO BÁSICO DE  
AMENAZA POR  
INUNDACIÓN

CAJICÁ



**Ilustración 2.** Mapa geomorfológico del área municipal de Cajicá.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).



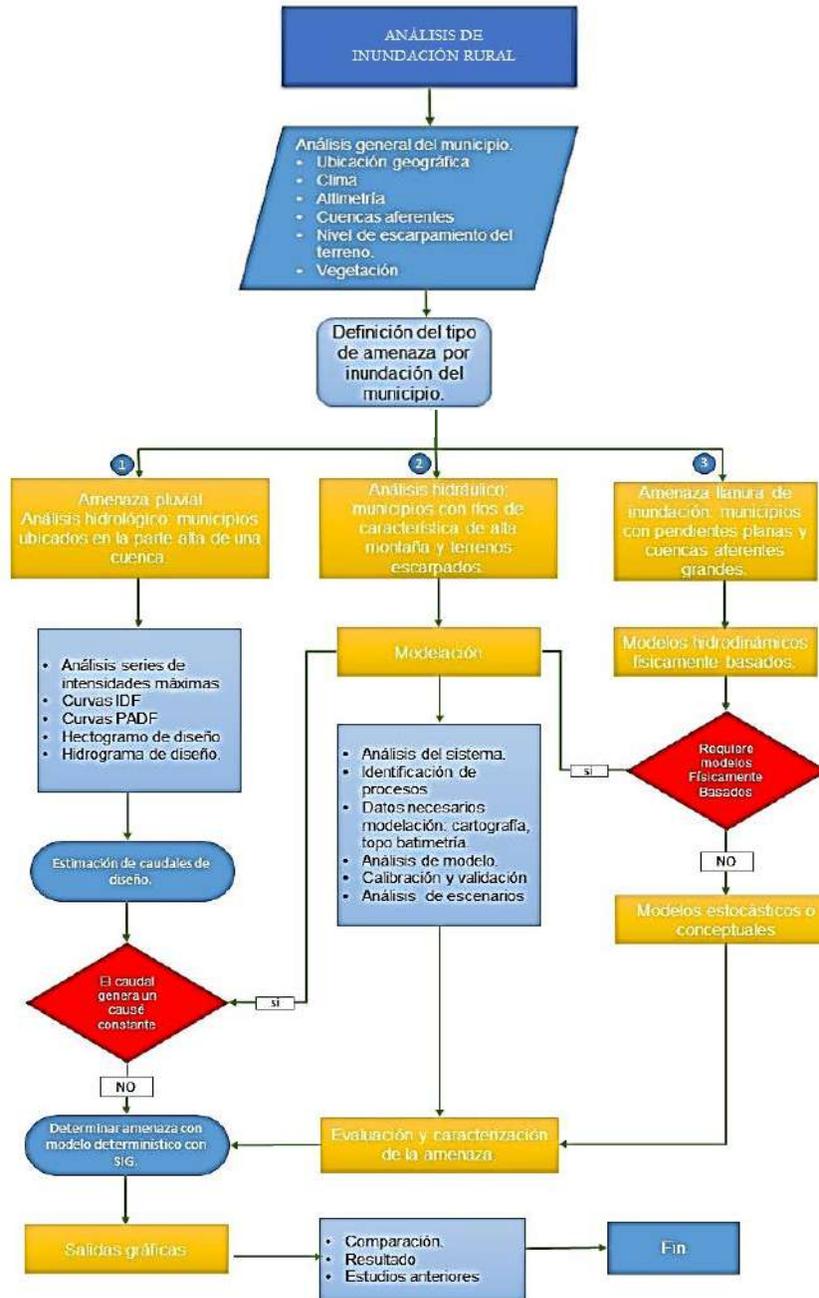
### 3.1.4. METODOLOGÍA

Las inundaciones son fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente. Se producen por lluvias persistentes y 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 y Suavita, 1997; INETER y COSUDE, 2005)

El reconocimiento del nivel de amenaza por inundación tiene por finalidad identificar las áreas que podrían ser afectadas por el aumento del nivel de agua en las corrientes y sobre las llanuras aluviales, también obliga a reconocer el comportamiento de las áreas que aportan los caudales que descargan en las corrientes de las cuencas.

La metodología contempla inicialmente un análisis general, el cual permite la determinación de factores relevantes para la zonificación tales como: temperatura, clima, altimetría, nivel de escapamiento del terreno, cuencas aferentes, geomorfología, cobertura de suelo, entre otras. Para el análisis de inundación en la zona urbana se tuvieron en cuenta dos factores: 1) Se determinan los caudales que ingresan al área de modelación de las cuencas aportantes, generados mediante el modelo de lluvias esorrentía HEC-HMS; dichos hidrogramas se transitan por los diferentes drenajes o canales con potencial amenaza por inundación. Como insumos del modelo se requirieron los hietogramas de diseño para los periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años; además de las áreas de las cuencas aportantes, el tiempo de retardo, el porcentaje de impermeabilidad y el valor de la curva número con el cual se describe el tipo de suelo. 2) Para los ríos Frio y Bogotá se tienen los caudales máximos instantáneos anuales y no hidrogramas de crecientes, debido a que el comportamiento mostrado sobre estas corrientes en periodos invernales, presentan un flujo quasi- estacionario para las crecientes máxima que se han presentado.

Una vez determinados los hidrogramas de los diferentes cuerpos de agua a modelar se emplea el software FLO 2D, donde se determina el comportamiento hidráulico que tendrán los diferentes caudales para cada uno de los periodos de retorno seleccionados, identificando la planicie de inundación de acuerdo a las elevaciones de la superficie de agua.



**Gráfico 1.** Diagrama de flujo de la metodología de inundación en suelo rural.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



Las corrientes tienen un funcionamiento normal dentro de unos rangos promedios tanto de flujo, sedimentos en movimiento y temperatura, entre otras variables que en conjunto con el ecosistema que le rodea constituyen un “equilibrio dinámico”. Cuando estas variables van más allá de sus rangos normales, este equilibrio puede perderse y el resultado de los ajustes necesarios de todo el ecosistema puede acarrear un conflicto focalizado en las zonas de influencia del fenómeno, con un fuerte impacto sobre las actividades económicas y sociales cotidianas, desarrolladas en las zonas de influencia de éste.

### 3.1.4.1. Tipos de amenazas

El resultado de los modelos de evaluación de la amenaza debe tener un respectivo análisis que indican los siguientes resultados.

- **Inundaciones lentas o progresivas:** Estas se presentan en las zonas planas cercanas a las riberas de los ríos cuando las precipitaciones permanecen por largo tiempo.

Los incrementos de nivel diarios, en plazos de tiempo considerables, suelen afectar grandes extensiones, pero usualmente crecen en orden de centímetros y la afectación es mínima. Este tipo de afectación se produce habitualmente por lluvias continuas o fuertes, sin embargo, hay otros factores que podrían importar a la hora de analizar este fenómeno, como, por ejemplo, la incapacidad de los suelos para absorber la cantidad de agua recibida, la canalización parcial e inadecuada de algunos tramos de río y materiales en suspensión de la escorrentía, por mencionar algunos. Los daños ocasionales que causa una inundación de este tipo se centran en los cimientos y materiales de las construcciones aledañas a los cauces.

- **Inundaciones torrenciales o súbitas:** Ocurren ante tormentas fuertes en cuencas de alta pendiente y con baja cobertura vegetal. Este tipo de amenaza suele distinguirse porque habitualmente tiene una afectación en áreas más pequeñas de las que afectaría una inundación lenta y en periodos de tiempo mucho más cortos, en el orden de metros en unas pocas horas. Este tipo de amenaza se presenta comúnmente en las pendientes altas de las cuencas; su principal característica es la fuerza y la velocidad de la corriente, capaz de arrasar con estructuras sólidas de gran tamaño. El poder destructivo es mucho mayor al de una inundación lenta, dada la dificultad para alertar la posibilidad del evento y la fuerza, puede cobrar muchas vidas.



- **Inundación en áreas urbana:** Los sistemas de alcantarillado de las ciudades o los elementos que los constituyan pueden fallar o verse afectado ante la ocurrencia de eventos que superen la capacidad hidráulica para la cual fueron diseñados y construidos, en sistemas combinados como el de la ciudad de Bogotá, es frecuente que se genera el colapso de los sistemas de alcantarillado cuando se presentan lluvias intensas.

### 3.2.4.2 Análisis general

La metodología contempla inicialmente un análisis general, el cual permite la determinación de factores relevantes para la zonificación tales como: temperatura, clima, altimetría, nivel de escapamiento del terreno, cuencas aferentes, vegetación, entre otras.

Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden llevar a cabo tres tipos de análisis en las microcuencas hidrográficas.

1. Amenaza pluvial, análisis hidrológico: municipios ubicados en las zonas altas de una cuenca, los cuales no poseen grandes aferencias.
2. Amenaza hidrodinámica, análisis hidráulico: municipios ubicados en zonas altamente escarpadas y cuencas importantes.
3. Amenaza de llanura de inundación: municipio ubicado en zonas de pendientes bajas que tienen ríos estables con grandes cuencas y cauces estables con presencia de grandes caudales.

Por consiguiente, el primer objeto de análisis de la amenaza por inundación serán las variables climatológicas, en particular el análisis relacionado con lluvia y su distribución espacio-temporal en el área de estudio. Posteriormente al análisis de lluvia y su caracterización en la cuenca de estudio, se ha de proceder con la caracterización de las avenidas torrenciales, por medio del análisis del tránsito de crecientes, debido a que, la mayor peligrosidad en relación con la amenaza por inundación se presenta cuando las aguas de precipitación acumuladas localmente en sectores altos fluyen hacia áreas más bajas concentrándose en arroyos, ríos, canales, entre otros. Por lo cual la problemática se traslada, incrementando su peligrosidad hacia aguas abajo.

Mediante la modelación hidráulica se espera obtener la respuesta hidráulica más factible de la cuenca, integrando el análisis de la información recopilada del área de estudio, para verificar y predecir teóricamente el comportamiento hidráulico del sistema y las zonas inundables.



Una vez realizada la modelación hidráulica se procede a establecer, para cada uno de los periodos de retorno, la delimitación de las áreas inundables y las características del flujo en la planicie inundable (i.e. profundidad, duración y velocidad de la lámina de inundación). Debido a que el análisis de la amenaza es plenamente definido mediante métodos hidrológicos, hidráulicos y geográficos, no será necesaria su deducción, por lo cual, la consecución del nivel de la amenaza por inundación obvia los indicadores, estableciendo por medio de una escala de índices, el nivel de amenaza establecido para la zona en función de la altura y de la velocidad de la lámina de agua que representan la peligrosidad de la amenaza. Por otra parte, los análisis de amenaza se realizan a un nivel de resolución variable, de acuerdo con los alcances del estudio, para capturar de manera más precisa las variaciones en la severidad de la amenaza.

### 3.2.4.3 Amenaza pluvial

Este tipo de análisis hace referencia a las lluvias intensas o de gran duración, caídas directamente sobre el área afectada. Mediante este análisis se establece la relación entre la precipitación y la escorrentía producida hasta llegar al sistema de drenaje natural o antrópico.

El concepto meteorológico de “precipitación” reúne la lluvia, el granizo y la nieve, entre otros fenómenos atmosféricos. No obstante, en el presente documento, se hace referencia únicamente a la lluvia como el aspecto meteorológico detonante de la inundación pluvial, en particular las lluvias intensas y no huracanadas. A continuación, se listan los parámetros de mayor interés en el análisis de las inundaciones para la zona rural.

- Identificación de los drenajes de interés y parámetros morfométricos de las unidades hidrográficas de los cauces objeto de estudio.
- Caracterización del régimen pluviométrico.
- Duración de la lluvia.
- Intensidad media de la lluvia.
- Volumen total de la precipitación.
- Frecuencia de eventos.
- Tiempo entre precipitaciones sucesivas.

El análisis pluvial da como resultado la estimación de caudales para diferentes periodos de retorno, lo que permite la estimación de áreas de afectación. La estimación de los parámetros morfométricos e hidráulicos, son el insumo base para la simulación del flujo, el cual permitirá la estimación de áreas de afectación por el grado de amenaza.

A continuación, se presenta una tabla resumen que sintetiza los resultados del análisis, este análisis se podrá evidenciar con mayor detalle en el **Capítulo 1.4.7 Hidrología**.

**Tabla 2.** Resumen parámetros de drenaje y caudales estimados zona rural

ID	Cuenca	Área	CN	Tiempo de concentración	Función	Tiempo de retardo	Caudal Estimado		
		(km <sup>2</sup> )					PRT 2.33	PRT 25	PR 100
1	Cuenca 0	2.152229	62.6602861	43.9481915	Bransby-Williams	26.3689149	0,2501	2,1009	4,6535
2	Cuenca 6	0.583286	56.8691328	23.5290133	Clark	14.117408	0,0059	0,3463	0,9820
3	Cuenca 7	1.842379	68.1664055	30.0067183	Giandotti	18.004031	0,7201	4,4128	9,2001
4	Cuenca 8	0.250757	66.6630323	14.4644646	Clark	8.67867877	0,0432	0,4180	1,0804
5	Cuenca 9	0.911997	69.7506417	31.4126977	Clark	18.8476186	0,2501	1,5910	3,4017
6	Cuenca 10	0.360971	68.3066673	23.7309725	Clark	14.2385835	0,1480	0,9343	1,9652
7	Cuenca 11	0.431703	72.87793	14.0636574	Bransby-Williams	8.43819447	0,4776	2,6867	5,2597
8	Cuenca 12	0.173349	68.6975985	13.7221483	Giandotti	8.23328896	0,0884	0,6826	1,5478
9	Cuenca 13	0.21163	70.563285	15.0343334	Giandotti	9.02060002	0,0759	0,5986	1,3506
10	Cuenca 14	0.122929	72.6864613	12.7985095	SCS	7.67910569	0,0728	0,5355	1,1226
11	Cuenca 15	0.065114	72.1785791	7.59384087	SCS	4.55630452	0,0369	0,3198	0,7089
12	Cuenca 16	0.196963	75.6638353	13.2397996	Giandotti	7.94387975	0,2041	1,1441	2,1998
13	Cuenca 17	0.20213	72.3399248	12.3608443	Ventura - Heras	7.41650657	0,1078	0,7885	1,7191
14	Cuenca 19	0.223711	71.0009566	12.9426439	Giandotti	7.76558636	0,0894	0,6980	1,6049
15	Cuenca 20	0.196128	74.5191457	12.6945503	Giandotti	7.61673018	0,1557	0,9166	1,8684
16	Cuenca 21	0.117174	59.425521	11.861485	Bransby-Williams	7.11689097	0,0008	0,0654	0,2302
17	Cuenca 22	0.139972	70.4729446	14.0271477	Bransby-Williams	8.4162886	0,0018	0,0837	0,2950
18	Cuenca 23	0.28917	72.1135975	17.6856834	Ventura - Heras	10.61141	0,1373	0,9063	1,9629
19	Cuenca 24	0.229235	71.8819552	13.7961585	Giandotti	8.27769509	0,1049	0,7219	1,5672
20	Cuenca 25	0.218481	70.3066125	15.1068535	Giandotti	9.06411211	0,0737	0,5635	1,3023
21	Cuenca 26	0.15425	56.4290243	13.7385791	Giandotti	8.24314747	0,1522	0,7158	1,3607
22	Cuenca 27	0.269702	69.3588257	14.8854123	Clark	8.9312474	0,0767	0,6627	1,5656
23	Cuenca 28	0.714775	70.7359505	21.9673576	Giandotti	13.1804146	0,2485	1,7010	3,6584
24	Cuenca 29	0.47708	66.4686216	19.4817788	Clark	11.6890673	0,0778	0,6403	1,5652

ID	Cuenca	Área	CN	Tiempo de concentración	Función	Tiempo de retardo	Caudal Estimado		
		(km <sup>2</sup> )					PRT 2.33	PRT 25	PR 100
25	Cuenca 30	0.055039	51.1055615	12.0257674	Giandotti	7.21546042	0,0031	0,0453	0,1372
26	Cuenca 31	0.08254	67.483402	11.9451289	Bransby-Williams	7.16707732	0,0166	0,1729	0,4684
27	Cuenca 32	0.034493	81.2169136	4.46320968	SCS	2.67792581	0,2051	0,6937	1,1509
28	Cuenca 33	0.016013	77.0494598	2.36539955	Passini	1.41923973	0,0474	0,2409	0,4371
29	Cuenca 34	0.01574	73.5327192	3.04253875	SCS	1.82552325	0,0259	0,1696	0,3426
30	Cuenca 35	0.114584	81.5836591	7.67637933	SCS	4.6058276	0,5952	1,8074	2,9169
31	Cuenca 36	0.204343	75.3258688	10.3054945	Clark	6.18329672	0,3713	1,7690	3,3353
32	Cuenca 37	0.028908	82.6208662	3.08537013	Passini	1.85122208	0,2157	0,6601	1,0667
33	Cuenca 38	0.053129	81.4863822	6.22438747	SCS	3.73463248	0,2686	0,8680	1,4434
34	Cuenca 39	0.219652	77.3800148	9.33743498	Ventura - Heras	5.60246099	0,6039	2,5586	4,4976
35	Cuenca 40	0.082092	71.4924962	9.05021601	Ventura - Heras	5.43012961	0,0380	0,3124	0,6834
36	Cuenca 41	0.073185	71.7192048	5.94157444	Passini	3.56494467	0,0380	0,3430	0,7554

Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda.

### 3.2.4.3.1 Modelación hidráulica de los hidrosistemas

Investigaciones recientes coinciden en que la visión desintegrada de los componentes del sistema ha llevado a tomar decisiones equivocadas en el manejo de los sistemas de drenaje (Rauch et al., 2002 en González, 2011). Por consiguiente, es necesario emplear una modelación integrada que permita involucrar todos los elementos del sistema y sus interacciones.

No obstante, no existe un modelo que pueda representar hidráulicamente toda la complejidad de un problema de inundaciones, por lo tanto, como lo expresa ERN – CAPRA (2009) “el modelador debe tener el criterio necesario para que, con base en las características particulares de su problema y las características de la información con la que cuenta, pueda seleccionar el modelo más adecuado”. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el modelo apropiado no siempre es el más complejo, sino el modelo más simple que permita alcanzar los objetivos del estudio (Rauch et al., 2002 en González, 2011).



A continuación, se propone un procedimiento a seguir al implementar un modelo integrado, enfocándose en la identificación y selección de aproximaciones de modelación apropiadas, cuyos pasos se extractan y adaptan de González (2011):

- a. **Análisis del sistema:** La implementación de un modelo integrado debe permitir llegar a un mejor entendimiento del sistema, incluyendo la identificación de fallas en el mismo para establecer la necesidad de optimizar su funcionamiento. El estado actual del sistema se determina mediante la revisión de los datos disponibles e inspecciones de campo. El estado del sistema será de utilidad para la identificación de tramos que pueden llegar a ser insuficientes.
- b. **Identificación de procesos y criterios:** El segundo paso consiste en un análisis más detallado del sistema en estudio, con el objeto de identificar las posibles causas de las fallas identificadas en el paso anterior. Como resultado del análisis se deben identificar los posibles escenarios a ser modelados.
- c. **Datos necesarios para la modelación:** En cuanto a la cantidad y calidad de los datos necesarios para implementar el modelo, mientras más detallado sea el modelo para implementar es necesaria más información para su implementación (Schütze y Alex, 2004). En este paso se debe reducir al máximo la complejidad del modelo, logrando un equilibrio entre los objetivos del estudio y los datos disponibles.
- d. **Análisis del modelo y de los datos:** Este paso comprende un análisis detallado de los datos y de la estructura del modelo, con el fin identificar posibles inconsistencias y/o inestabilidades. Si bien siempre existen diferencias entre el modelo y la realidad, el modelador debe reducirlas al máximo, haciendo una estimación preliminar del comportamiento predictivo del modelo. Para esto, se deben realizar corridas preliminares del modelo implementado, buscando identificar anomalías en los resultados obtenidos.
- e. **Calibración y validación:** La calibración se define como la determinación de los valores óptimos de los parámetros del modelo, a partir de comparaciones entre los resultados de las simulaciones y datos observados. Para lograr una buena calibración es necesario contar con registros simultáneos de precipitación, caudales y concentraciones (i.e. en el caso de requerir modelar calidad del agua), en diferentes puntos del sistema. Las interfaces entre diferentes subsistemas deben contar con una cantidad suficiente de datos. Dada la



complejidad de los modelos integrados, se recomienda usar metodologías de calibración objetivas y evaluar el ajuste con funciones objetivo-definidas (Rauch et al., 2002). El proceso de calibración sugerido propone estimar de manera separada los modelos de cada subsistema, para finalmente calibrar de manera integrada, partiendo de los resultados de la estimación inicial.

Una vez estimados los parámetros óptimos del modelo, se procede a validarlo, usando un conjunto de datos no usado durante el proceso de calibración. El objetivo del proceso de validación es evaluar la capacidad predictiva del modelo. Es importante mencionar que, aún en los casos en los que no sea posible realizar una calibración adecuada del modelo, se pueden realizar análisis cualitativos a partir de los resultados obtenidos. Lo anterior se puede realizar comparando de manera relativa los resultados de diferentes escenarios, con el estado inicial del sistema.

- f. **Análisis de escenarios:** Las medidas definidas en el paso 2, deben ser implementadas en el modelo calibrado y validado. Los resultados de los diferentes escenarios simulados deben ser comparados con un estado de referencia, que puede ser definido como el estado actual del sistema. Nuevamente, los resultados de la simulación de los diferentes escenarios deben ser evaluados, para identificar anomalías o inestabilidades (paso 4). Como se mencionó anteriormente, si no es posible realizar una calibración detallada del modelo, los escenarios simulados deben ser evaluados de manera relativa (i.e. mejora o deterioro del comportamiento del sistema). Sólo cuando se haya obtenido una calibración adecuada, es posible realizar análisis cuantitativos absolutos.

### 3.2.4.3.2 Modelos de evaluación de la amenaza

El objetivo es conocer la naturaleza, la probabilidad, la intensidad y la distribución espacial que pueden tener en una zona una o varias inundaciones en períodos determinados de tiempo, con el fin de establecer una estimación del daño que pueden ocasionar. En la revisión de literatura disponible a nivel internacional y colombiano sobre evaluación de la amenaza por inundación se han buscado diferentes enfoques que permitan conocer los diferentes aspectos de la amenaza con las condiciones ya enunciadas en un contexto local de información escasa.

- o Modelos Hidráulicos Unidimensionales: Son los más utilizados, ya que caracterizan el terreno a través de una serie de secciones transversales del cauce perpendiculares a la



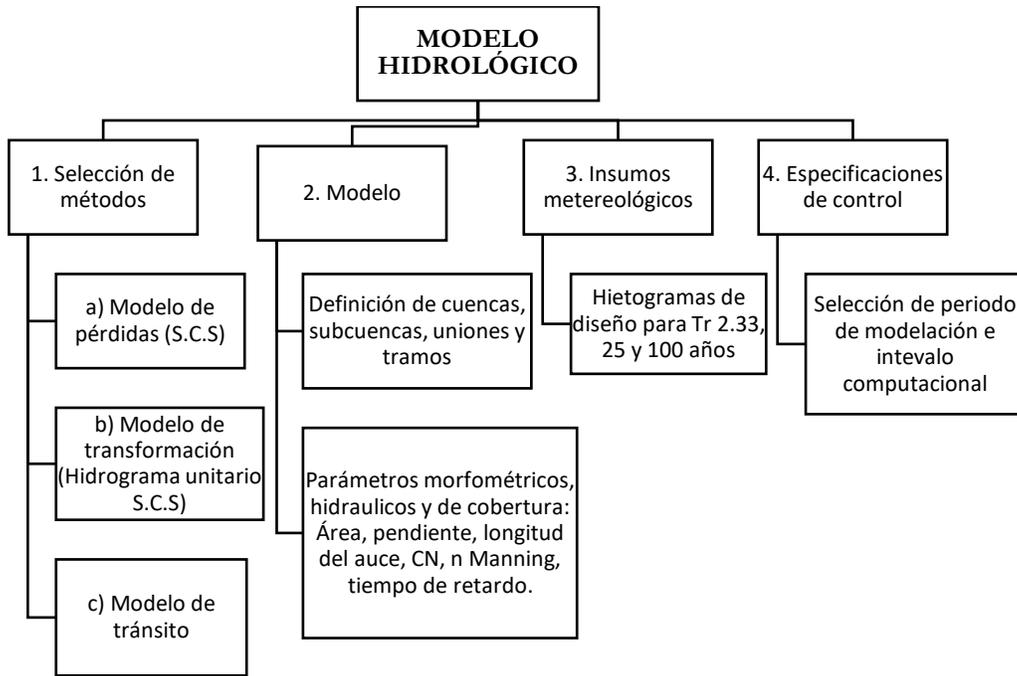
dirección del flujo para calcular la profundidad del agua y la velocidad del flujo. Esto supone que, según el nivel de detalle y la precisión de la información de entrada, como la geometría del canal, las condiciones de frontera y parámetros como la rugosidad, serán condicionantes del costo computacional del modelo, aunque algunos se encuentran disponibles de manera gratuita para su uso en computadores personales, aunque requieren datos de alta calidad y de tiempos de cálculo más largos.

- Modelos Hidráulicos Bidimensionales: Sirven para obtener una mejor descripción del flujo y del campo de velocidades, además, son útiles para modelar en áreas con topografía compleja como amplias llanuras de inundación.
- Modelos tridimensionales: Son de mayor complejidad y sirven para simular procesos de erosión, sedimentación en el cauce de ríos y resolver geometrías complejas en ríos, pero con dificultad a la hora de tener en cuenta los costos computacionales, la necesidad de ser aplicados por personas expertas y de requerir grandes cantidades de datos de entrada en el modelo.

Los anteriores métodos son acoplados a métodos asistidos por sensores remotos y sistemas de información geográfica o bien producen resultados que sirven como información de base para complementar la elaboración de la cartografía de amenaza.

#### 3.2.4.4 Modelación HEC-HMS

Mediante la aplicación del modelo del software gratuito HEC-HMS y con los parámetros correspondientes a: área de drenaje, curva número, tiempo de retardo el cual se calculó con base en el tiempo de concentración por medio de los métodos escogido para cada escenario y los datos de lluvia máxima, se configuró el modelo de cuenca, además dado que el software permite el ingreso de los datos de serie de tiempo se realizó el modelo meteorológico, con el fin de calcular la estimación de caudales máximos de las crecientes producidas por las cuencas hidrográficas mayores para periodos de retorno entre 2.33, 10, 15, 25, 50 y 100 años.



**Ilustración 3** Modelo hidrológico HEC-HMS.

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

- **Modelo de pérdidas (S.C.S)**

La precipitación efectiva es la precipitación que se convierte en escorrentía directa, por lo tanto, es importante calcular las abstracciones de una tormenta, las cuales incluyen la intercepción, la detención superficial y la infiltración propiamente dicha.

El método implementado se denomina “Número de Curva”, propuesto por el SCS; en este método, la profundidad de escorrentía (es decir, la profundidad efectiva de precipitación) es una función de la profundidad total de precipitación y de un parámetro de abstracción referido al número de curva de escorrentía, denominado número de curva o CN. El número de curva varía en un rango de 1 a 100, existiendo una función de las siguientes propiedades productoras de escorrentía de la cuenca hidrográficas: i) tipo de suelo hidrológico, ii) utilización y tratamiento del suelo, iii) condiciones de la superficie del terreno, y iv) condición de humedad antecedente del suelo. (INVIAS, 2009).

El valor CN corresponde con el número de curva de la metodología del Soil Conservation Service, de acuerdo con el tipo de cobertura vegetal del suelo, y la geología del suelo en la zona de estudio.



De acuerdo con lo anterior, se utilizó un CN de 74 correspondiente a pastos en condiciones óptimas de grupo hidrológico C.

La lluvia efectiva que causa escorrentía superficial, y la magnitud de las abstracciones de una tormenta, se pueden obtener por el método del Soil Conservation Service, a partir de las siguientes relaciones empíricas:

$$Q = \frac{(P - 0.2 S)^2}{P - 0.8 S}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Donde Q es la escorrentía total acumulada, pulgadas, P es la precipitación total del evento, pulgadas. S es la infiltración potencial o retención potencial máxima, pulgadas y CN es la curva número de curva.

- **Modelo de transformación (hidrograma unitario S.C.S)**

En términos generales, un hidrograma unitario es la función de respuesta de pulso unitario para un sistema lineal, y se define como el hidrograma de escorrentía directa resultante de una unidad de exceso de lluvia (precipitación efectiva) generado uniformemente sobre el área de drenaje a una tasa constante a lo largo de una duración efectiva (Ven Te Chow, 1994). Las suposiciones del modelo son: i) El exceso de precipitación tiene una intensidad constante dentro de la duración efectiva, ii) El exceso de precipitación está fuertemente distribuido a través de toda el área de drenaje, iii) el tiempo base, del hidrograma unitario resultante de un exceso de lluvia de una duración dada, es constante, iv) las ordenadas de todos los hidrogramas son directamente proporcionales a la cantidad de escorrentía directa, y v) el hidrograma resultante de un exceso de lluvia dado refleja las características no cambiantes de una cuenca.

El SCS propuso un hidrograma sintético triangular cuya geometría se define con el área y el tiempo de concentración de la cuenca, así:

$$Q_p = 0.2083 \frac{A}{t_p} E$$

Donde A es el área de la cuenca en Km<sup>2</sup>, E es la escorrentía unitaria, 1mm y  $t_p$  el tiempo al pico medio desde el comienzo del hidrograma, el cual se obtiene con la expresión:

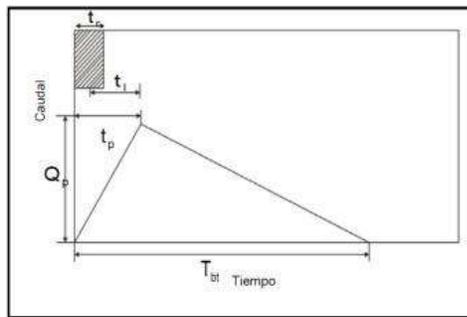
$$t_p = \frac{d}{2} + t_l = \frac{d}{2} + 0.6 * t_c$$

Donde  $t_l$  es el tiempo rezagado de la cuenca que corresponde a una fracción (60%) del tiempo de concentración  $t_c$  y  $d$  es la duración de exceso de precipitación unitaria.

Para finalizar la descripción geométrica del hidrograma, el ancho de la base se define como:

$$T_{bt} = \frac{8}{3} t_p$$

**Figura 1.** Hidrograma Unitario Triangular del SCS



**Fuente:** Valentín (2005)

Dada la carencia de cuencas instrumentadas en la zona plana del área de estudio, se evidenció la necesidad de implementar modelos de transformación de precipitación en escorrentía directa; con estos métodos, en los que se requieren datos históricos de lluvia de corta duración y que se aplican a una cuenca hidrográfica, se calcula el caudal máximo de escorrentía superficial.

Existen dos métodos ampliamente utilizados y la selección de ellos depende del área de drenaje de la cuenca. Así, para cuencas con área menor a 2,5 km<sup>2</sup> se utiliza el método racional y para cuencas con área mayor se utilizan modelos del hidrograma de escorrentía directa (INVIAS, 2009), o el hidrograma unitario del SCS.

### 3.2.4.2 Modelación FLO 2D

El FLO-2D es un modelo bidimensional de diferencias finitas, el cual simula el comportamiento del flujo generado a partir de eventos de inundación newtoniana y no newtoniana que fluyen por los cursos fluvial y abanicos aluviales respectivamente. El objetivo del diseño de este modelo es estimar el rango probable de propiedades de flujo como velocidad y profundidad, de igual manera



predecir un área razonable de la inundación en función del terreno y otros factores como la geomorfología.

Una de las ventajas de este programa es su versatilidad para predecir la ruta de descarga del flujo utilizando secciones transversales de área variables y simular el flujo sobre la llanura de inundación y una topografía compleja. Otra de las ventajas del programa es que su interfaz provee de un módulo para estructurar redes de alcantarillado pluvial o sanitario. Las simulaciones de inundaciones urbanas en abanicos y llanuras de inundación se volvieron plausible, cuando los componentes del modelo fueron diseñados para evaluar el flujo sobre las vías de tránsito en la ciudad y dar cuenta de las obstrucciones de éstas, tales como estructuras hidráulicas y construcciones. (O' Brien, Julien y Fullerton, 1993).

### Ecuaciones gobernantes de movimiento del flujo

Las ecuaciones que fundamentan el modelo matemático del software, son la ecuación de continuidad del flujo y la ecuación de onda dinámica para la cantidad de movimiento, ecuaciones, que definen el movimiento como cuasi-bidimensional, puesto que la ecuación de momentum es resuelta empleando la velocidad promedio del flujo en los bordes de una celda de la malla de cálculo, la cual cuenta con ocho posibles direcciones del flujo: norte, este, sur, oeste, noreste, sureste, suroeste y noroeste. Las ecuaciones son las siguientes:

En general, la extensión de los flujos predomina más que su altura en la escala, y la translación predomina sobre la rotación. Es razonable asumir que las ecuaciones de gobierno, pueden ser integradas a lo largo de la profundidad. En un sistema de coordenadas fijo (x, y, z) con z en sentido opuesto a la dirección de la gravedad, las ecuaciones de gobierno pueden ser reducidas a las relaciones con la profundidad promedio en el plano x-y.

La ecuación de continuidad es:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hV_x}{\partial x} + \frac{\partial hV_y}{\partial y} = i$$

Y las ecuaciones bidimensionales de la cantidad de movimiento o de momentum son:

$$S_{fx} = S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x} - \frac{V_y}{g} \frac{\partial V_x}{\partial y} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t}$$

$$S_{fy} = S_{oy} - \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{V_y}{g} \frac{\partial V_y}{\partial y} - \frac{V_x}{g} \frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{1}{g} \frac{\partial V_y}{\partial t}$$

Donde:



$h$  = Profundidad del flujo;  $V_x$  y  $V_y$  son las componentes de la velocidad a profundidad media a lo largo de los ejes coordenados  $X$  e  $Y$ ,  $t$  es el tiempo,  $g$  la aceleración de la gravedad,  $S_f$  es la pendiente de fricción ( línea de energía, el cual depende de tres tipos de esfuerzos: un esfuerzo producido por la fricción entre el flujo y las paredes del canal, un esfuerzo inicial de cedencia, y un esfuerzo producido por la viscosidad del flujo),  $S_o$  la pendiente del lecho e  $i$  es intensidad de la precipitación,  $\frac{\partial h}{\partial x}$  termino que involucra la presión en el flujo  $\frac{V_x}{g} \frac{\partial V_x}{\partial x}$  es la aceleración conectiva y  $\frac{1}{g} \frac{\partial V_x}{\partial t}$  es la aceleración local.

Los excesos de intensidad de lluvia ( $i$ ) pueden ser diferentes de cero sobre la superficie del flujo los componentes de la pendiente de fricción  $S_{fx}$  y  $S_{fy}$  se consideran como una función de la pendiente del canal  $S_{ox}$  y  $S_{oy}$ , el gradiente de presiones y la aceleración conectiva y local.

### 3.1.5. INSUMOS

#### 3.1.5.1. ANTECEDENTES

Con el fin de construir el mapa de amenaza por inundación para el área rural del municipio de Cajicá a escala 1:25.000, se consultan estudios realizados con antelación en el área, a fin de establecer un marco de referencia para el estudio actual, como lo son los estudios del Plan Municipal de la Gestión del Riesgo (PMGR) realizado por el Consorcio Consultoría Cajicá de donde se disponen zonificaciones realizadas en el Acuerdo N° 16 de 2014, POMCA del Río Bogotá y zonificación de inundación ante el fenómeno de la niña en el 2010-2011 (IDEAM).

##### 3.1.5.1.1. Plan Municipal de la Gestión del Riesgo (PMGR) (Consorcio Consultoría Cajicá, 2019)

La zonificación de amenazas por inundación dentro del Plan Municipal de la Gestión del Riesgo (PMGR) realizado por el Consorcio Consultoría Cajicá se elaboró a partir del POMCA del Río Bogotá (CAR, 2018) y el Acuerdo N° 16 de 2014 con los que se apoyan las actividades de planificación municipal dentro del plan básico de ordenamiento. Dentro del documento se disponen una serie de lineamientos de los requerimientos en los estudios detallados de amenaza y riesgo por procesos de inundación de donde se establecen tres fases: 1) Fase 1: Definición de los sitios críticos ubicados dentro de las zonas con condición de alta amenaza y alto riesgo, por lo se considera una fase de trabajo de campo que incluya una inspección geológico-geotécnica y

de fuentes hídricas complementado con una fase de revisión de información secundaria (fotointerpretación, cartografía base, captura de fotografías aéreas, topobatimetría, bases de datos de eventos; entre otras). 2) Fase 2: Exploración e investigación geotécnica, con el objetivo de caracterizar las variables requeridas en los sitios críticos previamente establecidos. Así mismo, es necesario aplicar las metodologías que permitirán procesar la información obtenida en campo orientadas a la producción de los resultados. 3) Fase 3: Diseños de obras necesarias para el control y protección de los sectores afectados por las amenazas y riesgos de inundación. En esta tercera fase se realizarán modelaciones hidráulicas, hidrológicas y geotécnicas según sea el caso.

PROFUNDIDAD (m)	NIVEL DE AMENAZA PARA LA PROFUNDIDAD	NIVELES DE AMENAZA		
	$z < 0,5$	BAJA	BAJA	MEDIA
$0,5 > z < 1,0$	MEDIA	MEDIA	MEDIA	ALTA
$z > 1,0$	ALTA	ALTA	ALTA	ALTA
NIVEL DE AMENAZA PARA LA VELOCIDAD		BAJA	MEDIA	ALTA
VELOCIDAD (m/s)		$v < 1,5$	$1,5 > v < 2$	$v > 2$

**Ilustración 4.** Criterios para la definición de la amenaza por inundaciones.  
**Fuente:** PMGR Cajicá. Consorcio Consultoría Cajicá 2019

En cuanto al análisis de zonificación de amenaza por inundación, el PMGR recomienda tomar como criterios la profundidad de la lámina de agua y la velocidad de la corriente, lo cual definiría las siguientes categorizaciones de la amenaza en el corto y largo plazo<sup>1</sup>.

### 3.1.5.1.2. Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá (POMCA, 2019)

Dentro del documento del Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá (POMCA, 2019) en el Volumen V – Gestión del Riesgo se definen las metodologías para la determinación de la susceptibilidad y amenaza por inundaciones definiendo las inundaciones lentas las cuales ocurren en terrenos de baja pendiente, donde las velocidades del flujo son igualmente bajas por lo cual sus efectos normalmente no son de tipo catastrófico, pero sí generan pérdidas económicas y ecosistémicas importantes. En los eventos de 2006 y 2010-2011 se

<sup>1</sup> Zonificación de inundaciones, movimientos en masa y avenidas torrenciales con fines de ordenamiento territorial en Bogotá. IDIGER. 2017



presentaron importantes inundaciones lentas en varios sectores de la cuenca, especialmente en la Sabana de Bogotá. Los análisis de susceptibilidad y amenaza que aquí se muestran se basan fundamentalmente en criterios geomorfológicos e históricos, debido a que no se dispone de la información detallada para realizar modelación hidráulica, especialmente por la escala de trabajo a 1:25.000 donde las curvas de nivel cada 25 m no permiten reproducir en planta alturas de inundación que son del orden de 2 a 5 m, por lo que las evaluaciones geomorfológicas bien contrastadas con datos de inundaciones permiten estimar de manera razonable y de acuerdo con el Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los POMCA (MinAmbiente, Fondo Adaptación, 2014) las condiciones de susceptibilidad y amenaza.

### **Zonificación de la susceptibilidad por inundaciones fluviales lentas**

Para esta zonificación el Protocolo para la Incorporación de la Gestión del Riesgo en los POMCA (MinAmbiente, Fondo Adaptación, 2014), el análisis histórico comprende la información de bases de datos y de evaluaciones de campo con comunidades y con estas dos variables se definen las áreas de susceptibilidad. Adicionalmente se tuvo en cuenta la información del mapa de amenazas por inundación del IDEAM a escala 1:100.000 y el mapa de amenaza por inundación del IDIGER a escala 1:10.000. A continuación, se detallan los pasos, siguiendo lo establecido en el documento de Alcances Técnicos para Actualización del POMCA (Fondo Adaptación, 2014):

- Análisis de eventos históricos de inundación en la cuenca: esta actividad se realizó a partir de los registros de las diferentes bases de datos disponibles (DESINVENTAR, IDIGER, UNGR, CAR, Gobernación de Cundinamarca).
- Estudio evolutivo del medio fluvial: con base en las imágenes remotas multitemporales disponibles se realizó la evaluación de cómo ha sido la evolución de los principales cauces en la cuenca, aspecto que se ve reflejado en el estudio geomorfológico, el cual contempló además de las imágenes, el reconocimiento de campo, donde se logran identificar las zonas de eventos recientes y antiguos.
- Trabajo de campo con comunidades en la zona: Esta actividad se realizó mediante convocatoria a las comunidades y líderes locales, a quienes en primer lugar se les explicaba el proyecto de actualización del POMCA y, en segundo lugar, se les indagaba sobre los eventos de inundación ocurridos en sus regiones
- Análisis de susceptibilidad a partir del mapa geomorfológico a escala 1:25.000: este mapa contiene subunidades geomorfológicas con información relacionada a la morfodinámica, morfometría y morfogénesis a partir de las cuales es posible identificar geoformas



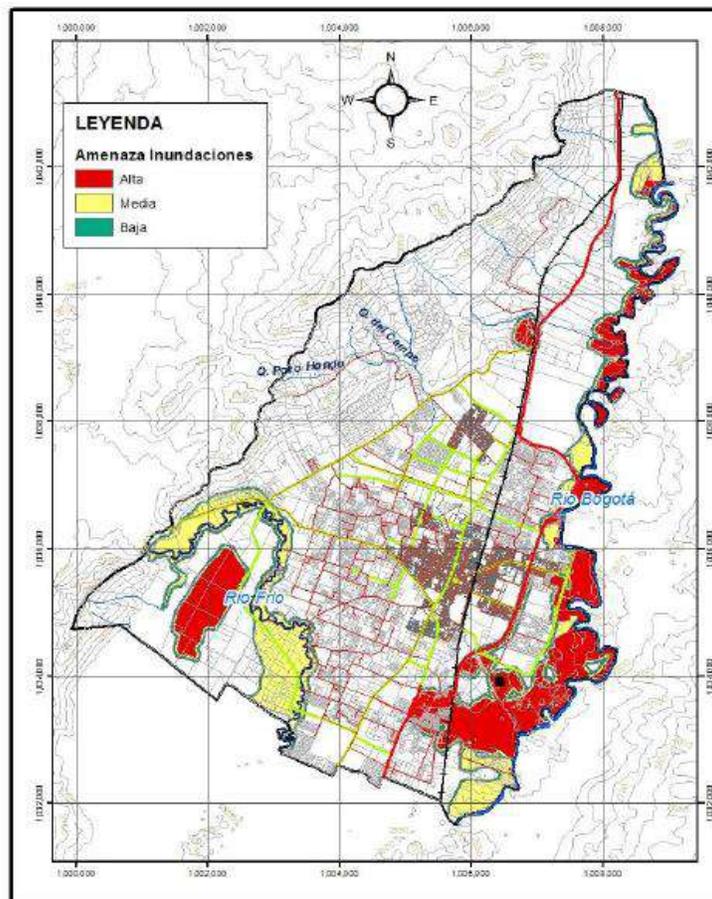
asociadas a procesos de inundación, lo que permite establecer diferentes niveles de susceptibilidad.

### **Zonificación de la amenaza por inundaciones**

Teniendo en cuenta que no se dispone de información topográfica ni batimétrica detallada que permita realizar modelaciones hidráulicas, se tomó la alternativa del análisis geomorfológico-histórico, con base en los siguientes criterios:

- **Amenaza Alta:** geoformas asociadas a procesos activos como valles aluviales, planos de inundación, terrazas bajas, etc. Evidencias efímeras de inundaciones (restos flotantes, depósitos sueltos de granulometría que denote arrastre de agua) o evidencias erosivas y sedimentarias nítidas (microtopografía muy irregular, altas pendientes y superposición de formas erosivas y sedimentarias, generalmente con morfologías de flujos secundarios representadas por morfologías canaliformes nítidas con trazado continuo y marcado pero sin evidencias de actividad reciente), además de evidencias de inundaciones recientes o actividad fluvial reiterada, identificada en el análisis multitemporal y de eventos históricos con recurrencias menores o iguales a 15 años.
- **Amenaza Media:** geoformas asociadas a procesos intermitentes (ej.: terrazas medias, meandros, entre otros), procesos erosivos o sedimentarios suavizados (microtopografía irregular con límites suavizados y de baja pendiente) o flujos secundarios representados por evidencias de morfologías canaliformes de poca definición y continuidad, pero identificables en campo, además de eventos históricos con recurrencia mayor a 15 y hasta 100 años de periodo de retorno.
- **Amenaza Baja:** esta categoría comprende las áreas en las cuales se identifican eventos con periodos de retorno mayores a 100 años y hasta 500 años o mayores. Se identifica cuando la información geomorfológica-histórica así lo permite, considerando los siguientes criterios: el análisis de eventos históricos señala una unidad inundable con una sola evidencia de evento ocurrido; evidencias topográficas en campo señalan terrenos con mayor altura que la de las dos categorías anteriores y es coincidente con una geoforma asociada a procesos fluviales antiguos (terrazas altas).

Dentro de las zonificaciones dispuestas por el POMCA en la **Ilustración 5** se presenta el mapa de amenaza por inundaciones del municipio de Cajicá donde se evidencia grados de amenaza alta y media sobre las principales corrientes del Rio Bogotá y Rio Frio.



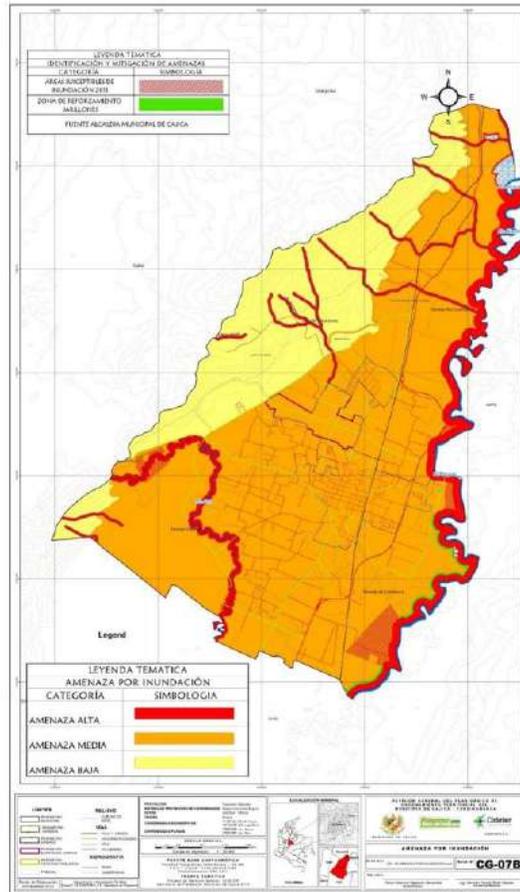
**Ilustración 5.** Mapa de amenaza por inundaciones.  
Fuente: POMCA Río Bogotá. CAR 2018

### 3.1.5.1.3. Acuerdo N° 16 de 2014

La zonificación de amenazas por inundación dispuesta en el Acuerdo N° 16 de 2014 “POR EL CUAL SE ADOPTA LA REVISIÓN GENERAL DEL PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ ADOPTADO MEDIANTE EL ACUERDO NÚMERO 08 DE 2000 Y MODIFICADO POR LOS ACUERDOS MUNICIPALES 009 DE 2002, 007 de 200, 21 de 2008”, dispone los siguientes mapas de amenaza, vulnerabilidad y riesgo de inundación para el municipio de Cajicá, y un mapa de puntos críticos de inundación. Como fuente de información oficial se tomó los estudios



realizados y análisis del POMCA del río Bogotá, igualmente para la determinación de estas áreas se tomó como insumo la información cartográfica suministrada por el municipio.



**Ilustración 6.** Mapa de amenaza por inundaciones.

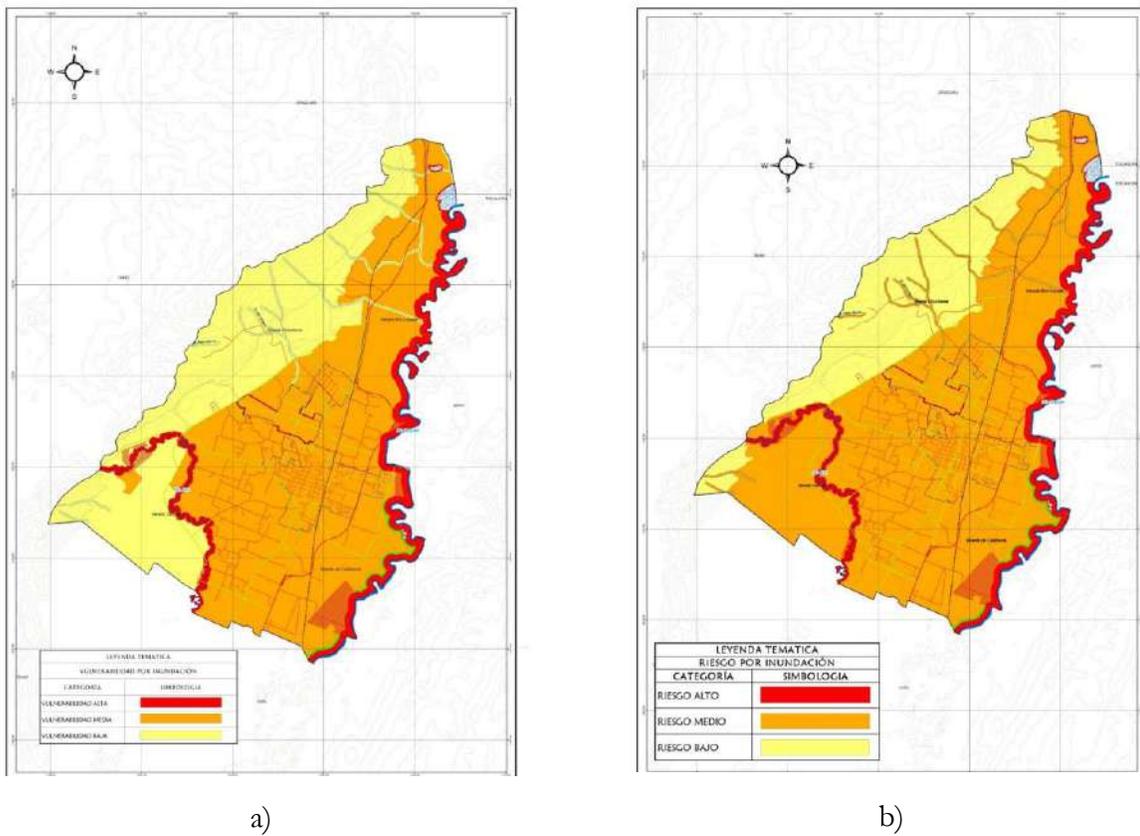
**Fuente:** PBOT Cajicá-Acuerdo N°16 de 2014.

**AMENAZA ALTA:** Tres veredas del municipio se encuentran en zona de amenaza alta (7.84%) por la influencia directa del Río Bogotá (Veredas Río Grande y La Calahorra). Sobre la Vereda Canelón se tiene afectación la zona alta de la vereda en el sector conocido como recebera del boquerón a la margen derecha e izquierda del Río Frio y sobre la zona sur de la vereda a la margen derecha del río Frio sin embargo toda la zona colindante al Fío Frio se encuentra en amenaza alta por su ubicación.

**AMENAZA MEDIA:** La amenaza media en el municipio corresponde a la zona plana del

municipio (70.75%) en las veredas Río grande Calahorra, y Canelón en su totalidad y el sector oriental de la vereda Chuntame, territorio en el que las principales actividades agrícolas, pecuarias, industriales y de uso urbano del municipio que se encuentra asentadas. Este fenómeno se presenta por el taponamiento de los vallados, pérdida de humedales, alcantarillado combinado insuficiente.

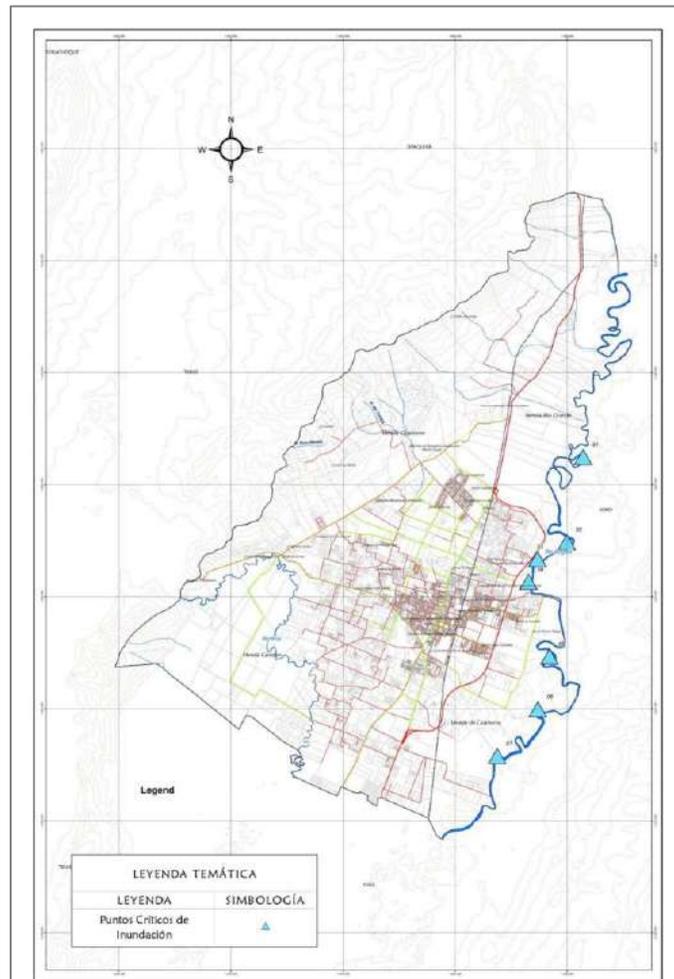
**AMENAZA BAJA:** La amenaza baja corresponde a zona alta del municipio en el sector occidental de la vereda Chuntame que comprende los cerros las Manas, Monte Pincio, Cerro Cruz Verde y la cuchilla San Jorge es improbable que ocurra una inundación pero por el contrario si puede contribuir a que las zonas bajas se inunden por el agua de escorrentía.



**Ilustración 7.** a) Mapa de vulnerabilidad por inundaciones. b) Mapa de riesgo por inundaciones.  
**Fuente:** PBOT Cajicá-Acuerdo N°16 de 2014.



El mapa de vulnerabilidad por inundaciones<sup>2</sup> define los sectores de Aguanica, Tayrona, La Florida (Desbordamiento de los vallados por mal mantenimiento), Vereda Calahorra: Sector Calahorra, Finca Joresva, Sector La Mejorana y sobre la vereda del Río Grande en la vía Cajicá Autopista Central del Norte, a causa del desbordamiento del Río Bogotá. Por otra parte, el nivel de riesgo Alto se localiza sobre las Veredas Río Grande, Calahorra y Canelón aledaño a los ríos Bogotá y Frío.

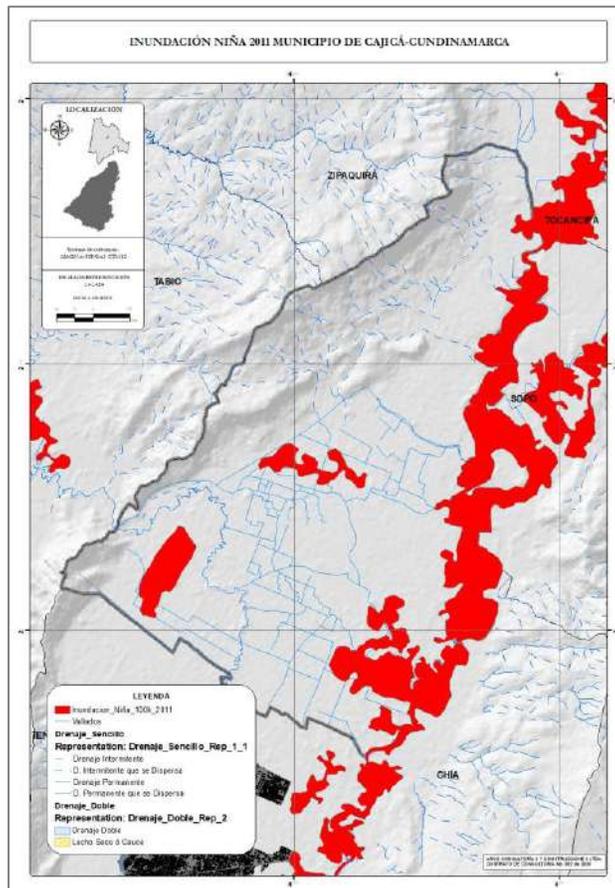


**Ilustración 8.** Mapa punto críticos inundación POMCA.  
**Fuente:** PBOT Cajicá-Acuerdo N°16 de 2014.

<sup>2</sup> CAR, Plan de Acción para la Atención de la Emergencia y la Mitigación de sus Efectos – Bogotá, 2011.

### 3.1.5.1.4. Áreas afectadas por inundaciones evento de la Niña 2010-2011 (IDEAM)

Durante los años 2010-2011-2012, Colombia experimentó unas condiciones de inundación asociadas con la ocurrencia del evento La Niña. Esta situación que en principio representó una catástrofe nacional, se constituyó en una generosa oportunidad para actuar con un espíritu de prevención y planificación de mediano y largo plazo, que en últimas es la única manera en que se pueden prevenir futuros desastres y/o minimizar los efectos de estos eventos extremos.



**Ilustración 9.** Áreas afectadas niña 2010-2011.  
**Fuente:** IDEAM.

El IDEAM compila los resultados departamentales de inundación a escala 1:100.000, elaborados por el Centro Nacional de Modelación (CNM) del IDEAM, en el marco de los análisis para identificar las áreas afectadas por los fenómenos hidrometeorológicos a partir de la interpretación de imágenes de sensores remotos, con el fin de establecer las áreas afectadas por inundaciones, a



partir de allí determinar las zonas inundables del territorio nacional y contrastar dicha información con las bases de datos de afectaciones. Además de los sensores remotos se estableció una línea base que sirviera como referencia a las inundaciones como las zonas pantanosas y otras coberturas que por sus condiciones edafogenéticas que favorecen la ocurrencia de procesos de inundación.

Para establecer esta línea base de inundaciones se parte del análisis de indicadores meteorológicos, específicamente el correspondiente a la serie del índice oceanográfico ONI, identificando la segunda temporada lluviosa del 2001. De esta manera las superficies de agua y coberturas asociadas, reflejan una condición de referencia normal para las zonas inundables del territorio colombiano. Para el período noviembre de 2010 a junio de 2011 el cual se clasificó como Niña Fuerte, en particular se emplearon las imágenes de sensores remotos tanto ópticas como de radar disponibles para realizar la interpretación, mediante la aplicación de técnicas de procesamiento digital e interpretación visual que permitieron identificar las zonas sometidas a inundaciones. Se emplearon procesos de mejoramiento radiométrico de las imágenes ópticas y se evaluaron índices como el NDVI (Índice Diferencial de Vegetación Normalizado por sus siglas en inglés).

En el caso de imágenes de radar se aplicaron análisis de textura y se calcularon índices de retrodispersión para identificar las zonas inundadas completamente. Con esto se logró establecer la extensión de la inundación correspondiente a una escala cartográfica 1:100.000.

### 3.1.5.2. ANALISIS HISTORICO DE LOS EVENTOS DE INUNDACIÓN

Así mismo, con el fin de validar y verificar el producto final, se lleva a cabo una revisión de eventos históricos ocurridos en el municipio de Cajicá, los cuales han sido registrados en diferentes bases de datos nacionales y municipales como *DesInventar*<sup>3</sup>, la base de datos suministrados por la 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 y Noticias, periódicos, portales de información, de donde se estimaron alrededor de 84 eventos de inundación, de igual manera, se seleccionaron eventos que se encontrarán, dentro un área de influencia de quinientos (500) metros y que estuvieran relacionados con los drenajes de mayor orden. En la **Tabla 3**, se muestra en detalle la fecha de ocurrencia, el lugar, la descripción y el tipo de evento.

<sup>3</sup> Sistema de inventario de efectos de desastres que proporciona información sistemática sobre la ocurrencia de desastres cotidianos de pequeño y mediano impacto.



**Tabla 3.** Registros históricos de Inundación en el área rural del municipio de Cajicá.

FECHA EVENTO	VEREDA O UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN GENERAL	CONSECUENCIAS	COMENTARIOS	FUENTE
3/11/2017	No específica	Inundación	Colapso de alcantarillas, caída de árboles y daños no cuantificados		Caracol
8/02/2017	No específica	Inundación	Colapso del sistema de alcantarillado, daños no cuantificados		Caracol, UNGRD
4/02/2013	No específica	Inundación	20 personas afectadas, 4 viviendas inundadas		Gobernación de Cundinamarca
23/11/2011	No específica	Inundación	Daños no cuantificados		Wradio
19/05/2011	No específica	Inundación	Daños no cuantificados		Semana
17/04/2011	No específica	Inundación	Daños no cuantificados		El Espectador, CAR
30/11/2008	No específica	Inundación	Daño ambiental de 123Ha de cultivos		DesInventar, UNGRD
28/11/2020	Calahorra, Canelón, Río Grande, Chuntame	Inundación	Daño en un vehículo, caída de árboles, afectaciones no cuantificadas		Infobae, VoxPopuli, Caracol, Pulso
17/11/2015	Chuntame, Canelón	Inundación	Inundación de 4 viviendas, 12 personas afectadas y daños materiales no cuantificados	Saturación del sistema de alcantarillado	COB Cajicá, UNGRD, DesInventar, SIGRD, Gobernación de Cundinamarca
17/01/2014	Calahorra	Inundación	Daño ambiental no cuantificado en áreas agrícolas	Desbordamiento del Río Bogotá	CAR
27/11/2013	Calahorra	Inundación	Daño ambiental de 10Ha de cultivos de flores		COB Cajicá
20/04/2012	Calahorra	Inundación	Daño ambiental de 1Ha de cultivos	Desbordamiento Quebrada La Tenería	CAR
20/04/2012	Río Grande	Inundación	Daño ambiental de 2Ha de áreas agrícolas	Desbordamiento del Río Bogotá	CAR
10/04/2012	Chuntame	Inundación	Daño estructural a 5 viviendas afectando 25 personas, anegación de vías	Afectación en el sistema de alcantarillado	UNGRD, DesInventar, SIGRD
21/11/2011	Hato Grande	Inundación	Daño estructural en dos bodegas y daño ambiental en 30 Ha de pastizales	Afectada la vía Cajicá - Hato Grande	UNGRD, DesInventar, Gobernación de Cundinamarca
8/11/2011	Canelón	Inundación	No especificado	Inundación rápida	Documento de evaluación - Gestión del Riesgo Cajicá
25/10/2011	Chuntame	Inundación	4 personas damnificadas		COB Cajicá
24/10/2011	Río Grande	Inundación	Daño en 1Ha de área de uso industrial	Desbordamiento del Río Bogotá	CAR
24/10/2011	Río Grande	Inundación	Daño ambiental en 3.5Ha de área agrícola	Desbordamiento del Río Bogotá	CAR
30/06/2011	Canelón	Inundación	Daño estructural de 180 viviendas, afectando a 6698 personas		UNGRD, DesInventar, SIGRD
7/06/2011	Canelón	Inundación	Daño ambiental en 0.03Ha de área agrícola	Desbordamiento del Río Frío, falta de jarillones	CAR

 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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

FECHA EVENTO	VEREDA O UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN GENERAL	CONSECUENCIAS	COMENTARIOS	FUENTE
7/06/2011	Río Grande	Inundación	Anegación de vías	Desbordamiento del Río Bogotá	CAR
16/05/2011	Canelón	Inundación	Daño ambiental en 0.03Ha de área agrícola	Desbordamiento que Río Frío	CAR
16/05/2011	Calahorra	Inundación	Daños no cuantificados	Desbordamiento de la Quebrada Tenería - Río Bogotá	CAR
16/05/2011	Calahorra	Inundación	Daño estructural de una edificación	Desbordamiento Río Bogotá	CAR
16/05/2011	Calahorra	Inundación	Daño ambiental a cultivos no cuantificado	Desborde de la Quebrada Tenería, CAR sugiere reforzamiento del Jarillón en este sector	CAR
16/05/2011	Calahorra	Inundación	Daño ambiental de 70Ha de área agrícola, daño estructural en 3 viviendas	Desbordamiento del Río Bogotá	CAR
27/04/2011	Calahorra	Inundación	Inundación de la vía Cajicá - Hato Grande	Desbordamiento del Río Bogotá	CAR
24/04/2011	Calahorra	Inundación	Daño estructural en un Jarillón, 100 personas damnificadas	Crecida del Río Bogotá	SIGRD, DesInventar
22/04/2011	Hato Grande	Inundación	Rotura de un Jarillón, inundación del Club El Rincón, daño estructural a 40 viviendas afectando 195 personas, pérdidas económicas en cultivos de cerca de 400'000.000	Habitantes comentan negligencia de la CAR para adecuar los Jarillones a tiempo	UNGRD, DesInventar, SIGRD, Gobernación de Cundinamarca
12/04/2011	Calahorra	Inundación	Daño ambiental en 3.5Ha de área agrícola	Desbordamiento de la Quebrada Tenería	CAR
2/02/2011	Canelón	Inundación	Daño ambiental de 0.05Ha de área agrícola	Desbordamiento del Río Frío	CAR
2/02/2011	Calahorra	Inundación	Daño ambiental de 0,02Ha de área agrícola	Desbordamiento Río Bogotá	CAR
2/02/2011	Río Grande	Inundación	Daño ambiental en 0.03Ha de área agrícola	Desbordamiento del Río Bogotá	CAR
20/11/2010	Calahorra	Inundación	Daño estructural a un jarillón, ocasionando daños a viviendas no cuantificados		COB Cajicá, Canal 1
1/10/2010	Canelón	Inundación	Anegación de vías	Caída de granizo y vientos fuertes	Gobernación de Cundinamarca
28/06/2010	Río Grande	Inundación	Daño ambiental en 2Ha de área agrícola	Desbordamiento del Río Bogotá	CAR
18/01/2010	Chuntame, Canelón	Inundación	Daño estructural a 4 edificaciones, afectando 35 personas e inundando una vía. Pérdida no cuantificada de cultivos	Desbordamiento del Río Bogotá	Gobernación de Cundinamarca
17/01/2010	Chuntame	Inundación	Anegación de una vía, daños ambientales y estructurales no cuantificados	Desbordamiento del Río Bogotá y el Río Frío	Gobernación de Cundinamarca
10/11/2007	Chuntame	Inundación	Daño estructural en 6 viviendas		COB Cajicá
9/11/2006	Calahorra	Inundación	Daño estructural a 3 viviendas, con 15 personas afectadas	Inundación en zona rural por falta de alcantarillado	UNGRD, DesInventar, SIGRD
8/11/2006	Calahorra	Inundación	6 viviendas inundadas, 18 personas afectadas	Colapso del sistema de alcantarillado	COB Cajicá
8/11/2006	Canelón	Inundación	Daños no cuantificados		COB Cajicá



FECHA EVENTO	VEREDA O UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN GENERAL	CONSECUENCIAS	COMENTARIOS	FUENTE
20/11/2005	Río Grande	Inundación	Daños no cuantificados		DesInventar, UNGRD
4/11/1999	Canelón	Inundación	Daños no cuantificados		UNGRD
15/05/1944	Río Grande	Inundación	Daño en áreas agrícolas no cuantificado	Desbordamiento Río Bogotá	DesInventar, SIGRD
15/11/1935	Río Grande	Inundación	Inundaciones de 1.800Ha	Desbordamiento Río Bogotá	DesInventar, SIGRD
6/02/2013	Chuntame, casco urbano	Inundación	Daños estructurales leves a 4 viviendas, 20 personas afectadas		UNGRD, DesInventar, SIGRD
12/04/2012	Casco Urbano, Río Grande	Inundación	Colapso del sistema de alcantarillado, daño estructural en 30 viviendas, afectando 120 personas	Desbordamiento de las quebradas Tenería y El Tambo	UNGRD, DesInventar, SIGRD, Gobernación de Cundinamarca
1/05/2011	Casco Urbano, Chuntame	Inundación	Daño estructural a 10 viviendas con 40 personas afectadas		UNGRD, DesInventar, Gobernación de Cundinamarca
15/06/2006	Casco Urbano, Río Grande	Inundación	Inundación de vías, daño estructural en un jarillón, 100 personas damnificadas		COB Cajicá
4/05/2006	Casco Urbano, Calahorra	Inundación	Daño estructural a 56 viviendas y un jarillón, afectando 280 personas	Desbordamiento del Río Frío y Bogotá	UNGRD, DesInventar, SIGRD
17/11/2010	Todo el municipio	Inundación	Daño estructural a 500 viviendas, afectando 1800 personas	Desbordamiento del Río Bogotá	UNGRD

FUENTE: UNGRD, DESINVENTAR, SIRGRD, GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA, COB CAJICÁ, CAR, DOCUMENTO DE EVALUACIÓN - GESTIÓN DEL RIESGO CAJICÁ, NOTICIAS.

Posteriormente se intersectaron los datos ya mencionados con la información referente a la precipitación y caudales de las estaciones más cercanas al lugar del evento ocurrido, se le añadió un tiempo de retorno a este valor de 2,33 para generar valor estimados de la probabilidad de ocurrencia de la inundación. Además de esto se evidencio que en algunos casos no se presentan precipitaciones o caudales, pero se tiene el registro de un evento de inundación, lo cual puede explicarse debido a que ésta no es la única variable explicativa del enlace de un evento de inundación.

**Tabla 4.** Registros históricos de Inundación comparando precipitación en el área rural del municipio de Cajicá, Cundinamarca.

FECHA EVENTO	VEREDA O UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN GENERAL	ESTACIÓN REGISTRO	CAUDAL	Tr	COMENTARIOS
30/11/2008	No especifica	Inundación	Refisal	-	-	
15/11/1935	Río Grande	Inundación	Refisal	-	-	Desbordamiento Río Bogotá
15/05/1944	Río Grande	Inundación	Refisal	-	-	Desbordamiento Río Bogotá
4/11/1999	Canelón	Inundación	Puente La Virginia	10,77	2,33	

 ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ	<b>ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA</b>			 ARCO C&C
	<b>SUELO RURAL</b>	<b>ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN</b>	<b>CAJICÁ</b>	

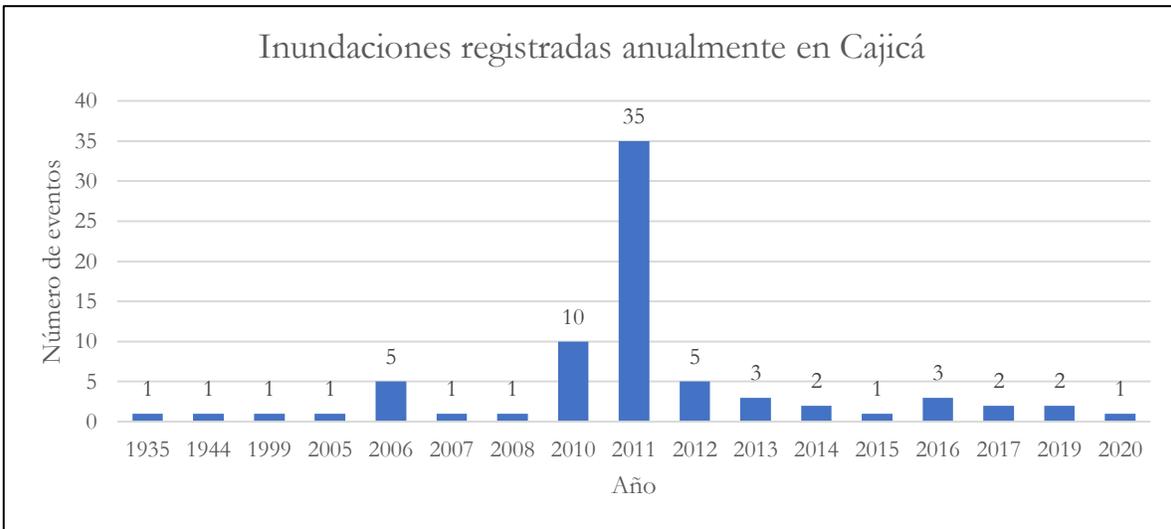
FECHA EVENTO	VEREDA O UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN GENERAL	ESTACIÓN REGISTRO	CAUDAL	Tr	COMENTARIOS
20/11/2005	Río Grande	Inundación	Puente La Virginia	-	-	
8/11/2006	Canelón	Inundación	Puente Vargas	5.918	2,33	
8/11/2006	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	5.918	2,33	Colapso del sistema de alcantarillado
9/11/2006	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	14.082	2,33	Inundación en zona rural por falta de alcantarillado
10/11/2007	Chuntame	Inundación	Puente Vargas	6.821	2,33	
20/11/2010	Calahorra	Inundación	Refisal	-	-	
28/06/2010	Río Grande	Inundación	Puente Vargas	6.452	2,33	Desbordamiento del Río Bogotá
16/05/2011	Canelón	Inundación	Puente La Virginia	8.258	2,33	Desbordamiento que Río Frío
2/02/2011	Canelón	Inundación	Puente La Virginia	1.34	2,33	Desbordamiento del Río Frío
7/06/2011	Canelón	Inundación	Puente La Virginia	3.239	2,33	Desbordamiento del Río Frío, falta de jarillones
30/06/2011	Canelón	Inundación	Puente La Virginia	1.271	2,33	
27/04/2011	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	77.542	50	Desbordamiento del Río Bogotá
16/05/2011	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	51.469	10	Desbordamiento Río Bogotá
16/05/2011	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	51.469	10	Desborde de la Quebrada Tenería, CAR sugiere reforzamiento del Jarillón en este sector
2/02/2011	Río Grande	Inundación	Puente Vargas	6.104	2,33	Desbordamiento del Río Bogotá
16/05/2011	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	51.469	10	Desbordamiento de la Quebrada Tenería - Río Bogotá
22/04/2011	Hato Grande	Inundación	Puente Vargas	80.885	50	Habitantes comentan negligencia de la CAR para adecuar los Jarillones a tiempo
12/04/2011	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	17.582	2,33	Desbordamiento de la Quebrada Tenería
7/06/2011	Río Grande	Inundación	Puente Vargas	51.469	10	Desbordamiento del Río Bogotá
16/05/2011	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	51.469	10	Desbordamiento del Río Bogotá
2/02/2011	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	6.104	2,33	Desbordamiento Río Bogotá
24/04/2011	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	80.885	50	Crecida del Río Bogotá
24/10/2011	Río Grande	Inundación	Refisal	-	-	Desbordamiento del Río Bogotá
24/10/2011	Río Grande	Inundación	Refisal	-	-	Desbordamiento del Río Bogotá
10/04/2012	Chuntame	Inundación	Puente La Virginia	2,604	2,33	Afectación en el sistema de alcantarillado
20/04/2012	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	52.477	10	Desbordamiento Quebrada La Tenería
20/04/2012	Río Grande	Inundación	Puente Vargas	52.477	10	Desbordamiento del Río Bogotá
27/11/2013	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	16.118	2,33	
17/01/2014	Calahorra	Inundación	Puente Vargas	4.987	2,33	Desbordamiento del Río Bogotá
17/11/2015	Chuntame, Canelón	Inundación	Puente La Virginia	0.759	2,33	Saturación del sistema de alcantarillado



FECHA EVENTO	VEREDA O UBICACIÓN	CLASIFICACIÓN GENERAL	ESTACIÓN REGISTRO	CAUDAL	Tr	COMENTARIOS
4/05/2006	Casco Urbano, Calahorra	Inundación	Puente Vargas	4.863	2,33	Desbordamiento del Río Frío y Bogotá
15/06/2006	Casco Urbano, Río Grande	Inundación	Puente Vargas	-	-	
1/05/2011	Casco Urbano, Chuntame	Inundación	Puente Vargas	80.885	50	
12/04/2012	Casco Urbano, Río Grande	Inundación	Refisal	-	-	Desbordamiento de las quebradas Tenería y El Tambo
6/02/2013	Chuntame, casco urbano	Inundación	Puente Vargas	13.874	2,33	
17/11/2010	Todo el municipio	Inundación	Refisal	-	-	Desbordamiento del Río Bogotá

FUENTE: UNGRD, DESINVENTAR, SIRGRD, GOBERNACIÓN DE CUNDINAMARCA, COB CAJICÁ, CAR, DOCUMENTO DE EVALUACIÓN - GESTIÓN DEL RIESGO CAJICÁ, NOTICIAS.

Existen 84 inundaciones registradas a través de la historia en el municipio, siendo el tipo de evento amenazante más recurrente y por tanto de especial atención en Cajicá. La ubicación del municipio sobre el valle del Río Bogotá, y algunos sectores en el oriente del municipio sobre la llanura de inundación del mismo, son factores que favorecen la ocurrencia de este tipo de eventos al presentarse lluvias intensas y/o prolongadas sobre la región. La **Ilustración 10** muestra la cantidad de inundaciones presentadas anualmente (de los registros que cuentan con fecha definida) en el municipio de Cajicá.



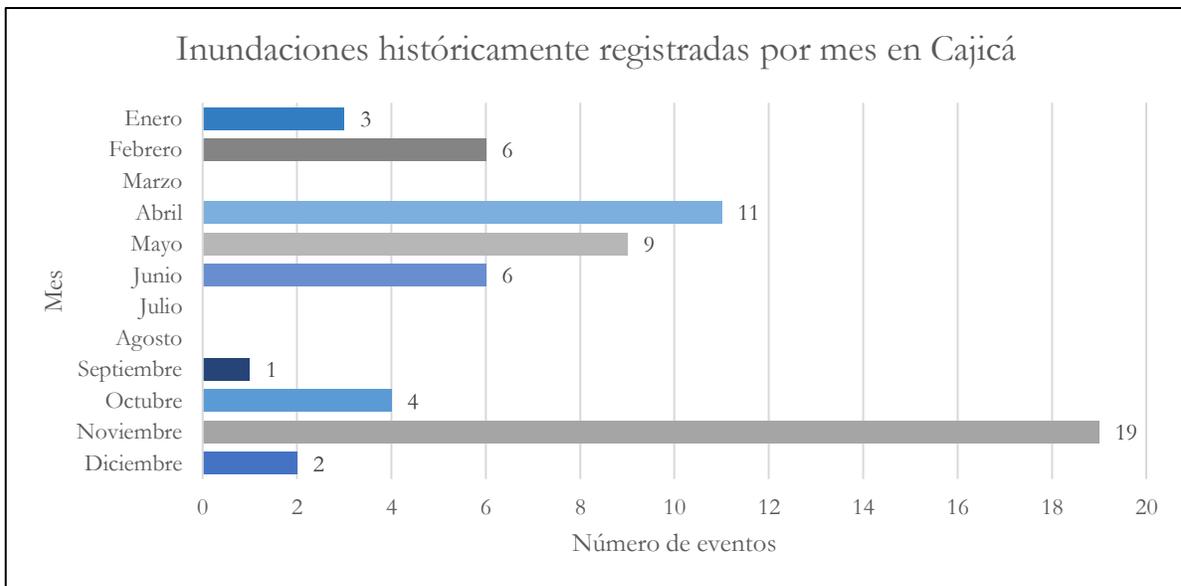
**Ilustración 10.** Registro anual de inundaciones en Cajicá  
Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

El mayor pico de eventos tipo inundación registrados en el municipio se encuentra en el lapso temporal entre 2010 y 2012, presentando hasta 35 inundaciones en el año 2011 y siendo



correspondientes al Fenómeno de La Niña que sufrió el territorio colombiano en dichos años. En el 2006 y 2016 se encuentran también varios registros de inundaciones que se correlacionan con el mismo fenómeno de variabilidad climática registrados a finales de 2005 e inicios de 2006 y entre los años 2016 y 2017 (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2021). Adicionalmente, las distintas fuentes de información consultadas para elaborar el inventario histórico de eventos mencionan la insuficiencia del sistema de alcantarillado y la ineficiencia de algunos jarillones sobre los drenajes principales del municipio, factor que favorece la ocurrencia de este tipo de eventos.

Las lluvias extremas o de larga duración, que potencialmente pueden materializar este tipo de amenaza, también se correlacionan con las épocas de alta precipitación del régimen bimodal del área. La **Ilustración 11** muestra el compilado histórico de inundaciones por meses que ha sufrido el municipio de Cajicá.



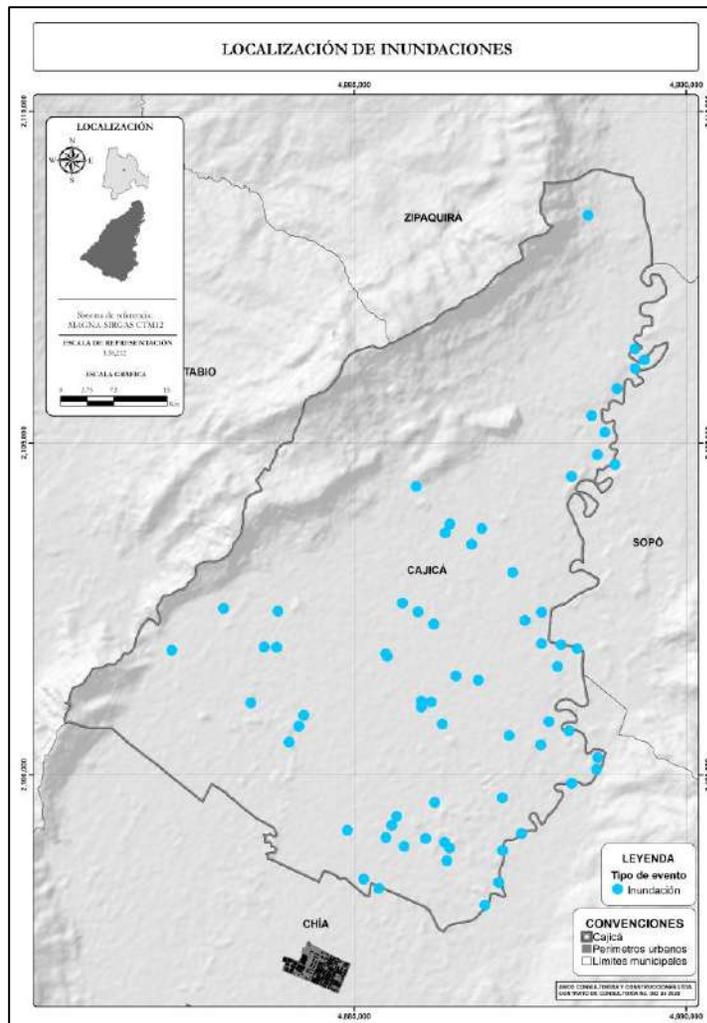
**Ilustración 11.** Registro mensual histórico de inundaciones en Cajicá  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Los meses con alta frecuencia histórica de inundaciones corresponden a los periodos de tiempo donde se depositan mayores volúmenes de lluvia en el territorio, los cuales son noviembre y abril. Así mismo, los meses de enero y julio, periodos de bajas precipitaciones, no se presentan mayores registros de este tipo de eventos en el municipio. Existe por tanto una clara correlación de la temporada de lluvias, producto del doble paso de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT)



sobre la Región Andina en los meses de abril y noviembre, con la presencia de inundaciones en Cajicá. Cabe señalar que las temporadas de lluvia se hacen extremas en los años de ocurrencia del fenómeno de variabilidad climático tipo La Niña.

Además de la distribución temporal de los registros de inundaciones, es importante establecer las zonas dentro de la jurisdicción del municipio de Cajicá donde históricamente ha existido una mayor recurrencia de este tipo de eventos. Por esta razón, y con haciendo uso de la ubicación espacial proporcionada por las diferentes fuentes de información, se presenta en la **Ilustración 12** la ubicación de las inundaciones históricas en el municipio de Cajicá.



**Ilustración 12.** Ubicación de la ocurrencia de inundaciones en el municipio de Cajicá  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Las inundaciones no sólo corresponden con el régimen de lluvia dominante a lo largo de los meses o años, también tiene una incidencia directa la morfología del terreno, tipo de roca o depósito no litificado, usos del suelo, entre otros factores intrínsecos del suelo, los cuales aumentan o disminuyen la probabilidad de ocurrencia de los eventos de origen hidrometeorológico.

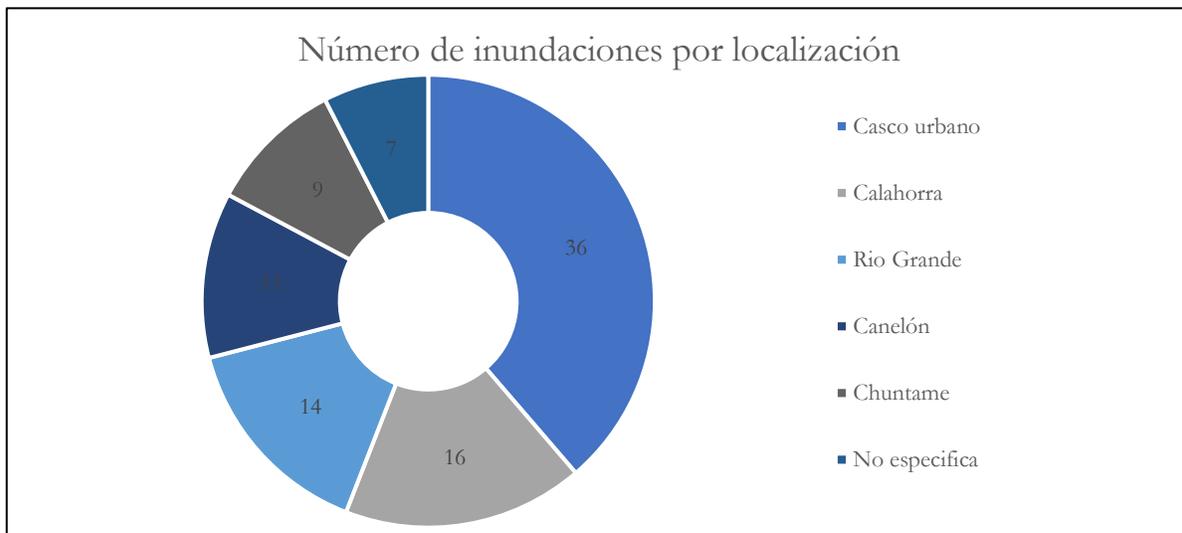
En adición a esto, la Secretaría de Medio Ambiente y representantes del acueducto del municipio han manifestado que la problemática de inundaciones se ve exacerbada por el mal diseño de



alcantarillado conforme se ha densificado el casco urbano y han cambiado las actividades productivas principales del municipio.

El crecimiento poblacional y de infraestructura en la región ha modificado la dinámica hidrológica de los cursos de agua, donde se han obstruido, desviado y/o intervenido múltiples canales y humedales en el territorio, generando problemas en el flujo y las descargas del recurso hídrico y favoreciendo la ocurrencia de inundaciones en los puntos críticos resaltados en la **Ilustración 12**.

La gran mayoría de inundaciones con ubicación conocida, han tenido lugar en las inmediaciones del Río Bogotá y el Río Frío, esto debido a que en las épocas de altas precipitaciones el volumen de agua en los canales supera su capacidad de almacenamiento y genera su desbordamiento en las llanuras de inundación de los cauces. Teniendo esto en cuenta, la **Ilustración 13** muestra la frecuencia de inundaciones presentadas en las zonas rurales y urbanas que comprende la jurisdicción del municipio de Cajicá.



**Ilustración 13.** Número de inundaciones por localización en el municipio de Cajicá  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Existen registros de inundaciones en todas las veredas que conforman el municipio de Cajicá y en el casco urbano, se destaca que cerca del 70% de los eventos han tenido lugar en el margen oriental y centro del municipio, en cercanías del Río Bogotá sobre las veredas Calahorra, Río Grande y sobre el casco urbano. En el margen occidental existen algunos registros de desbordamientos del Río Frío a la altura de las veredas Canelón y Chuntame, y finalmente existen 7 eventos cuyas fuentes de información no especificaron el lugar de ocurrencia del mismo.



El Río Bogotá en el borde oriental de Cajicá es un canal de tipo meándrico, morfología típica de las áreas que cuentan con una baja pendiente, desarrollando amplias llanuras de inundación que reciben las descargas de agua cuando el cauce principal supera su capacidad de almacenamiento, razón por la cual se presentan inundaciones con mucha mayor frecuencia en esta margen respecto al occidente del municipio, en donde la morfología se hace más abrupta.

En el marco del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hídrica POMCA del Río Bogotá, el municipio de Cajicá está zonificado como una región de alta amenaza por inundaciones en su región oriental y central, sobre el casco urbano (CAR; MinAmbiente; MinHacienda; Corporinoquía; Huitaca, 2019); razón que, sumado a los antecedentes históricos del municipio, sugieren el peligro latente que corre la comunidad ante una amenaza de este estilo en el futuro. También existen algunas zonas de amenaza media y baja en el municipio en cercanías del Río Frío y algunos pequeños sectores del margen occidental del municipio.

### 3.1.5.2.1 Problemáticas de inundación suelo rural

#### 3.1.5.2.1.1 Vereda Río Grande

Se tiene afectación sobre la vereda Río Grande, zona colindante del río Bogotá, en el sector de los condominios campestres Hatogrande a lo largo de la vía Cajicá-Hatogrande predio La Balsa, donde inicialmente el cuerpo de agua era un vallado, el cual con el tiempo aumentó su ancho hasta adquirir características de humedal presentado una alta colmatación de material vegetal en su cauce y por todo su recorrido, lo que produce un estancamiento en temporadas invernales debido a la precipitación y captación de la escorrentía provenientes de la vía.

El cuerpo de agua antes se conectaba mediante un meandro en dirección del Río Bogotá, actuando como un regulador hídrico que con el tiempo fue desconectado por acciones antrópicas. Actualmente no tiene donde descargar las aguas que se recolectan por lo que se inunda periódicamente. Normativamente no se pueden realizar modificaciones a la ronda hídrica del Río Bogotá, además que los habitantes del sector no quieren volver a conectar el humedal con el meandro debido a que buscan disminuir las zonas de inundación en sus predios o secar las zonas pantanosas, por lo que como alternativa de conectar el humedal con el Río Bogotá para que este descargue sus aguas, no es viable. Por tanto, la alcaldía optó por implementar motobombas cuando se requiere y evacuar las aguas hacia Río Bogotá y así evitar inundaciones, de tal manera que logran controlar las inundaciones con la medida implementada. (Ver **Ilustración 14**)

 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
SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	CAJICÁ



**Ilustración 14.** Canal estancado sin descarga - sector vía Cajicá-Hatogrande, predio La Balsa.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Aguas abajo de la zona de inundación se evidencia colapso del jarillón, construido ante los eventos de inundación de los años 2010 – 2011. Se ha buscado estabilizar el canal mediante apalancamiento, postes y arreglos del jarillón para mitigar el evento ocurrido, aclarando que desde ese tiempo no se han vuelto a hacer intervenciones sobre el jarillón, por lo que las medidas implementadas fueron temporales ante la atención de la emergencia durante el fenómeno de la niña. El periodo de ocurrencia que los habitantes identifican es de cada 15 años considerando esta zona como de amortiguamiento que tuvo alteraciones generando un cuerpo léntico sin descarga. (Ver **Ilustración 15**)



**Ilustración 15.** Canal estancado sin descarga - sector Río Bogotá, predio La Balsa.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Sobre la vereda Río Grande se tiene vallados cerrados, sin conexión por construcción de la vía lo que hace un sector potencialmente inundable. Aguas abajo de estos vallados se tiene cuerpos artificiales de agua que solo se alimenta de aguas lluvias, por tanto, están susceptibles a desaparecer en épocas de baja pluviosidad.



**Ilustración 16.** Descarga de un brazo de la Quebrada de la Cruz – Sector Puerta del Sol.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



Sobre la zona de los sectores de Puerta Sol y Capellania se tiene confluencia de un cauce sin identificación, el cual ha sido determinado como un punto de alta amenaza de inundación a causa de las alteraciones a las que ha sido sometido el afluente en el cual se ha reducido el volumen de la descarga debido a la desviación hacia la Quebrada de la Cruz que como medida hidráulica ha sido ampliada su sección mediante retroexcavadora para aumentar la capacidad hidráulica. Aguas abajo se tiene una planta de tratamiento de aguas residuales donde se separa la recolección de aguas lluvias y las servidas (residuales) y posteriormente vuelven a unirse, lo que indica que la medida es parcial y no eficaz, porque el objetivo es tratar solo las aguas residuales, no las pluviales, lo que genera un costo adicional disminuyendo la capacidad de tratamiento de aguas residuales de la PTAR al incluirle el caudal generado por lluvias. Además, Cajicá solo trata un porcentaje de todas las aguas generadas en el municipio. Se debe incluir ampliación de las PTAR existentes o evaluar plantas con mayor capacidad que la demanda lo solicita. Este punto es una creación de una adecuación para recolectar las aguas y trasladarlas a la PTAR, pero aún no se ha construido. El representante de la secretaria informa que el 50% de las aguas residuales son tratadas. (Ver **Ilustración 16**)

Hacia el norte de la planta de tratamiento de aguas residuales se identifica un humedal y descarga de aguas residuales del vertimiento de Granjitas (sector poblado La Esperanza) el cual se hace directo hacia un cuerpo de agua discontinuo generando inundaciones. Se tiene como proyección sobre la zona una caseta de bombeo, la cual actualmente se encuentra en fase de construcción con el objetivo de llevar esas aguas a la PTAR ante mencionada.

 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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	



**Ilustración 17.** Quebrada de la Cruz.

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

Sobre el Rio Bogotá en la vereda Rio Grande ante eventos extremos de precipitación se evidencia jarillones colapsados sobre la descarga de la Quebrada La Cruz, además de medidas de contención con bultos de arcilla para no permitir el desbordamiento.

#### 3.1.5.2.1.2 Vereda Calahorra

En la zona sur del casco urbano en la Vereda Calahorra se localiza un sistema de vallados canalizados con un diámetro menor acorde a la capacidad hidráulica del canal, punto donde confluyen varios vallados, lo que aumenta el caudal de tránsito, pero al canalizarlo con un diámetro menor de lo que llevaba aguas arriba, aumenta el caudal y por consecuencia el sistema colapsa y se genera una zona de inundación, afectando la vía principal. Además, en el 2011 y 2014 se tiene registros de inundación sobre la zona debido a que producto de la adecuación de la vía (variante) se generaron problemas a la recarga de los humedales, por lo que este desarrollo no considero las construcciones del paso de aguas de algunos canales, evidenciado en vallados cerrados o los cuales se modifican con condiciones hidráulicas por acciones antrópicas, dando como prioridad la construcción de vías de acceso. (Ver **Ilustración 18**)

 <p>ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ</p>	<p>ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA</p>	 <p>ARCO C&amp;C</p>
<p>SUELO RURAL</p>	<p>ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN</p>	<p>CAJICÁ</p>



**Ilustración 18.** Río Bogotá -Sector Vereda Calahorra.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Hacia la rio Bogotá se tienen canales sin conexión al sistema de vallados anteriormente mencionado. El canal recepciona aguas lluvias locales y como no tiene conexión cuando llueve se supera su capacidad de almacenamiento colmatándose y desbordando sus aguas hacia las áreas adyacentes. Por otra parte, cuando ocurren estos fenómenos es necesario extraer el agua de los vallados y devolverla hacia el Río Bogotá con una motobomba, dado que los encharcamientos se conservan por largos periodos de tiempo y la conexión hasta la corriente principal no es posible debido que la CAR adquirió estos predios colindantes para hacer una zona de amortiguamiento, de tal manera que se mitigue la amenaza inundación del Río Bogotá. (Ver **Ilustración 19**)



**Ilustración 19.** Río Bogotá -Sector Vereda Calahorra.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

### 3.1.5.2.1.3 Vereda Chuntame

La Vereda Chuntame localizada al noroccidente del municipio de Cajicá, se encuentran una gran parte de los drenajes que descargan sobre esta zona rural debido a las condiciones topográficas, con unas características montañosas. Sobre los límites con la Vereda Rio Grande se presenta problemas en el sistema de alcantarillado debido a que estos son canalizados con condiciones hidráulicas que no son adecuadas para los niveles de escorrentía generados, además de la construcción de viviendas sobre la ronda de protección de los cauces, generando obstrucción y problemas de inundación como se presenta sobre la Quebrada Manas, cauce que no es reconocido por lo que se presentan taponamientos, debido a que no se tiene una normativa sobre este. Se sugiere caracterizar el cuerpo hídrico para construir ronda de protección.



**Ilustración 20.** Quebrada sin identificación (Q. Manas).  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Otros puntos identificados de inundación se dan en zonas aledañas de la empresa Argos, donde los drenajes naturales son obstruidos y posteriormente hacen una descarga de aguas residuales. A lo largo de la canalización de la Quebrada El Campo, esta fue desviada por la vía para que desembocara en el Río Frio y de esta misma corriente se recolectaran las aguas lluvia.

 <p>ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ</p>	<p>ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA</p>	 <p>ARCO C&amp;C</p>
<p>SUELO RURAL</p>	<p>ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN</p>	<p>CAJICÁ</p>



**Ilustración 21.** Canalización Quebrada El Campo.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

Como gran parte de la problemática sobre el municipio de Cajicá se tiene que los vallados se encuentran canalizados y por presiones hidrostáticas se tiene registro de un evento de inundación en el fenómeno del 2010- 2011 en los cuales el caudal transportado sobrepasa los límites hidráulicos de las estructuras provocando desbordamientos sobre zonas residenciales.

Hacia el casco urbano del municipio en el sector de Siete Vueltas se tiene la Quebrada Campo la cual ahora se encuentra constituida como un sistema de vallados, los cuales para el 2011 y 2019 registraron inundaciones, convirtiéndose en una zona de riesgo latente. (Ver **Ilustración 22**)

 <p>ALCALDÍA MUNICIPAL DE CAJICÁ</p>	<p>ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA</p>	 <p>ARCO C&amp;C</p>
<p>SUELO RURAL</p>	<p>ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN</p>	<p>CAJICÁ</p>



**Ilustración 22.** Canal longitudinal -Sector Vereda Chuntame.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

#### 3.1.5.2.1.4 Vereda Canelón

Además de la afectación de inundación a causa del Río Frio se tiene colmatación sobre los sistemas de canales distribuidos en la Vereda Canelón, los cuales no cuentan con las pendientes suficientes para realizar las descargas, generando zonas de encharcamiento. Como alternativas ante estos eventos se han desarrollado cultivos hidropónicos que recolectan la escorrentía sistema de vallados.

 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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	



**Ilustración 23.** Rio Frío -Sector Vereda Canelón.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

#### 3.1.5.2.1.5 Humedales

Del Documento de Delimitación de Humedales para el Municipio de Cajicá, Cundinamarca (CAR, 2016) se establece la identificación de estos ecosistemas con el objetivo de hacer una integración en la toma de decisiones como elementos esenciales para garantizar la satisfacción de las necesidades ambientales a partir del uso racional de estos. (Cortés-Duque, J. et al., (Eds), 2016)

De acuerdo al artículo 202 del Plan de Desarrollo, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca adopta las acciones para consolidar el Sistema Regional de Áreas Naturales Protegidas (SIRAP) y el sistema de humedales, en el cual se identifica y delimita estos ecosistemas presentes en la jurisdicción. La determinación de estos cuerpos de agua para el municipio de Cajicá siguió los lineamientos del Instituto Alexander Von Humboldt, donde se hizo un reconocimiento de las características biofísicas relacionadas con la geomorfología, hidrología, suelos y vegetación. Se realizó un levantamiento de 150 humedales identificados, a los cuales se determinó la cota máxima de inundación y su correspondiente área de protección mediante información de topográfica, batimétrica y hidroclimática. Se realizaron análisis de la morfometría de las cuencas aportantes a cada uno de los humedales. Con base lo anterior, se estimó el tipo de



concentración en minutos y en horas para el llenado de los cuerpos de agua. Por otra parte, mediante la técnica de los Polígonos de Thiessen, que sirve para determinar la lluvia promedio en una zona; se estableció la precipitación máxima en 24 horas de las cuencas aportantes a los humedales. Sin embargo, por cada estación, se estableció una distribución máxima de probabilidades para evaluar los periodos de retornos 2.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años, máxima para 24 horas. De acuerdo con los datos hidroclimatológicos se realizaron modelos lluvia-escorrentía en donde se establecieron los caudales (o volúmenes mensuales) que entran a los humedales y se estimaron los caudales que eventualmente pueden salir de los humedales debido a la evaporación y los caudales excedentes. Con base en esto se realizó un balance hídrico en cada uno de los humedales cuyos resultados fueron la base para establecer la oferta hídrica en cada cuerpo de agua. Teniendo como base los cálculos realizados con información secundaria y la información tomada en campo en donde se realizó la identificación de las estructuras o elementos mediante los cuales se descargan los eventuales caudales de exceso que se puedan generar en cada humedal, se estableció un modelo hidráulico para determinar la relación profundidad-caudal excedente. A partir de los resultados anteriores, se transitó por cada humedal la creciente adoptada para establecer el nivel de delimitación en cada cuerpo de agua. Con el establecimiento de la cota máxima de inundación se estableció una ronda hídrica de 30 metros que sirvió como base para realizar una segunda aproximación de la delimitación de los humedales.

Dentro de los humedales que se identifican en el municipio de Cajicá sobre la Vereda Calahorra se encuentra el de Chunuguá el cual tiene una alta transformación debido a actividades antrópicas como la construcción de vivienda multifamiliar al occidente del humedal, actividades agropecuarias y canales asociados a estas actividades, siendo los pastos limpios la cobertura más estable. Estos cambios generan complejidad en el paisaje los cuales han aumentado dentro del área de influencia del humedal, que hace parte de la zona de ronda del río Bogotá, y cumple su función de amortiguador de inundaciones y crecientes del río. Para este cuerpo, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 2811 de 1974 y en su reglamentario 1541 de 1978, se adoptó la creciente con periodo de 15 años para establecer el nivel base a partir del cual se debe comenzar a establecer la delimitación del humedal. Teniendo en cuenta lo anterior, se comenzó por establecer el nivel que se alcanza en los humedales considerando el nivel establecido en el escenario medio alto y asumiendo que se presente la creciente con periodo de retorno de 15 años. Para el Humedal Chunuguá el tránsito de la creciente se inició entonces con la profundidad de 0.60 m (2547.60 msnm) y en el punto más crítico se obtuvo una profundidad de 0.70 m (2547.70 msnm). De acuerdo con lo anterior, se recomienda adoptar como cota base para la delimitación del Humedal Chunuguá la siguiente cota para su respectiva delimitación a 2547.70 msnm el cual

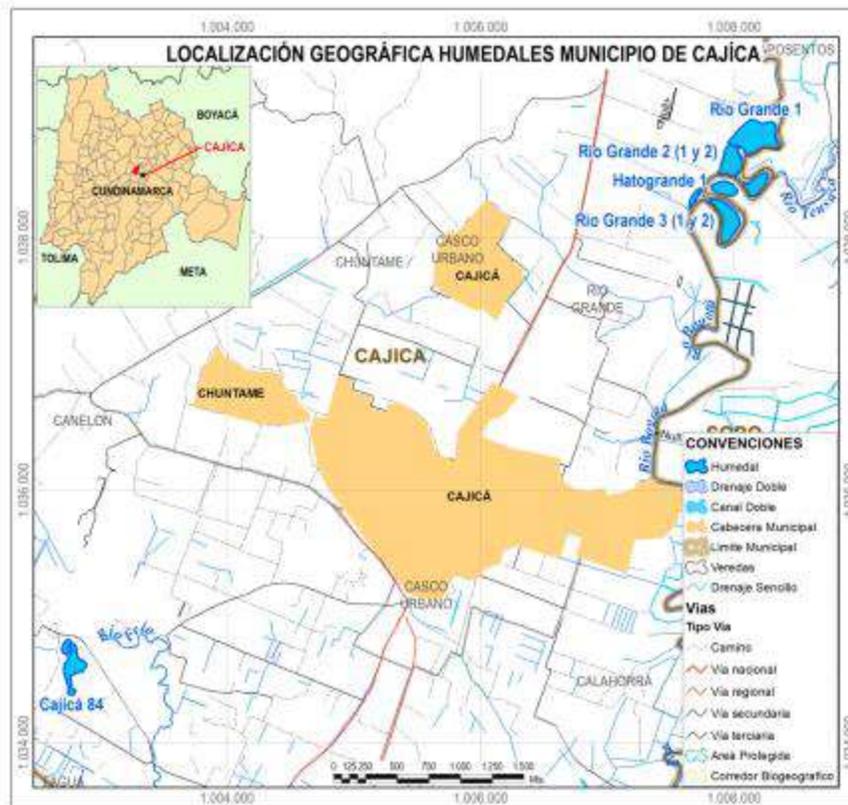
acorde a su no tiene capacidad para almacenar las crecientes en la cuenca hidrográfica que se presentan con períodos de retorno desde 2.33 hasta 100 años.



**Ilustración 24.** Ubicación del humedal Chunguá.  
**Fuente:** A.G.S Ltda. (2016)

Adicionalmente se identifican los humedales Río Grande 1, 2 (1 y 2) y 3 (1 y 2) en el Documento “Realizar la delimitación, caracterización biofísica y descripción del componente social de 100 humedales identificados y priorizados en la jurisdicción de la CAR, incluyendo la determinación de la cota máxima de inundación y su correspondiente área de protección” (CAR, 2016); donde se analiza la cobertura vegetal, análisis multitemporal, geomorfología, topografía y batimetría, hidrología, componente biótico (flora y fauna) y componente socioeconómico para la determinación del límite final del humedal. Finalmente, se toma como base el límite ajustado se estableció la zona de protección como un cinturón de 30 m alrededor del límite del humedal.

 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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	



**Ilustración 25.** Localización geográfica de los humedales de Cajicá.  
Fuente: Planchas IGAC 10K y A.G.S Ltda. (2016)

En la actualidad estos humedales se encuentran delimitados por la curva del río Bogotá al oriente y por una elevación artificial al occidente. Son humedales que se encuentran en la llanura de inundación del río Bogotá. Desde el componente hidrológico, la zona de inundación coincide aproximadamente con lo registrado en el análisis multitemporal.

El humedal Río Grande 2 queda conformado por una sola área en lugar de las dos propuestas inicialmente por la CAR, con una superficie de 3,75 ha. Su separación del humedal Río Grande 1 (3.19 ha) se da por una pequeña elevación de terreno que impide que sus aguas se unan, por lo menos desde el punto de vista hidrológico. Por su parte, el humedal Río Grande 3 queda efectivamente dividido en dos partes, ya que entre las dos existe un canal que corta el meandro formado al oriente; la superficie total de los dos cuerpos de agua es de 3,26 ha (2,99 ha la parte oriental, al interior del meandro, y 0,28 ha la parte occidental).



La zona de protección de los humedales Río Grande 1 y 2, por su cercanía y atendiendo a las áreas que se encuentren entre el mismo y el río Bogotá al oriente, es la misma y suma un total de 13,87 ha, que incluye el jarillón adyacente al río Bogotá y el bosque plantado del occidente de los humedales. Por su parte, la del humedal Río Grande 3 incluye también el jarillón correspondiente e incluye también la franja de bosque plantado al occidente, para un total de 4,72 ha.

### 3.1.5.3 LEVANTAMIENTO TOPOBATIMÉTRICO

Según lo descrito en la metodología del IDEAM las topo batimetrías son una técnica empleada para el levantamiento topográfico del relieve de áreas cubiertas de agua como el cauce de un río o el fondo de un lago, cuya finalidad es la obtención de coordenadas X, Y, Z de todos los puntos que describen el terreno. Dicha información se obtiene midiendo la distancia vertical entre el la lámina de agua y el fondo del cauce, como también, la variación de alturas entre las márgenes del río con respecto a la superficie del mismo, con el fin de ver la geometría de la sección transversal y longitudinal.

La metodología que se describe a continuación se ha empleado para la descripción de treinta y siete estaciones de trabajo, distribuidas a lo largo de los diferentes cauces presentes en el municipio de Cajicá, Cundinamarca.

El procedimiento metodológico se ejecutó en tres diferentes fases; la elaboración del plan de trabajo, en donde a partir del criterio de los profesionales y la información cartográfica previa se seleccionaron las estaciones de trabajo, como también, se estructuró los formatos utilizados para la recopilación de la información de campo.

Ya definidas las zonas donde se realizarían las batimetrías se dio lugar al trabajo de campo, donde el equipo profesional recopiló la información de las diferentes secciones transversales definiendo la superficie en base al cauce principal utilizando el posicionamiento de precisión RTK GNSS.

Finalmente se llevó a cabo la fase de post-procesamiento de los datos obtenidos en campo, en donde se emplearon software para modelos hidrodinámicos y Sistemas de Información Geográfica, con el objetivo de obtener un modelo digital de elevación hidrológicamente correcto.

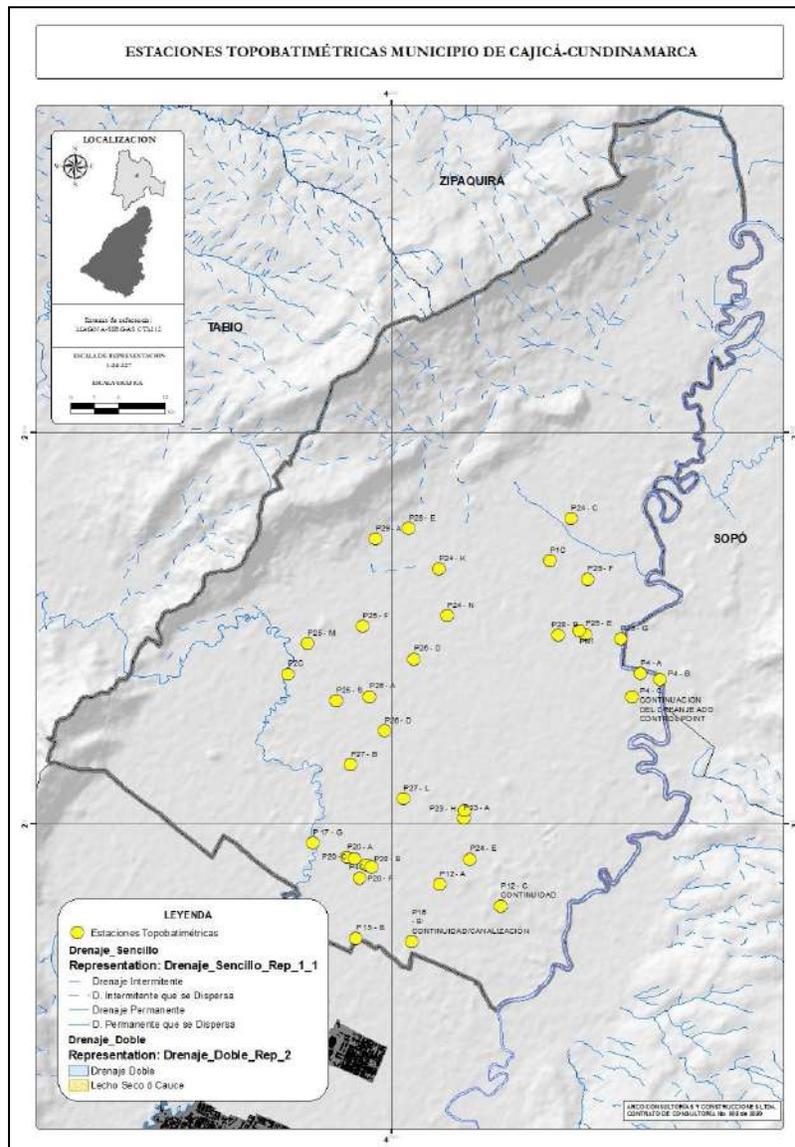
#### 3.1.5.3.1 Elaboración del plan de trabajo

##### 3.1.5.3.1.1 Elección de estaciones de trabajo

Previo a las labores de campo, el equipo profesional se da en la tarea de estructurar un plan de trabajo que defina de manera ordenada como se llevara a cabo el levantamiento de la información. Para la elección de las estaciones de trabajo se tuvo en consideración los siguientes criterios:

 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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

- i. La recurrencia histórica de fenómenos naturales de origen hidrológico como es el caso de inundación y avenidas torrenciales, con el objetivo de identificar los cauces potenciales para el desarrollo de dichos eventos por colmatación de los mismos.
- ii. Si el cauce presencia de estaciones limnigráficas y limnimétricas, ya que las estas estaciones son un referente de datos de caudales y alturas de lámina de agua.
- iii. Que los cauces fueran los de mayor orden dentro de la cuenca y que se encuentren dentro del área de estudio.
- iv. Canales cuyos cauces no se encuentran definidos y se dificulta su identificación.
- v. Que las estaciones de trabajo describieran con claridad la sección más representativa o sección tipo del cauce en cada uno de los tramos seleccionados.
- vi. Fácil acceso en las estaciones de trabajo para el equipo de trabajo y los instrumentos de medición.



**Ilustración 26.** Estaciones de trabajo seleccionadas por el equipo de trabajo.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda.

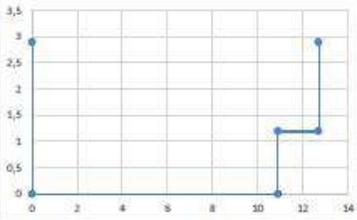
En la **Ilustración 26** se muestran de manera gráfica la localización espacial de las estaciones trajo seleccionadas donde se adelantaron las labores de campo.



### 3.1.5.3.2 Trabajo de campo

#### 3.1.5.3.2.1 Recopilación de la información

Una vez definidos los criterios y la localización de las estaciones de trabajo se proceden al levantamiento de la información de campo. Dicha información se recolecto haciendo uso de bitácoras de levantamiento como lo muestra la **Ilustración 27**. Dentro de la información requerida por el formato, se especificaba las coordenadas X, Y, Z en el sistema de proyección WGS84, el nombre del barrio centro poblado o vereda según el caso, los factores como el ancho del canal, longitud de las secciones transversales, profundidad estimada del cauce y la presencia de estructuras hidráulicas.

	<b>CONTRATO DE CONSULTORIA No. 002 DE 2020</b> REVISIÓN EXCEPCIONAL DEL PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (PBOT) E INCORPORACIÓN DEL POMCA DEL RIO BOGOTÁ, REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE AMENAZA, VULNERABILIDAD Y RIESGO (AVR) E INCORPORACIÓN, DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA.																						
<b>NOMBRE PUNTO:</b> Nuevo Punto Rio Frio Barrio/Centro Poblado/Vereda: Caselón																							
Sistema de coordenadas (WGS84) Latitud: 4,921576      Longitud: -74,049438		<b>REGISTRO HISTÓRICO</b> Y- Nivel Actual (cm):																					
Sistema de coordenadas (CTM12) X: 4883691,61289      Y: 2101918,67399		Nivel Observado (cm):																					
CORRIENTE:		Nivel Observado (cm):																					
<b>ESTRUCTURA HIDRÁULICA:</b>		<b>REGISTRO FOTOGRAFICO</b>																					
Tipo: Rectangular																							
<b>Dimensiones</b>																							
Altura(H): 2,9 m	Base(b): 12,69 m		Diámetro(D):																				
<b>Esquema</b>		<b>OBSERVACIONES</b>																					
		Río Frio cobertura vegetal pastos, en algunas partes vegetación acuática																					
<b>SECCIÓN TRANSVERSAL</b>																							
<b>Dimensiones</b>		<b>Esquema</b>																					
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ID</th> <th>DISTANCIA (m)</th> <th>ALTURA (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>2,9</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>3</td><td>10,89</td><td>0</td></tr> <tr><td>4</td><td>10,89</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>5</td><td>12,69</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>6</td><td>12,69</td><td>2,9</td></tr> </tbody> </table>	ID	DISTANCIA (m)	ALTURA (m)	1	0	2,9	2	0	0	3	10,89	0	4	10,89	1,2	5	12,69	1,2	6	12,69	2,9
ID	DISTANCIA (m)	ALTURA (m)																					
1	0	2,9																					
2	0	0																					
3	10,89	0																					
4	10,89	1,2																					
5	12,69	1,2																					
6	12,69	2,9																					
NOTA: grilla a 0,5 cm																							

**Ilustración 27.** Ejemplo de bitácoras utilizadas en la labor de campo.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda.

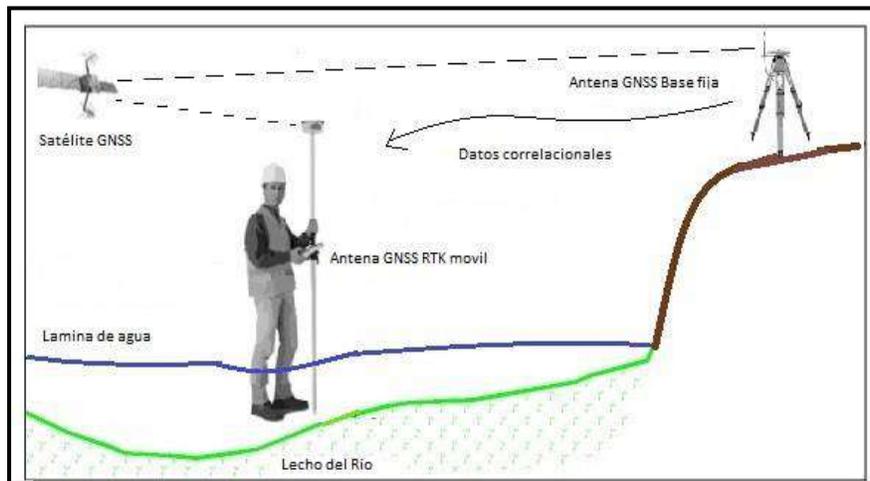
Cabe anotar que dentro de mismo formato se daba un espacio para las observaciones del reconocimiento de campo, donde se daba la identificación a procesos de erosión por la dinámica fluvial, el taponamiento u obstrucción del cauce y las condiciones estructurales de las obras hidráulicas presentes.

### 3.1.5.3.2.2 Estaciones de trabajo

En cada una de las estaciones de trabajo se tomó un promedio cinco puntos de manera transversal al cauce, con una ventana temporal en cada uno de ellos, de diez minutos para la recepción de datos, lo que garantiza una mayor calidad en la muestra.

Los equipos utilizando para la muestra de campo son de la referencia CHC i80 los cuales provee numerosos métodos para la comunicación y soporta variados flujos de datos con cualquier dispositivo periférico. Tiene varios métodos para la precisión de la muestra, la grabación de los datos y la comunicación, pertinentes para el post-procesamiento de la información recopilada.

El procedimiento observacional GNSS efectuado para la toma de las topo batimetrías obedecía a la naturaleza de medición relativa **Ilustración 6**, en donde dos o más equipos se comunican e intercambian información recibida de los satélites GNSS. La obtención de los resultados de la muestra se dio por medio de post-procesamiento con trabajo de oficina, donde se le extrae la información de los equipos y se generan los archivos en formato shapefile (.shp) respectivos.

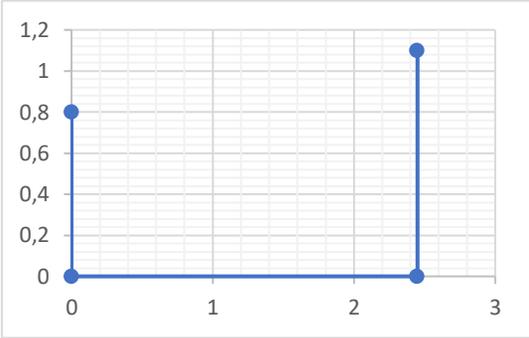
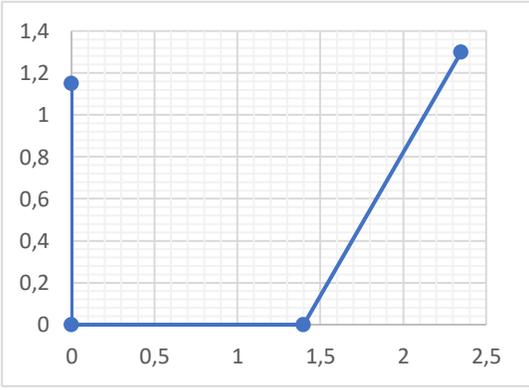


**Ilustración 28.** Proceso en el levantamiento de datos GNSS.

**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda.

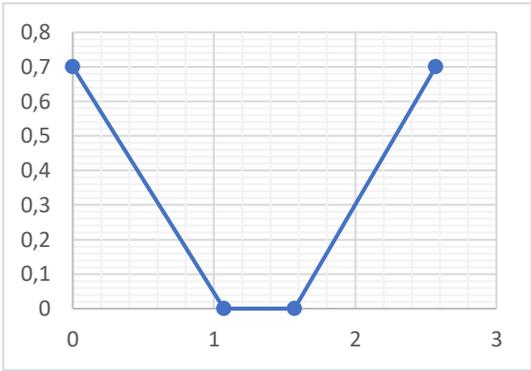
En las tablas que se muestran a continuación se describe por medio de registros fotográficos las condiciones reales del cauce y la representación gráfica de las alturas para cada uno de los puntos tomado en campo.

**Tabla 5.** Estaciones topo batimétricas del trabajo de campo.

ESTACIÓN P27L (VEREDA CANELON)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	
<p>Canal de aguas lluvias localizado sobre la vereda el Canelón, con cobertura vegetal de pastos enmalezados y vegetación acuática lo que evidencia el estancamiento del flujo. Se observa una altura en la lámina de 5 cm y un canal de sección rectangular de aproximadamente 2.45 m de base y 1.1 m de alto.</p>	
ESTACIÓN P4C (VEREDA CANELON)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	

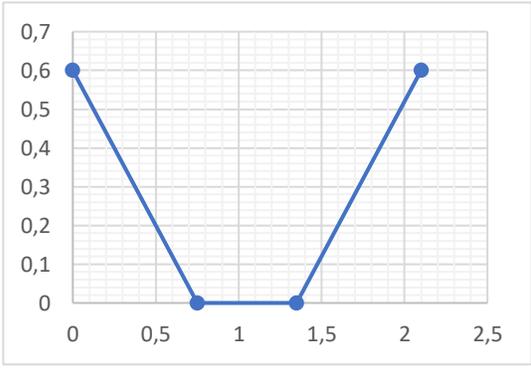
Canal longitudinal de sección trapezoidal de 1.15 m de alto y 1.40 m de ancho en la base. Conectado por un sistema de alcantarillado de 0.76 m de diámetro aproximadamente. Parte del canal fue construido con el objetivo de captar la escorrentía generada por la vía.

**ESTACIÓN P20-B (VEREDA CANELON)**

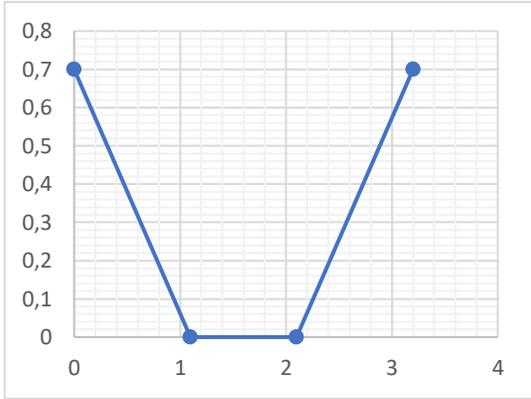
Registro Fotográfico	Representación grafica										
	 <table border="1"> <caption>Data for Station P20-B Graph</caption> <thead> <tr> <th>X-axis (m)</th> <th>Y-axis (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.7</td> </tr> </tbody> </table>	X-axis (m)	Y-axis (m)	0	0.7	1	0	2	0	3	0.7
X-axis (m)	Y-axis (m)										
0	0.7										
1	0										
2	0										
3	0.7										

Canal longitudinal de sección trapezoidal de 0.7 m de alto y 0.5 m de ancho en la base. Conectado por un sistema de alcantarillado de 0.2 m de diámetro aproximadamente. Sin cobertura vegetal, lo que indica que ante eventos de escorrentía considerables se aumentara la sedimentación y obstrucción del sistema de alcantarillado.

**ESTACIÓN P20 F (VEREDA CANELON)**

Registro Fotográfico	Representación grafica														
	 <table border="1"> <caption>Data for Station P20 F Graph</caption> <thead> <tr> <th>X-axis (m)</th> <th>Y-axis (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>0.5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>2.5</td> <td>0.6</td> </tr> </tbody> </table>	X-axis (m)	Y-axis (m)	0	0.6	0.5	0	1	0	1.5	0	2	0.6	2.5	0.6
X-axis (m)	Y-axis (m)														
0	0.6														
0.5	0														
1	0														
1.5	0														
2	0.6														
2.5	0.6														

Canal de sección trapezoidal con 0.6 m de base y 0.6 m de alto. Sin recubrimiento vegetal sobre los costados de su sección y con evidencia de procesos de erosión. Se conecta a una alcantarilla de 0.55 m de diámetro.

ESTACIÓN P26 D (VEREDA CANELON)											
Registro Fotográfico	Representación grafica										
	 <table border="1"> <caption>Data points for the cross-section graph</caption> <thead> <tr> <th>X-axis (m)</th> <th>Y-axis (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.7</td> </tr> </tbody> </table>	X-axis (m)	Y-axis (m)	0	0.7	1	0	2	0	3	0.7
X-axis (m)	Y-axis (m)										
0	0.7										
1	0										
2	0										
3	0.7										

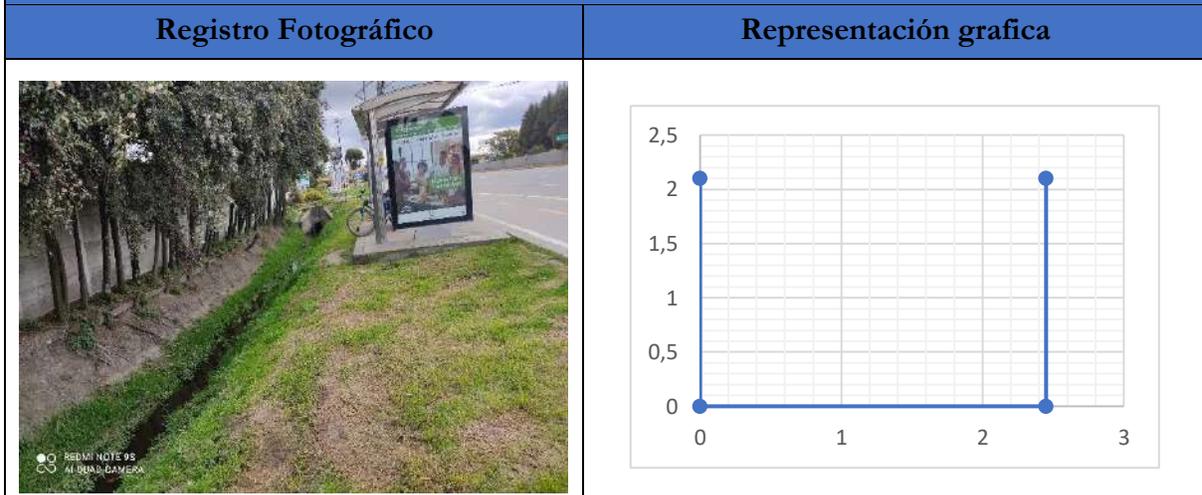
Canal longitudinal trapezoidal de 0.7 m de alto y 1.0 m de ancho en su base. Sobre las vías de acceso se tiene conexión mediante un ducto de 0.6 m de diámetro. Con poco flujo de agua, canal sin construcción y en ciertas zonas se evidencia erosión sobre las partes laterales.

ESTACIÓN P 25-S (VEREDA CANELON)	
Registro Fotográfico	Representación grafica



Canal natural de sección rectangular con alturas entre 0.52 a 0.92 m de alto y 1.20 de ancho. La conexión entre vías se lleva a cabo mediante dos ductos de 35 cm de diámetro cada uno. Se evidencia colmatación en el sistema por lo que el canal se encuentra inundado debido a un estancamiento. Con algo contenido vegetal y una lámina de agua de aproximadamente 22 cm.

**ESTACIÓN P16-BCD (VEREDA CANELON)**



Canal natural conectando mediante un sistema de alcantarillado de 0.9 m de diámetro, con un descole tipo cabezal con aletas en concreto reforzado. Dicho drenaje longitudinal se encuentra dispuesto a lo largo de la vía en la vereda Canelón con una altura de 2.1 m y 2.4 m de ancho. Se evidencia leve vegetación leve acuática a lo largo del cauce y un recubrimiento sobre sus laterales de pasto de altura baja.

**ESTACIÓN P 25 M (VEREDA CANELON)**



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



SUELO RURAL

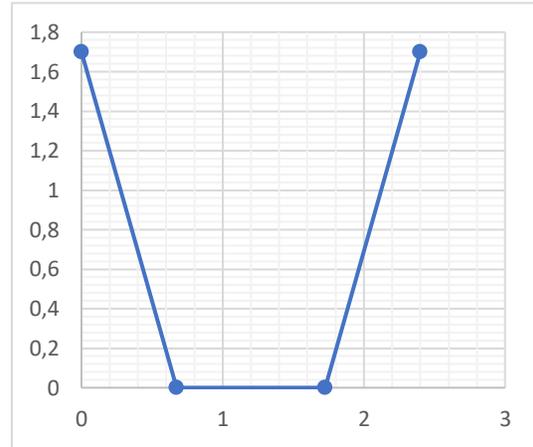
ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN

CAJICÁ

Registro Fotográfico



Representación grafica



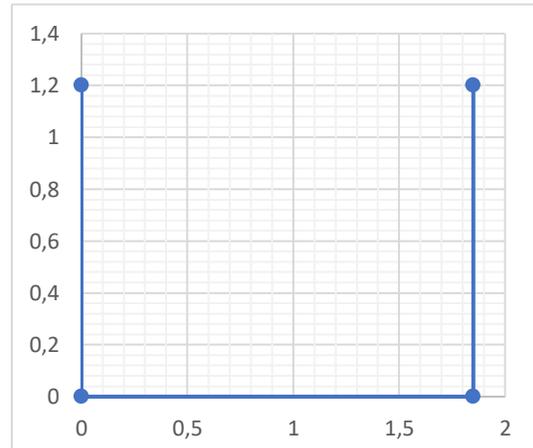
Canal trapezoidal con revestimiento en piedra pegada de 1.7 m de alto y 1.05 m de ancho en la base, con descargas de tuberías de 0.3 m y 0.5 m de diámetro de los predios aledaños. Con presencia de vegetación acuática y cobertura adyacente pastos. Aguas abajo el canal no se encuentra revestido.

ESTACIÓN P20-C (VEREDA CANELON)

Registro Fotográfico

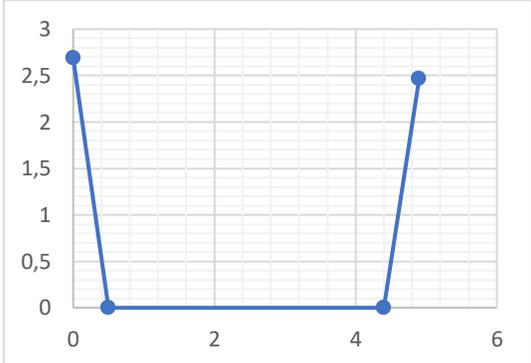


Representación grafica



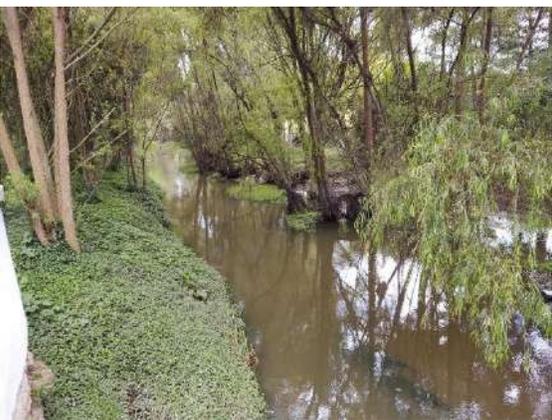
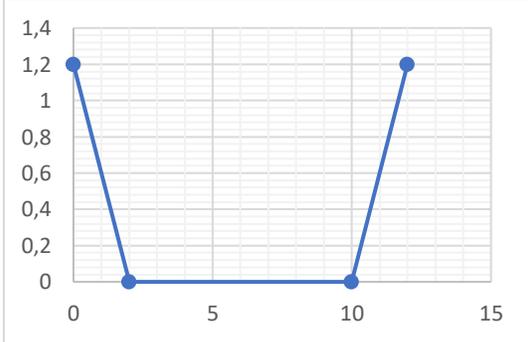
Canal natural de aguas lluvias, ubicado sobre los predios de la vereda Canelón. De sección rectangular con medidas de aproximadamente 1.2 m de alto y 1.85 m de base. Sobre las vías de acceso el canal se conecta mediante canales circulares de 55 cm. Se tiene una lámina de agua de 40 cm con evidencia de vegetación acuática superficial y erosión sobre los laterales del canal.

**ESTACIÓN P27-B (VEREDA CANELON)**

Registro Fotográfico	Representación grafica										
	 <table border="1"> <caption>Data for Station P27-B Graph</caption> <thead> <tr> <th>X (m)</th> <th>Y (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>0.925</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4.75</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5.675</td> <td>2.5</td> </tr> </tbody> </table>	X (m)	Y (m)	0	2.5	0.925	0	4.75	0	5.675	2.5
X (m)	Y (m)										
0	2.5										
0.925	0										
4.75	0										
5.675	2.5										

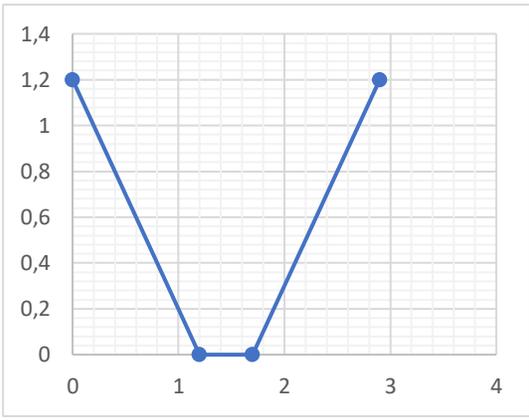
Tributario del rio Frío cargado de sedimentos con bastante flujo hasta su descarga. De sección trapezoidal con alturas entre los 2.69 a 2.47 m y 3.9 m de ancho. Se tienen marcas de inundación de sobrepasan hasta 1 metro. En las zonas aledañas se tienen pastizales y bosque de galería.

**ESTACIÓN P17 G (VEREDA CANELON)**

Registro Fotográfico	Representación grafica										
	 <table border="1"> <caption>Data for Station P17 G Graph</caption> <thead> <tr> <th>X (m)</th> <th>Y (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>1.95</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>10.95</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>12.9</td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table>	X (m)	Y (m)	0	1.2	1.95	0	10.95	0	12.9	1.2
X (m)	Y (m)										
0	1.2										
1.95	0										
10.95	0										
12.9	1.2										

Tributario del río Frío cargado de sedimentos con bastante flujo hasta su descarga. De sección trapezoidal con altura de 1.2 m y 8.0 m de ancho. Se tienen niveles de lámina de agua de hasta 60 cm. En las zonas aledañas se tienen pastizales y bosque de galería.

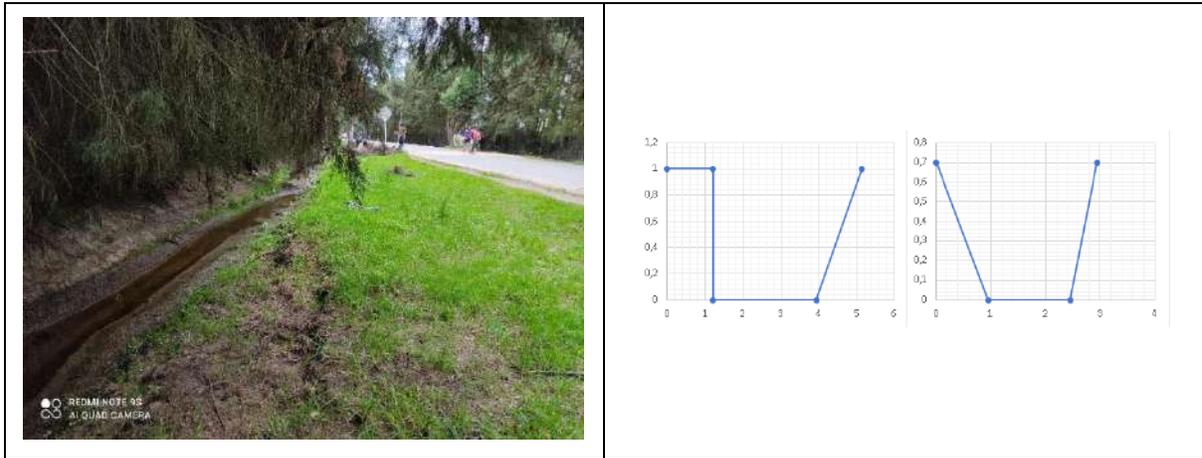
**ESTACIÓN P20-A (VEREDA CANELON)**

Registro Fotográfico	Representación gráfica										
	 <table border="1"> <caption>Data points for the cross-section graph</caption> <thead> <tr> <th>Width (m)</th> <th>Height (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table>	Width (m)	Height (m)	0	1.2	1	0	2	0	3	1.2
Width (m)	Height (m)										
0	1.2										
1	0										
2	0										
3	1.2										

Canal longitudinal con gran cantidad de sedimento lodoso, en el cual se tiene descarga pluvial y escorrentía generada por la vía. De sección trapezoidal con 1.2 m de altura y 0.5 m de ancho en la base. Presencia leve de vegetación acuática

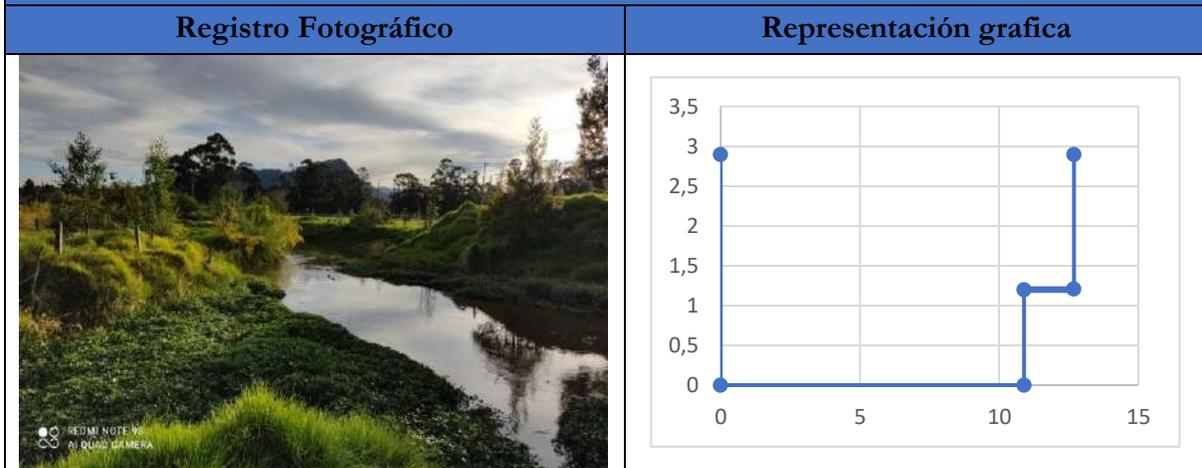
**ESTACIÓN P15 – (B+C) (VEREDA CANELON)**

Registro Fotográfico	Representación gráfica
----------------------	------------------------



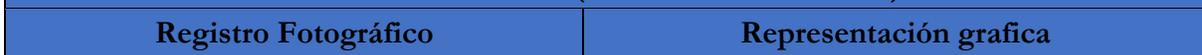
Canal de sección trapezoidal de 1.5 a 2.74 m sobre su base y de 0.7 a 1.0 m de alto. Se presentan láminas de agua que oscilan los 12 cm, con alto transporte de sedimento lodoso sobre las secciones del canal que se acumulan generando espesores de hasta 3 cm. Se evidencian proceso de erosión a lo largo del canal.

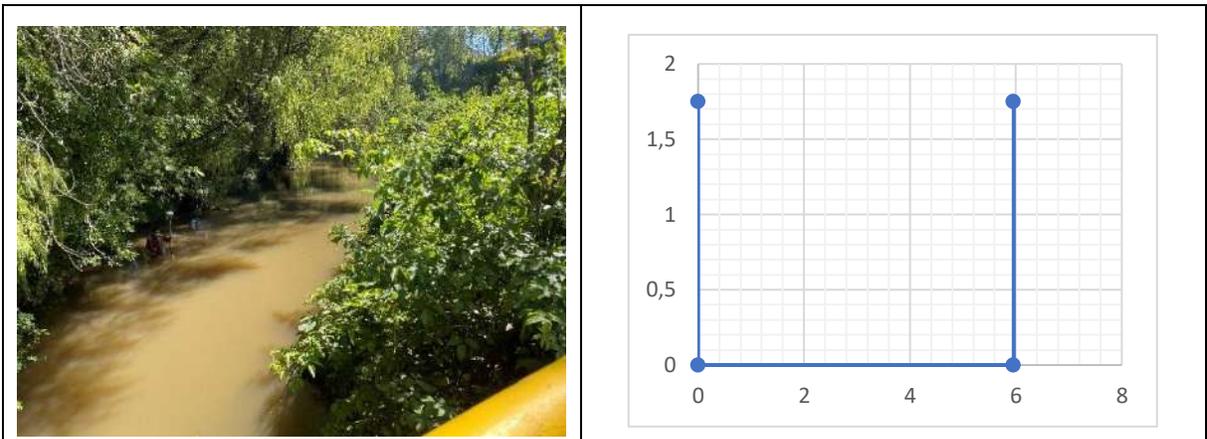
### ESTACIÓN NUEVO PUNTO RÍO FRÍO (VEREDA CANELON)



Sección del rio Frio sobre la vereda el Canelón, con una sección rectangular de aproximadamente 2.9 m de alto y 12.69 m de ancho. Sobre esta sección se tiene presencia de vegetación acuática y recubrimiento vegetal de pastos en las pendientes laterales y zonas aledañas.

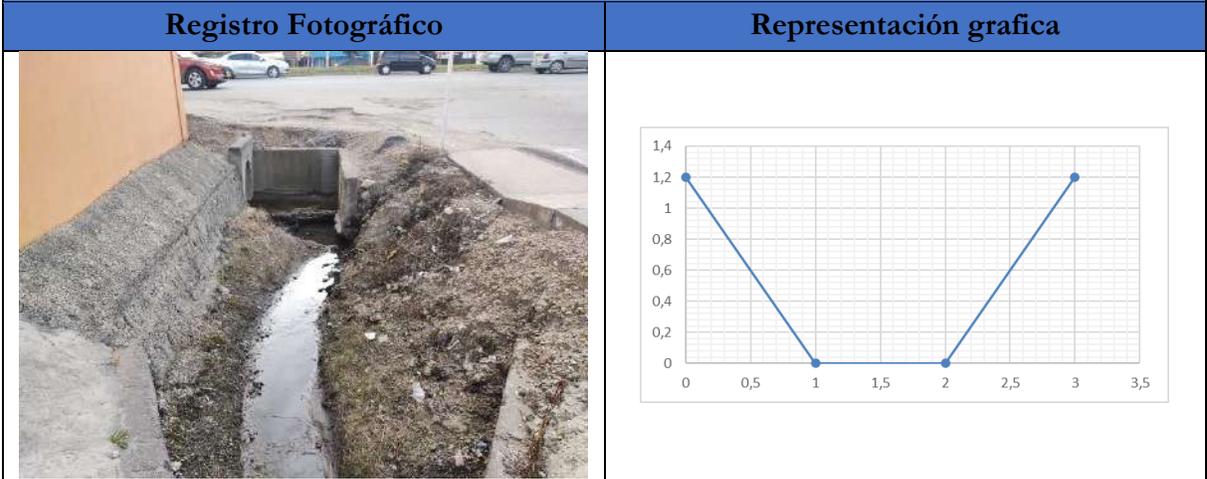
### ESTACIÓN P26 A (VEREDA CANELON)





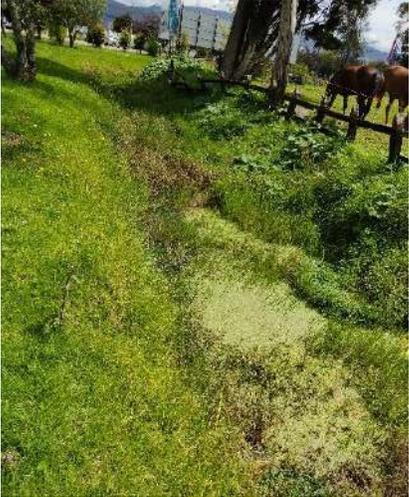
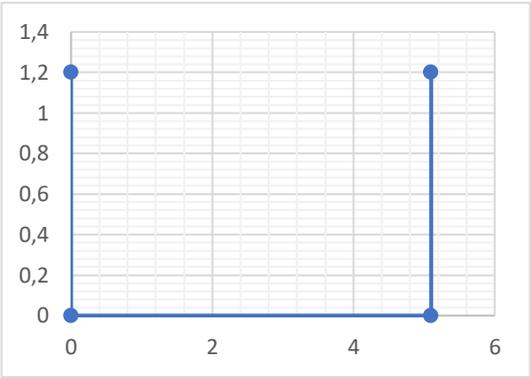
Sección batimétrica del río Frio, con cobertura adyacente de pastos y agua con carga de sedimentos. De sección rectangular de aproximadamente 1.75 m de alto y 5.96 m de ancho. Sobre este punto se han registrado altura de la lámina de hasta 3.4 m, con niveles medios de aproximadamente 1.0 m.

**ESTACIÓN P12-A (VEREDA CALAHORRA)**



Canal trapezoidal sin revestimiento de aproximadamente 1.2 m de alto y 1.0 m de base. Conformado por un suelo árido, el cual conecta a una estructura de alcantarillado de 0.9 m de diámetro. Sobre la pendiente lateral se evidencia un suelo erosionado, compuesto por material aglomerado. Presenta una lámina de agua superficial lo que indica el flujo aguas abajo lo que genera acumulación de sedimentos.

 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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	

ESTACIÓN P23-A (VEREDA CALAHORRA)	
Registro Fotográfico	Representación grafica
	
<p>Canal rectangular con alto contenido vegetal, de aproximadamente 1.2 m de alto y 5.1 m de ancho. Se tiene represamiento del flujo con láminas de agua de hasta 33 cm, lo que indica que su descarga aguas abajo se encuentra obstruida.</p>	

ESTACIÓN P23-H / P23 (VEREDA CALAHORRA)	
Registro Fotográfico	Representación grafica



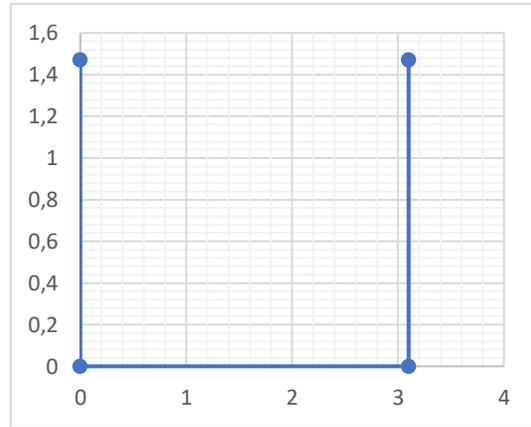
ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA



SUELO RURAL

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN

CAJICÁ

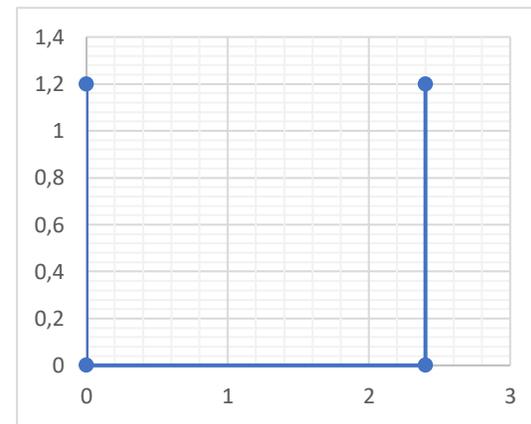


Canal natural rectangular de alturas entre 0.8 a 1.47 m de alto, y 3.1 m de ancho. Aguas abajo se presenta estancamiento del flujo por lo que se tiene vegetación acuática. Las pendientes laterales presentan erosión, por lo que ante eventos de caudales máximos se ha generado transporte de material a lo largo de canal. Aguas abajo se tiene mayor presencia de vegetación, además de tener descargas mediante tuberías en PVC de aproximadamente 30 cm.

ESTACIÓN P12 - C (VEREDA CALAHORRA)

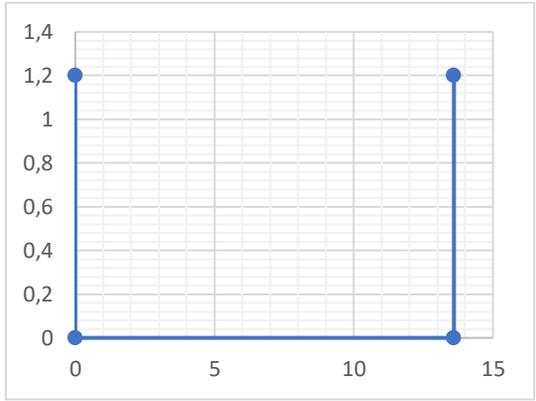
Registro Fotográfico

Representación grafica



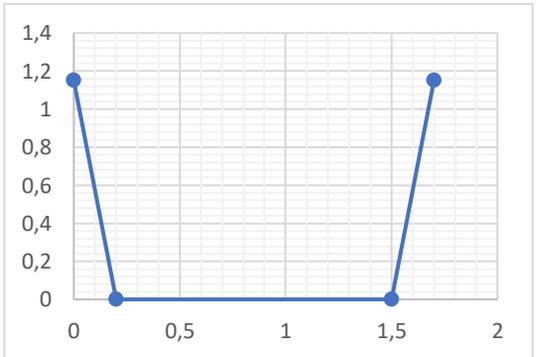
En esta estación batimétrica se evidencia alta presencia de alto contenido vegetal y sedimento, por lo que se disminuye su capacidad hidráulica. De sección rectangular de 1.2 m de alto y 2.4 m de ancho. Se presenta estancamiento de una lámina de agua de 40 cm debido a la obstrucción del flujo tanto en su descarga como a lo largo del cauce.

### ESTACIÓN P4C (VEREDA CALAHORRA)

Registro Fotográfico	Representación grafica
	

Drenaje con carga de sedimentos, cobertura adyacente de pastos y presencia de zonas con cuerpos lénticos con vegetación acuática. De 1.2 m de alto y 13.6 m de ancho. Se evidencia que sobre esta estación de trabajo se tienen zonas de inundación.

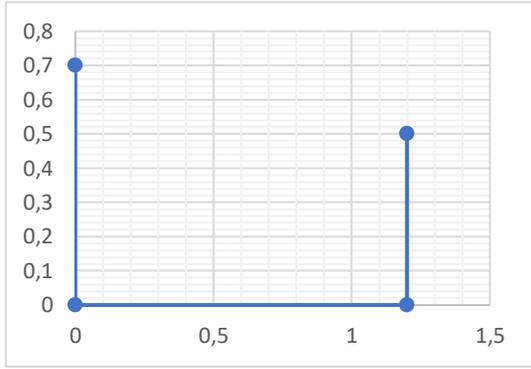
### ESTACIÓN P28-E (VEREDA CHUNTAME)

Registro Fotográfico	Representación grafica
	

Canal natural dispuesto longitudinalmente a lo largo de la vía sobre la vereda Chuntame. De sección trapezoidal de aproximadamente 1.15 m de alto y 1.3 m de ancho en la base. Conectado por un sistema de alcantarillado en concreto de 1.1 m de diámetro. Sobre las pendientes laterales

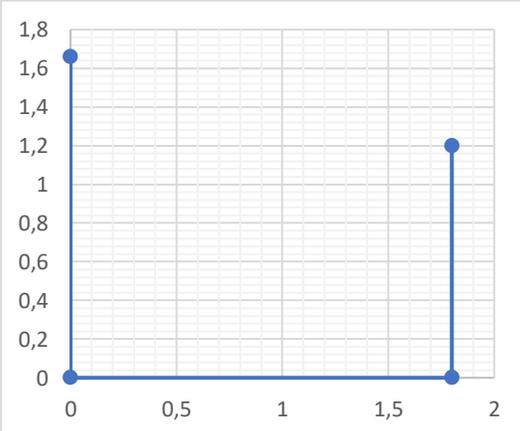
se tiene cubrimiento vegetal con pastos de altura media. Se observa una lámina de agua turbia debido a que no se tiene un flujo constante sobre el canal.

**ESTACIÓN P25 D (VEREDA CHUNTAME)**

Registro Fotográfico	Representación grafica						
	 <table border="1"> <caption>Data for Station P25 D</caption> <thead> <tr> <th>X-axis Value</th> <th>Y-axis Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>1.2</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table>	X-axis Value	Y-axis Value	0	0.7	1.2	0.5
X-axis Value	Y-axis Value						
0	0.7						
1.2	0.5						

Canal seco de sección rectangular con alturas que oscilan entre de 0.5 a 0.7 m de altura y 1.2 m de alto, lleno de sedimentos y gran carga de vegetación, coberturas de pastos. Ubicado sobre Los Serenos en la Vereda Chuntame. Canal sin construcciones

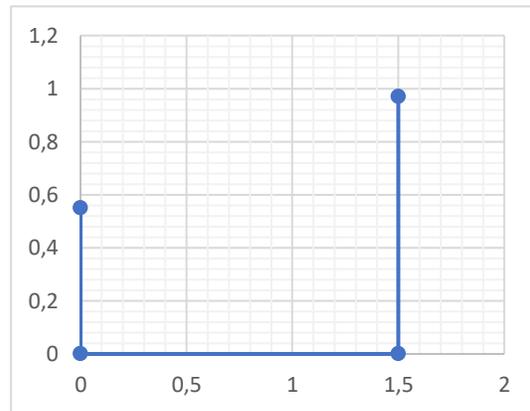
**ESTACIÓN P24 E (VEREDA CHUNTAME)**

Registro Fotográfico							
	 <table border="1"> <caption>Data for Station P24 E</caption> <thead> <tr> <th>X-axis Value</th> <th>Y-axis Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>1.6</td> </tr> <tr> <td>1.8</td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table>	X-axis Value	Y-axis Value	0	1.6	1.8	1.2
X-axis Value	Y-axis Value						
0	1.6						
1.8	1.2						

Canal pluvial ubicado longitudinalmente sobre las vías de en la vereda Chuntame. Interceptado sobre las vías de acceso mediante un sistema de alcantarillado tipo box-culvert con cabezales con aletas en concreto reforzado. Se evidencian niveles de lámina de agua de hasta 55 cm y presencia de vegetación acuática lo que indica un constante represamiento sobre la zona. Cobertura adyacente pastos

**ESTACIÓN P24 K (VEREDA CHUNTAME)**

**Registro Fotográfico**



Canal cubierto de vegetación sobre la descarga al sistema de alcantarillada de 0.9 m de diámetro. Se tiene un flujo estancado debido a la alta presencia de material vegetal. Canal sin muros construidos y en algunos sitios evidencia de erosión. Con sección rectangular con 0.55 a 0.97 m de alto y ancho de 1.5 m.

**ESTACIÓN P24 N (VEREDA CHUNTAME)**

**Registro Fotográfico**

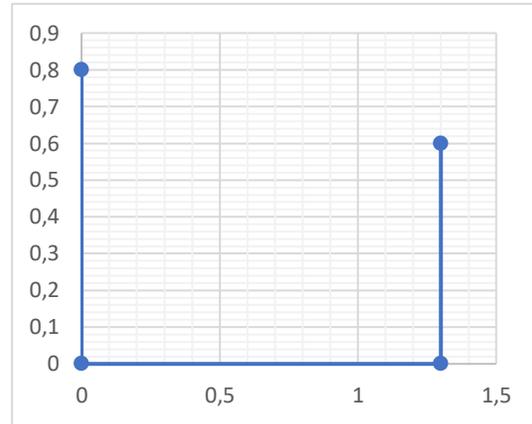


ESTUDIOS BÁSICOS DE AMENAZAS PARA LA INCORPORACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO AL POT DEL MUNICIPIO DE CAJICÁ - CUNDINAMARCA

SUELO RURAL

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN

CAJICÁ

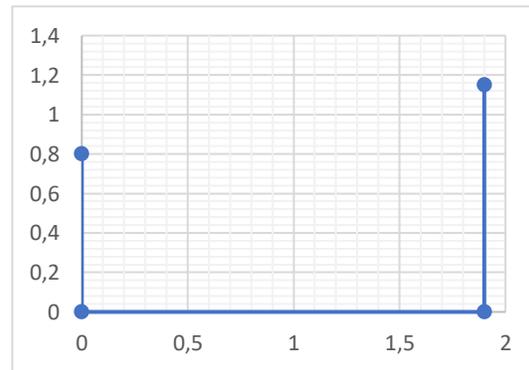


Canal con suelo húmedo, sin corriente, presenta marca de agua 20 cm. De sección rectangular con 0.6 a 0.8 m de alto y ancho de 1.3 m. Se tiene erosión sobre los costados del canal debido a los flujos que transporta, el cual es conducido por una tubería de 0.6 m de diámetro sobre las vías de acceso.

ESTACIÓN P 25 E (VEREDA CHUNTAME)

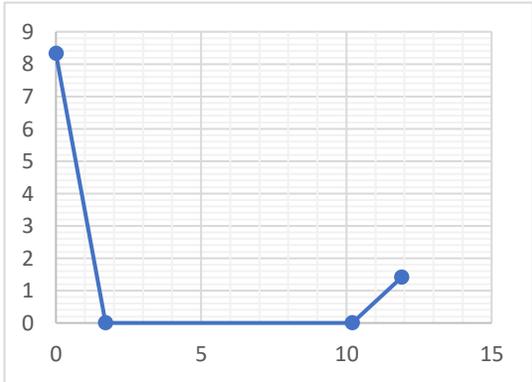
Registro Fotográfico

Representación grafica



Canal, construido en una parte con tuberías de 0.65 m de diámetro de aguas residuales de viviendas y cultivos. Algunas partes del canal se tiene presencia de vegetación acuática. Con sección rectangular de 1.9 m de base y alturas entre 0.8 a 1.15 m.

**19 ESTACIÓN P4-C (VEREDA CHUNTAME)**

Registro Fotográfico	Representación grafica										
	 <table border="1"> <caption>Data for Station P4-C Graph</caption> <thead> <tr> <th>X-axis</th> <th>Y-axis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>8.5</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>1.5</td> </tr> </tbody> </table>	X-axis	Y-axis	0	8.5	1	0	10	0	11	1.5
X-axis	Y-axis										
0	8.5										
1	0										
10	0										
11	1.5										

Drenaje longitudinal a las vías con vegetación acuática, cobertura de pastos y agua estancada. De sección trapezoidal con alturas entre los 1.4 m y 8.5 m de ancho. La lámina de agua encuentra a 20 cm.

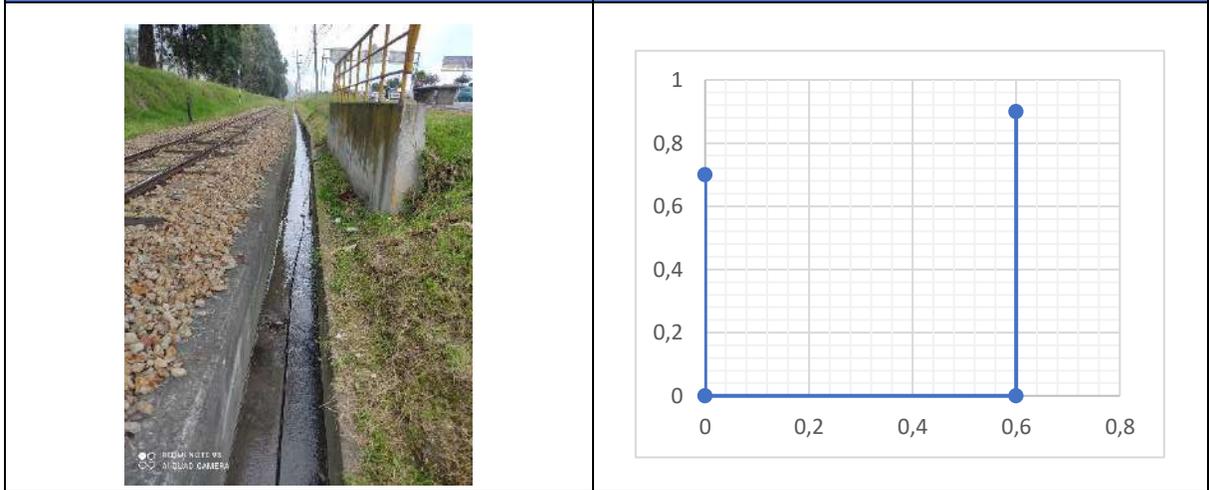
**ESTACIÓN PIC (VEREDA RIO GRANDE)**

Registro Fotográfico	Representación grafica										
	 <table border="1"> <caption>Data for Station PIC Graph</caption> <thead> <tr> <th>X-axis</th> <th>Y-axis</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>0.5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.8</td> </tr> </tbody> </table>	X-axis	Y-axis	0	0.6	0.5	0	3	0	3	0.8
X-axis	Y-axis										
0	0.6										
0.5	0										
3	0										
3	0.8										

Canal natural dispuesto longitudinalmente a lo largo de la vía. De sección trapezoidal de aproximadamente 2.6 m de alto y 0.8 m de ancho en la base. Conectado por un sistema de alcantarillado en concreto de 0.6 m de diámetro. Sobre las pendientes laterales se tiene cubrimiento vegetal con pastos de altura media. Se observa una lámina de agua estancada de aproximadamente 6 cm.

**ESTACIÓN P 24 C (VEREDA RIO GRANDE)**

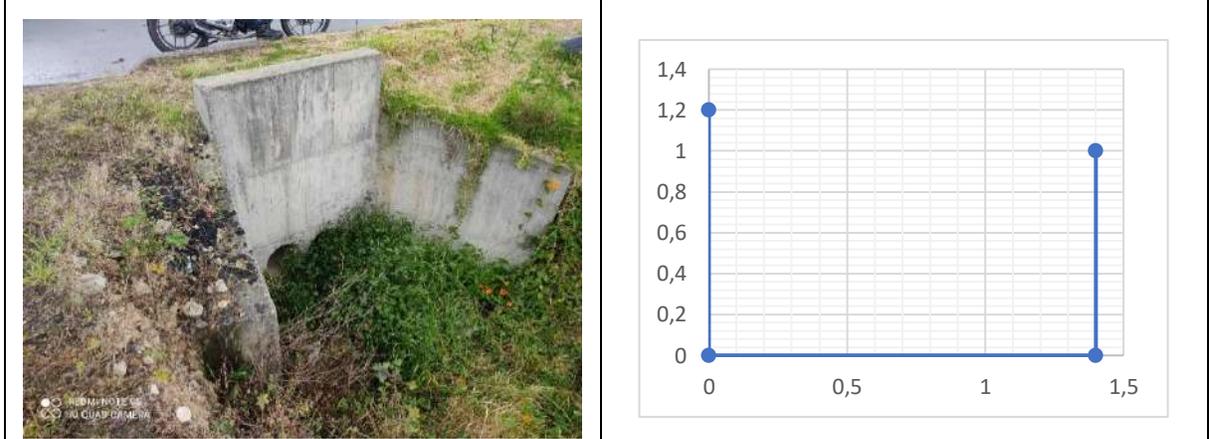
Registro Fotográfico	Representación grafica
----------------------	------------------------



Canal de concreto, con un flujo pequeño de agua de 1 cm. Al costado derecho se encuentra la vía férrea y a su lado izquierdo se tiene una cobertura de pastos. De sección rectangular con una base de 0.6 m y 0.7 a 0.9 m de alto.

**ESTACIÓN P29 F (VEREDA RIO GRANDE)**

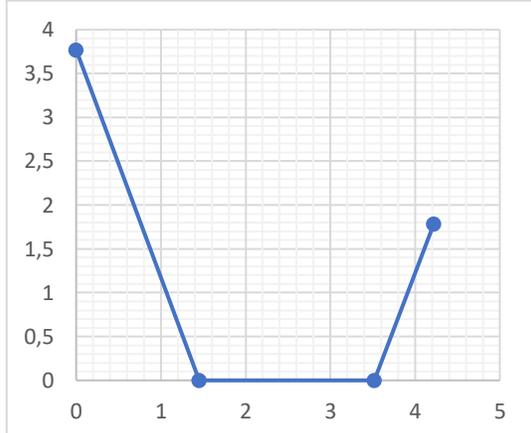
Registro Fotográfico	Representación grafica
----------------------	------------------------



Canal con una altura de aproximadamente 1.0 m y 1.4 m de ancho. Drenaje lleno de cobertura vegetal con un bajo flujo de agua que alcanza los 5 cm de alto. Cobertura adyacente pastos

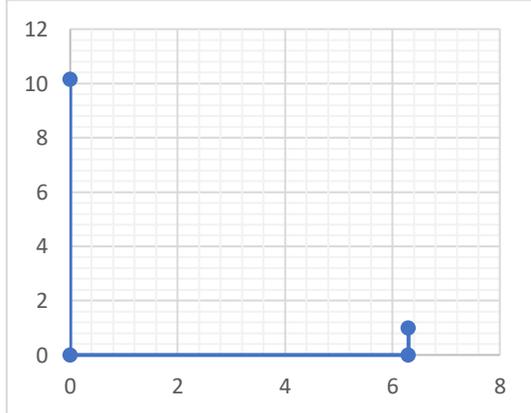
costado derecho. Interceptado por un encole de tipo cabezal con aletas en concreto reforzado y dos alcantarillas de 0.4 m de diámetro.

### ESTACIÓN P28 B (VEREDA RIO GRANDE)

Registro Fotográfico	Representación grafica										
	 <table border="1"> <caption>Data for Station P28 B Graph</caption> <thead> <tr> <th>X-axis Value</th> <th>Y-axis Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>3.77</td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>3.5</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4.5</td> <td>1.78</td> </tr> </tbody> </table>	X-axis Value	Y-axis Value	0	3.77	1.5	0	3.5	0	4.5	1.78
X-axis Value	Y-axis Value										
0	3.77										
1.5	0										
3.5	0										
4.5	1.78										

Canal de sección trapezoidal con alturas que oscilan entre de 1.78 a 3.77 m de altura y 2.07 m de alto, con gran carga de vegetación y coberturas de pastos de altura media. Ubicado sobre las veredas de Chuntame y Río Grande.

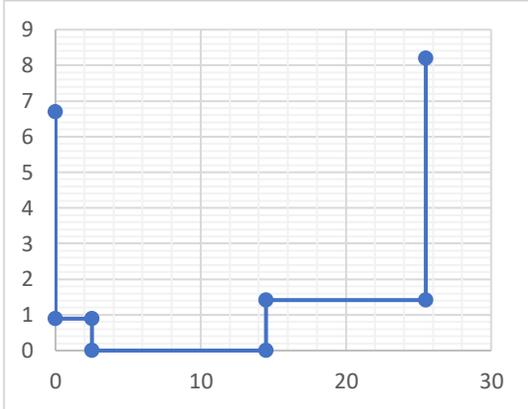
### ESTACIÓN P4 A (VEREDA RIO GRANDE)

Registro Fotográfico	Representación grafica						
	 <table border="1"> <caption>Data for Station P4 A Graph</caption> <thead> <tr> <th>X-axis Value</th> <th>Y-axis Value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>10.07</td> </tr> <tr> <td>6.5</td> <td>1.07</td> </tr> </tbody> </table>	X-axis Value	Y-axis Value	0	10.07	6.5	1.07
X-axis Value	Y-axis Value						
0	10.07						
6.5	1.07						

 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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	

Afluente de río Bogotá con agua estancada invadida de vegetación acuática en los jarillones y una pequeña terraza al costado izquierdo visto hacia aguas abajo. Se tienen niveles de lámina de agua de hasta 40 cm con unas dimensiones en el drenaje de 6.30 m de ancho.

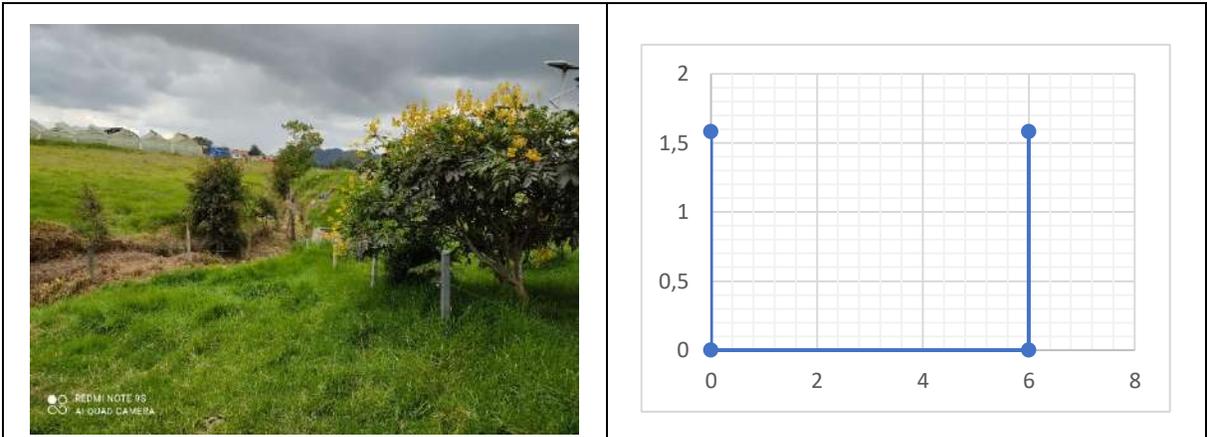
### ESTACIÓN P4 B (VEREDA RIO GRANDE)

Registro Fotográfico	Representación grafica														
	 <table border="1"> <caption>Data points for Station P4 B</caption> <thead> <tr> <th>Point</th> <th>Water Level (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>6.7</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>8.2</td> </tr> </tbody> </table>	Point	Water Level (m)	1	6.7	2	1.0	3	0.0	4	1.5	5	1.5	6	8.2
Point	Water Level (m)														
1	6.7														
2	1.0														
3	0.0														
4	1.5														
5	1.5														
6	8.2														

Punto de campo sobre la vereda rio Grande con un drenaje que presenta cobertura de pastizales y vegetación acuática. Desarrollo de terraza en la margen derecha visto aguas abajo. Se evidencia procesos de erosión y acumulación de sedimentos sobre los costados. Las alturas de este afluente alcanzan los 6.7 m de alto y 12 m de ancho con láminas de aguas de hasta 142 cm y marcas de inundación que suben hasta 55 cm.

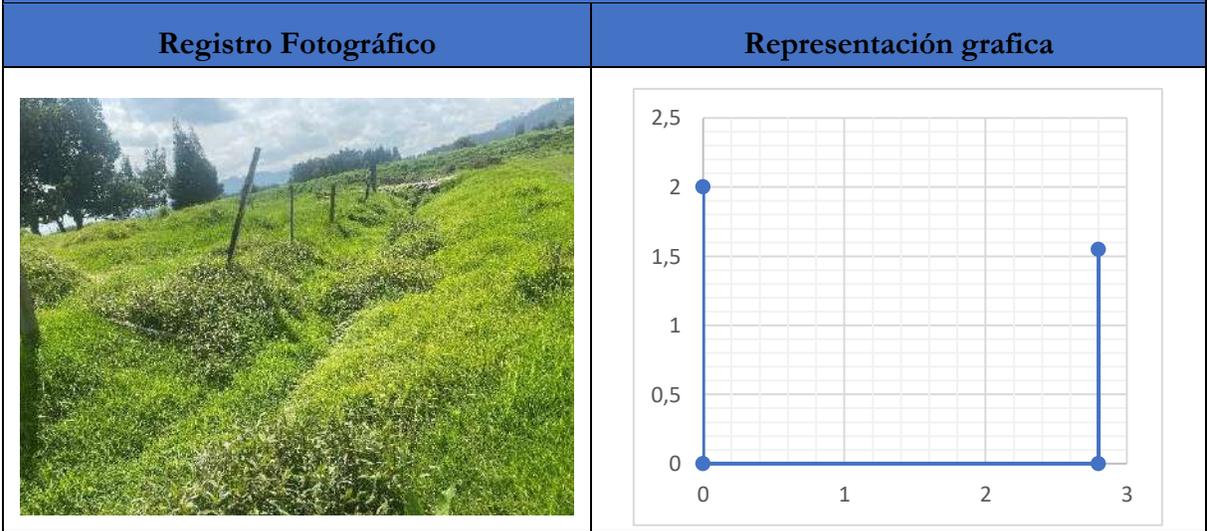
### ESTACIÓN P 25 F (VEREDA RIO GRANDE)

Registro Fotográfico	Representación grafica
----------------------	------------------------



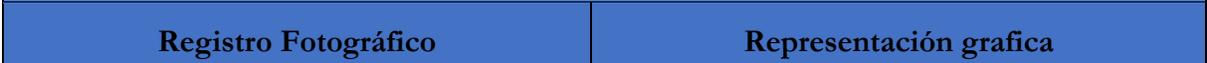
Cuerpo de agua artificial de 1.58 m de alto y 6 m de ancho que hace parte de los cultivos confinados y se encuentra rodeado de pastos. Su descarga se da de un cabezal con aletas en concreto reforzado. Su lámina de agua alcanza los 58 cm.

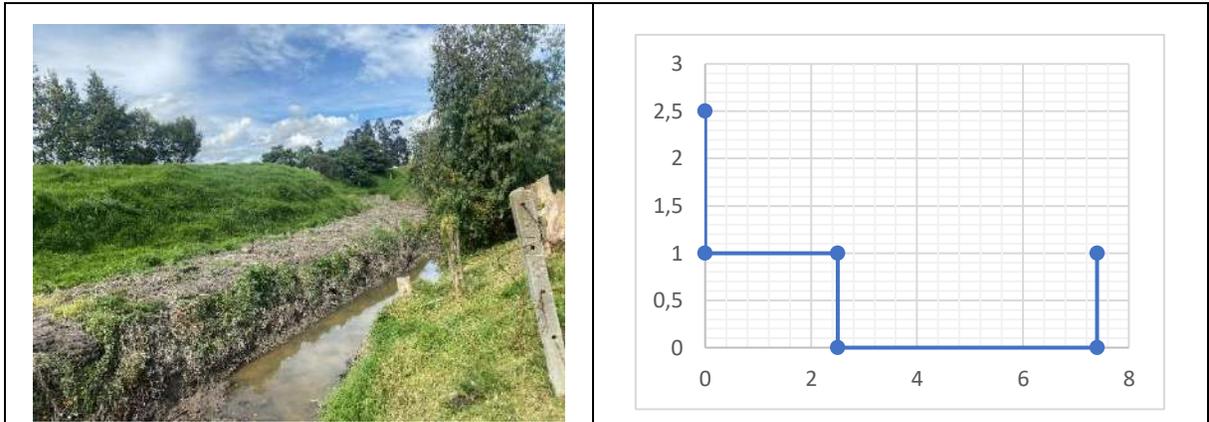
**ESTACIÓN P 25 G (VEREDA RIO GRANDE)**



Afluente al río Bogotá con baja lámina de agua, alta flora acuática y aparentemente sin flujo, agua color café. De sección rectangular con alturas entre los 1.55 a 2.0 m y 2.5 m de ancho.

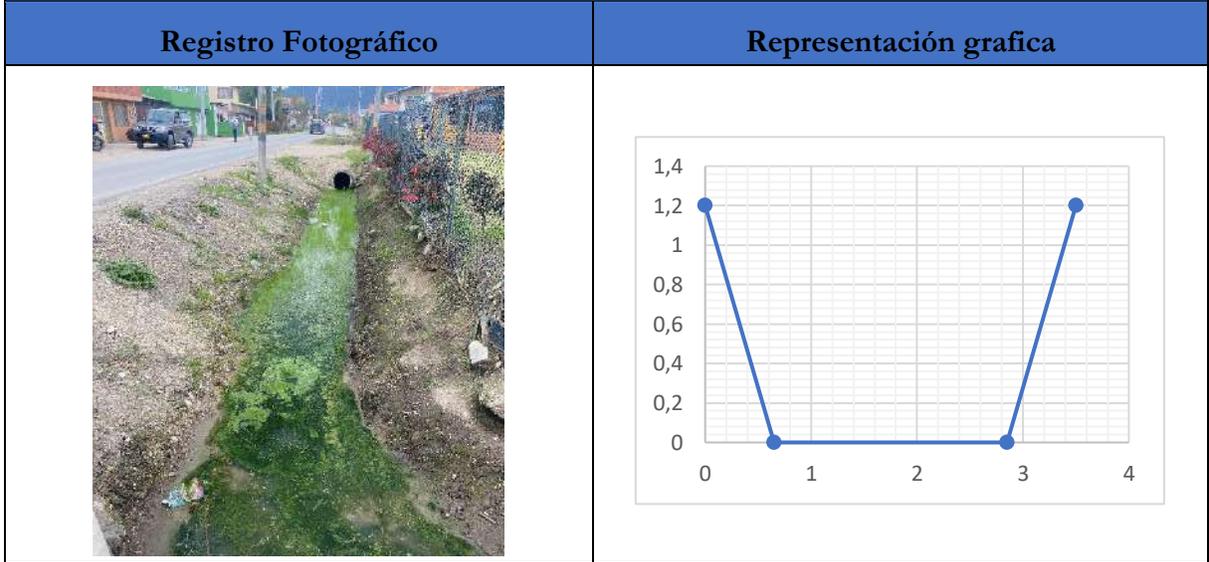
**ESTACIÓN P 29 A (VEREDA RIO GRANDE)**





Drenaje permanente, con mucha carga de sedimentos (lodo) al costado izquierdo hay una terraza, cobertura adyacente pasto. Se tiene láminas de agua de hasta 25 cm y anchos sobre el canal de 4.9 m y 2.5 m de alto.

**ESTACIÓN PN 1 (VEREDA RIO GRANDE)**



Drenaje de agua verde con poca profundidad y sin movimiento, se evidencia marcas de agua de 45 cm de alto. De sección trapezoidal con 1.2 m de altura y 2.20 m de base el cual se conecta con una alcantarilla de 0.6 m de diámetro.

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



### 3.1.5.3.3 Post-procesamiento de datos

La incorporación de los de las topobatimetrías como método para rectificar el terreno, se da por la necesidad inherente en los estudios hidráulicos de interpretar de forma correcta la superficie para simular el comportamiento de un flujo de manera más precisa. Siguiendo este orden de ideas, se llega a fase de post-procesamiento en donde se establecen líneas de trabajo, para obtener como producto un MDE hidrológicamente correcto.

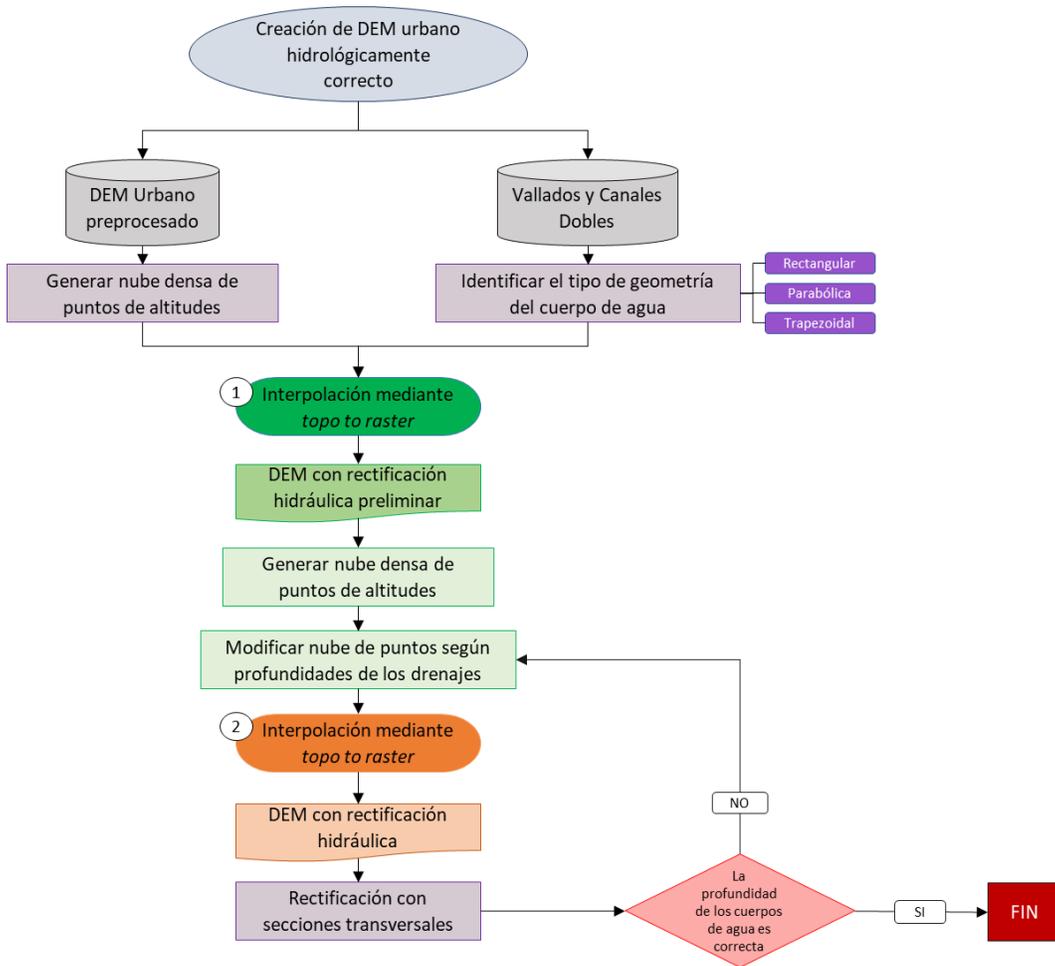
### 3.1.5.3.4 Canales y Vallados

Para la creación del modelo digital de elevación con rectificación hidráulica, se utiliza como insumo el DEM urbano con resolución espacial de 0,5 metros previamente procesado, y los vallados y canales dobles con ancho clasificados en aquellos menores a 2 metros, y mayores a 2 metros, en donde estos se catalogan en las profundidades presentadas en la tabla 3; estas profundidades más las geometrías de cada cuerpo de agua fueron obtenidas mediante el trabajo de campo para tener una mayor certeza de los resultados obtenidos, con el objetivo de comparar las profundidades y anchos de las diferentes secciones, compiladas en las bitácoras en el apartado **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Es de anotar que se identificaron 50 cuerpos de agua parabólicos, 729 rectangulares y 42 trapezoidales.

**Tabla 6.** Profundidades de los cuerpos de agua con ancho mayor a 2 metros

CUERPOS DE AGUA	PROFUNDIDAD (m)
Canales dobles	0 – 0,5
	0,5 – 1,0
	1,0 – 1,3
Vallados dobles	0 – 0,5
	0,5 – 1,0
	1,0 – 1,5
	1,5 -2,0

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



**Diagrama 1.** Diagrama de flujo de la metodología para obtención de modelo topobatimético.

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

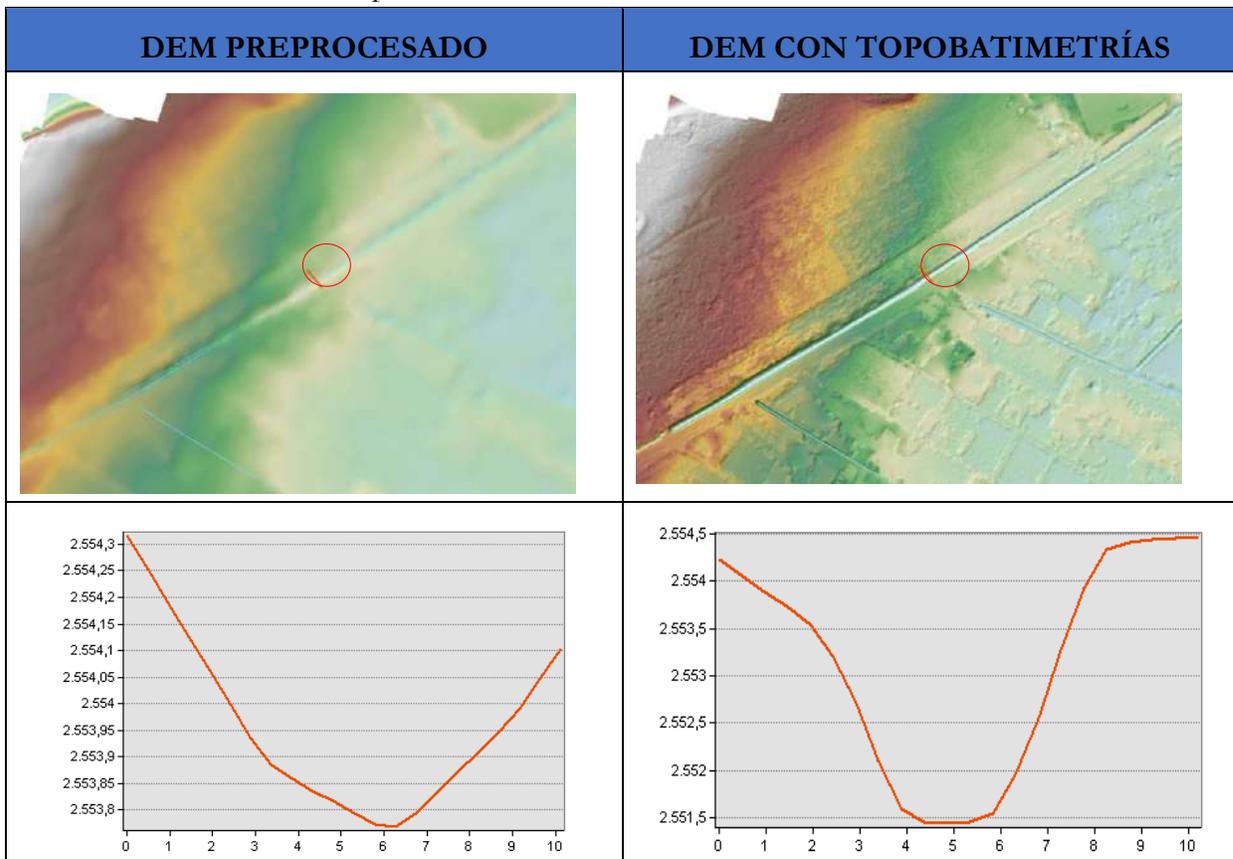
A partir del DEM se genera una nube densa de puntos que indica la altitud de cada pixel del ráster con la cual se realizará la interpolación junto con los cuerpos de agua y la geometría correspondiente, esto con el fin de aproximar a la realidad del terreno el modelo de elevación; como resultado preliminar se obtiene un nuevo DEM con las geometrías correspondientes, a través de método de interpolación *topo to raster* el cual está diseñado específicamente para la creación de modelos digitales de elevación hidrológicamente correctos.

Posteriormente a la generación del nuevo DEM, se crea nuevamente una nube densa de puntos, esta se modifica a partir del cambio de altitudes de los puntos contenidos en los vallados y canales

dobles, con el fin de llegar a la profundidad respectiva identificada en campo. Una vez modificadas las profundidades, se interpola nuevamente y se genera el DEM final. Como último paso se trazan distintas secciones transversales para rectificar la profundidad a lo largo del cauce y aguas abajo para identificar que el modelo efectivamente se encuentra correcto.

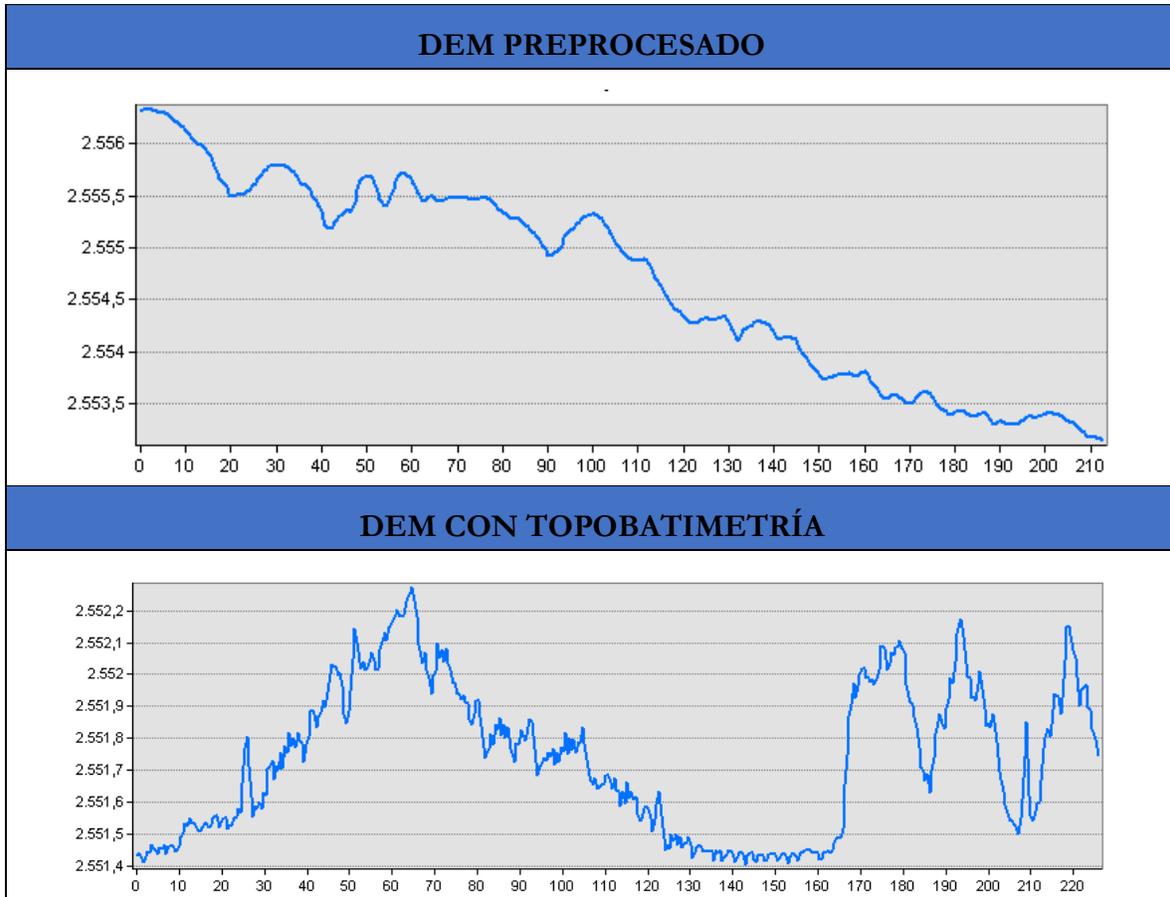
Así bien se identifican significantes diferencias en cuanto a las secciones transversales trazadas en el DEM preprocesado y el DEM con topobatimetría, para modo de ilustración se presenta de una misma zona del municipio los dos modelos para dejar en evidencia las diferencias y la importancia de configurar un modelo hidrológicamente correcto.

**Tabla 7.** Comparación de las secciones transversales de los DEM



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

**Tabla 8.** Comparación aguas abajo de los DEM sobre un vallado



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

Como se puede evidenciar en el modelo topobatométrico se pronuncia la profundidad del vallado con su respectiva geometría que en este caso es rectangular, situación que no ocurre en el DEM preprocesado que, si bien si indica que en el terreno hay presencia de una depresión, marcando el cauce del cuerpo de agua, no corresponde a la realidad del terreno según la información levantada en las bitácoras de campo.

De igual modo, es válido realizar el comparativo con las secciones trazadas aguas abajo del cauce, arrojando el mismo resultado, el modelo topobatimétrico se aproxima más a la realidad del terreno.



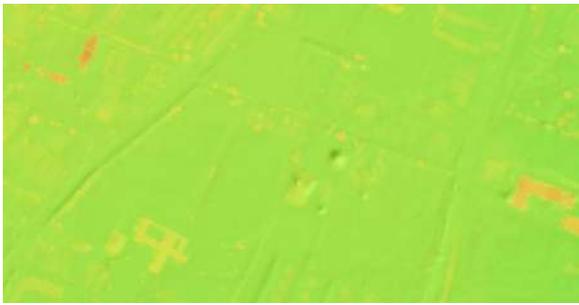
Como resultado de este proceso se obtuvo un MDE en el cual se identifica correctamente el cauce de cada uno de los drenajes y canales que se tuvieron en cuenta dentro del modelo hidrodinámico de inundaciones.

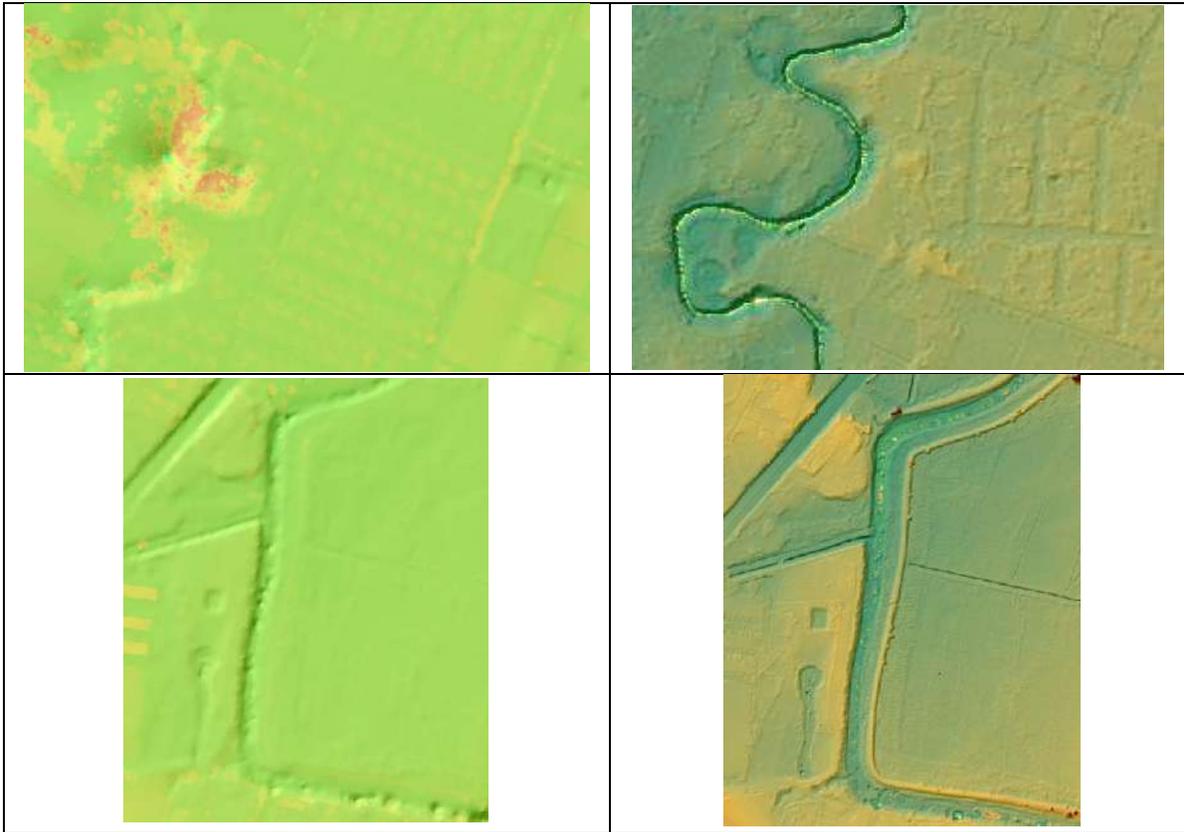
### 3.1.5.3.5 Río Bogotá y Río Frio

De igual manera, se realizó el trabajo de rectificación hidráulica con los ríos Bogotá y Río Frio, contando con las topo batimetrías generadas en los estudios de la CAR, donde a través la Dirección de Recursos Naturales (DRN) se adelantaron los estudios hidrológicos e hidráulicos de los tramos correspondientes a zona de estudio del municipio de Cajicá; la información hace parte de los resultados de la Consultoría realizada mediante contrato 930-2012, realizado por el Consorcio IEH Grucon-Hidroviás entre los años 2012 y 2013 y las secciones de control realizadas por la consultoría.

En la siguiente tabla se evidencia una notable diferencia entre los modelos generados por equipo consultor. Las ilustraciones A y B muestran el mismo tramo del Río Bogotá ubicada sobre el sector de la Balsa. En La ilustración A se muestra que el cauce no se logra identificar correctamente el cauce de este drenaje y presenta elevaciones menores a 60 cm en donde la altura real de ese tramo se encuentra en un promedio de 3 metros. Por otro la ilustración B de la tabla muestra una mejor definición en el cauce, con alturas más cercanas a las condiciones reales del cauce.

**Tabla 9.** Contraste de los resultados de MDE con la incorporación de las topobatimetrías

Ilustración A	Ilustración B
	



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

Los resultados obtenidos en esta metodología se alcanzaron de manera satisfactoria para obtener un MDE en que se logra quemar las labores topobatimétricas de manera correcta, dando una mayor presión de las condiciones reales de la dinámica morfológica de los cauces. El modelo rectificado se dispone para los cálculos hidráulicos pertinentes para obtener las delimitaciones de zonas inundables, las distribuciones de las alturas de flujo y las velocidades asociadas.

#### 3.1.5.4 ANÁLISIS MULTITEMPORAL

En este capítulo se muestran los resultados del análisis multitemporal de los cambios del cauce activo y zonas aledañas del Río Bogotá en el tramo del límite este del municipio de Cajicá. Para este fin se realizó el análisis de componentes geomorfológicos para cuatro tiempos diferentes (años 1960, 1983, 2010 y actual) a partir de la fotointerpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales.



La metodología seguida para este análisis consiste en una serie de pasos sistemáticos donde, en primer lugar, se parte de la recopilación de información base como lo son las imágenes digitales satelitales y las fotografías aéreas existentes en el área de estudio, que posteriormente, esta información se filtra según la calidad, área de cobertura y cambios geomorfológicos visibles en las imágenes. Seguidamente, a partir de estas imágenes se procede a realizar la interpretación geomorfológica para cada uno de los tiempos escogidos. Y finalmente se procede a realizar el análisis multitemporal con relación a cada interpretación geomorfológica. A continuación, se describen cada uno de estos pasos:

#### 3.1.5.4.1 Recopilación de información base

Las imágenes digitales satelitales y/o las fotografías aéreas son el principal insumo en la elaboración de los mapas geomorfológicos e identificar los cambios a través del tiempo. Estos insumos proporcionan un efecto visual sólido con una alta fidelidad de lo que existe en el terreno además de proveer la colección de información espacial en diferentes temporalidades.

Con este fin, se realizó una búsqueda y selección de las imágenes de satélite y fotografías aéreas disponibles en el área de estudio. En la **Tabla 10** se relaciona la información recolectada para el área de estudio.

**Tabla 10.** Relación de fotografías aéreas e imágenes satelitales encontradas para la zona de estudio

Fuente	Fecha	Cantidad Fotografías	Tipo
M 4560	1950 - 1960	5	Fotografía aérea
C 1080	20 - 12 - 1960	15	Fotografía aérea
C 1062	20 - 11 - 1962	3	Fotografía aérea
C 1797	1970 - 1980	4	Fotografía aérea
C 2522	18 - 12 - 1983	6	Fotografía aérea
C 2275	25 - 02 - 1987	5	Fotografía aérea



Fuente	Fecha	Cantidad Fotografías	Tipo
C 2525	24 - 11 - 1993	6	Fotografía aérea
C 2749	02 - 02 - 2005	25	Fotografía aérea
IGAC TM12	2010	1	Ortofotomosaico
Cajicá	2018	1	Ortofotomosaico
Google earth	2021	/	Imágenes satelitales
Sentinel1	2015 – 2018 – 2019 – 2020	4	Imágenes satelitales
Sentinel2	2018 – 2019 – 2021	3	Imágenes satelitales

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

Posteriormente, se realizó un filtro de estas imágenes, aplicando criterios básicos en cuanto a la calidad necesaria como son: cubrimiento del área, presencia de nubes, contraste y definición, calidad geométrica y la temporalidad. En consecuencia, de todo el inventario se eligieron los mejores productos, correspondientes a las fotografías aéreas vuelos C 1080 y C 2522, ortofotomosaicos IGAC TM12 y Cajicá y Google Earth correspondientes a los años 1960, 1983, 2010, 2018 respectivamente.

Partiendo de los lineamientos anteriormente descritos por la metodología de Carvajal, así como también de la visualización de las fotografías aéreas, ortofotomosaicos, Modelo Digital del Terreno (**MDT**), y el uso de la herramienta de Sistema de Información Geográfica (**SIG**), constituyeron los insumos y lineamientos en la interpretación geomorfológica a la escala y temporalidades propuesta.

#### 3.1.5.4.2 Componentes geomorfológicas

Seguidamente, se generaron los mapas morfológicos del entorno del área de estudio para los 4 años (1960, 1983, 2010, 2018), a partir del cual se pudo conocer la distribución de los



componentes morfogenéticos presentes para cada uno de los años analizados (**Tabla 11, Ilustración 29 e Ilustración 30**), determinando que el ambiente de mayor influencia corresponde al fluvial seguido del ambiente antropogénico. A continuación, se describen las geoformas presentes en estos ambientes para los años analizados.

### 3.1.5.4.3 Geoformas de origen Fluvial y Lagunar

Estas geoformas se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y/o quebradas por la acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca. De esta manera, es posible encontrar unidades aledañas a ríos, quebradas y en el fondo de los cauces, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre.

En el área de estudio las geoformas de origen fluvial son las de mayor relevancia; están asociadas al drenaje principal de Río Bogotá y las zonas lacustres aledañas. En total se identificaron 13 componentes morfológicos, los cuales se describen a continuación tomando como base lo expuesto en (SCG, 2015b).

**Barra longitudinal (Fbl):** Corresponde a cuerpo elongado, con superficie de morfología suave ondulada, dispuesto paralelo al centro de los cauces fluviales mayores, con la punta más aguda en la dirección de la corriente. Su origen es relacionado a la acumulación de sedimentos durante grandes inundaciones, que luego de disminuir el caudal, quedan como remanentes que dividen la corriente. Su depósito está constituido principalmente por arenas y gravas finas. Se localiza en el canal del Río Bogotá.

**Barra puntual (Fbp):** Cuerpo en forma de medialuna de morfología suave ondulada, compuesta de crestas y artesas curvas de poca altura. Estos cuerpos se localizan en la parte cóncava de los meandros de los ríos, como producto de la acumulación de sedimentos erodados de la parte convexa del cauce. Su depósito está constituido por sedimentos generalmente arenosos finos y materiales arcillosos en las artesas. Se localiza en el canal del Río Bogotá.

**Cauce aluvial activo (Fca):** Canal de forma irregular excavado por erosión de las corrientes dentro de macizos rocosos y/o sedimentos aluviales. El fondo y márgenes del canal están constituidas por material transportado por el río bajo las condiciones actuales de flujo. Corresponde al cauce activo del Río Bogotá.

**Cuenca de decantación (Basines) (Fcd):** Artesa cóncava a plano-cóncava, localmente llena de agua y pobremente drenada, casi plana. Su origen es relacionado al desborde temporal de canales o ríos



adyacentes, sobre las terrazas o planos de inundación quedando como remanentes de agua. Su depósito está constituido por materiales finos arcillosos con abundancia de materia orgánica.

**Divagación del cauce activo (Fdc):** Geoforma activa, configurada a partir de una dinámica aluvial horizontal y se ensancha en función de la Llanura aluvial baja. Es un escenario dinámico donde el río transporta, acumula y re-moviliza grandes volúmenes de material de arrastre. Los principales atributos corresponden a la bifurcación y divagación del cauce principal, socavamiento lateral, configuración e inversión de meandros de gran curvatura (abiertos).

**Laguna (Flg).** Depósito natural de agua de dimensiones inferiores, en relación con los lagos tanto en área como en profundidad. Dicha profundidad varía de acuerdo con las condiciones ambientales donde se localice y a su grado de colmatación (acumulación de sedimentos). Las lagunas de origen fluvial se relacionan con la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad, estas pueden permanecer incluso en épocas secas ya que son pobremente drenadas.

**Ladera inclinada de terraza antigua (Flita):** Ladera que presenta una inclinación entre 8 – 13 %, su origen es relacionado a la disección, erosión y tectonismo de planicies aluviales antigua.

**Ladera moderada de terraza (Flmt):** Ladera que presenta una inclinación entre 14 – 20 %, bordeando los cauces activos. Su origen es relacionado a procesos de incisión y profundización de la red de drenaje tributaria.

**Meandro abandonado (Fma):** Sección en forma de curva del cauce de un río antiguo, Su origen es relacionado a la migración lateral de la corriente hacia la parte contraria de la concavidad o por el corte de la zona más angosta entre dos curvas consecutivas, que generan el estrangulamiento de un meandro. Su depósito está constituido por sedimentos finos arcillosos con intercalaciones de turba, producto del estancamiento de aguas.

**Plano o llanura de inundación (Fpi):** Se presenta como una superficie de morfología plana a baja, eventualmente inundable. Se localiza paralela a las márgenes del Río Bogotá, donde es limitado localmente por un cambio de pendiente no muy prominente. Su depósito está constituido por sedimentos finos, originados durante eventos de inundación fluvial además de clastos con diferentes tamaños (10 a 150 cm de diámetro) elongados y sub-redondeados.

**Planicie y delta lacustrino (Fpla):** Superficie extensa de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de varios metros de altura. Su origen es relacionado al desplazamiento lateral del cauce de un río dentro de la llanura aluvial. Su depósito está constituido por arcillas con intercalaciones locales de arenas finas con niveles delgados de gravas y turbas concordantes, producto de la acumulación de materiales transportados por las corrientes.



**Terraza de acumulación antigua (Ftan):** Superficie alomada en forma de abanico, laderas moderadamente largas, cóncavas a convexas. Se caracterizan por presentar pendientes de 3% a 15% en las partes altas, limitadas por escarpes y/o laderas de disección que localmente pueden alcanzar inclinaciones de 20°. De manera general, se presentan colgadas, inclinadas y discordantes sobre unidades antiguas. Su origen es relacionado a la disección y tectonismo de abanicos y planicies aluviales antiguas. Su depósito está constituido por gravas, arenas y arcillas.

**Terraza de acumulación sub-reciente (Ftas).** Superficie plana a suavemente inclinada, de morfología ondulada, disectadas, localmente basculadas, con inclinaciones entre 1% a 5%. Su origen es relacionado a la ampliación del valle de un río, al ganar importancia la erosión en sus márgenes. La superficie de la anterior llanura aluvial queda adosada a las márgenes del valle en forma de escalón o resalte topográfico que define la terraza. Pueden estar cubiertas por suelos arcillosos fluviales. Su depósito está constituido por arenas, arcillas e intercalaciones locales de grava fina.

#### 3.1.5.4.4 Geformas de origen Antropogénico

Estas geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías, que modifica la morfología natural del terreno.

En el área de estudio las geoformas de origen Antropogénico se presentan principalmente bordeando el cauce principal como espolones y en zonas aledañas a estas como canales artificiales y rellenos. Estas estructuras fueron construidas principalmente con el fin de evitar las zonas de inundación natural del área de estudio. En total se identificaron 6 componentes morfológicos en este ambiente, los cuales se describen a continuación tomando como base lo expuesto en (SCG, 2015b).

**Canal Artificial (Aca):** Canales construidos para rectificación de cauces, para la canalización de ríos o quebradas en zonas urbanas y localmente para el abastecimiento de agua.

**Espolones (Ae):** Muro construido en la orilla de un río o del mar para contener las aguas; también se construye en el borde de los barrancos y precipicios para seguridad del terreno y de las personas.

**Embalses (Aemb):** Acumulación de agua producida por una obstrucción en el lecho de un río o arroyo que cierra parcial o totalmente su cauce. La obstrucción del cauce puede ocurrir por causas naturales como, por ejemplo, el derrumbe de una ladera en un tramo estrecho del río o arroyo, la acumulación de placas de hielo o las construcciones hechas por los castores, y por obras construidas por el hombre para tal fin, como son las presas.



**Presa (Ap):** Barrera artificial en forma de arco hecha en los canales fluviales para represar agua para uso doméstico o criadero de peces. Están hechas de hormigón, tierra o una combinación de ambos.

**Planos y campos de llenos antrópicos (Ar):** Planos hechos artificialmente con material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos para la construcción de viviendas. Técnicamente son de gravas, bloques y arena bien compactados, sin embargo, comúnmente son de escombros y desechos de construcción.

**Excavaciones (Ase):** Depresión de gran extensión y de variada profundidad, según sea su uso, su forma varía de subredondeada a irregular, hechos de manera manual o con maquinaria pesada, son productos de la explotación de arenas y gravas de origen fluvial y fluvio-glaciar. Estas excavaciones mantienen su nivel por el aporte de aguas lluvia en épocas de alta pluviosidad o por recarga artificial, son utilizados como lagos artificiales para fines recreativos o económicos como la pesca y la agricultura.

#### 3.1.5.4.5 Geformas de origen denudacional

Las geformas denudacionales se originan gracias a la acción combinada de diferentes procesos exógenos que modelan el paisaje degradando unidades preexistentes y agradando o generando nuevas unidades; entre estos procesos que predominan y caracterizan este ambiente se encuentran la meteorización y la erosión principalmente de origen pluvial y gravitacional. En el área de estudio se identificó una geforma de origen denudacional en la interpretación del año 2018 a borde del Río Bogotá.

**Escarpe de erosión menor (Deeme):** Ladera abrupta o a desplome de longitud corta a larga, de forma cóncavo-convexa y eventualmente recta, con pendiente escarpada a muy escarpada, originado por socavación fluvial lateral o por procesos de erosión y movimientos en masa remontantes a lo largo de un drenaje (SCG, 2015b).

**Tabla 11.** Componentes geomorfológicos interpretados en el área de estudio para los diferentes tiempos

Ambiente	Componente	Código	Área (Ha) para cada año interpretado			
			1960	1983	2010	2018
Antropogénico	Canal Artificial	Aca	4,976	9,365	17,436	13,945
	Espolones	Ae	28,039	16,178	13,118	7,848

Ambiente	Componente	Código	Área (Ha) para cada año interpretado			
			1960	1983	2010	2018
	Embalse	Aemb	0,000	0,000	2,577	2,577
	Presa	Ap	0,000	0,000	0,042	0,057
	Planos y campos de llenos antrópicos	Ar	0,000	0,000	0,000	3,076
	Excavaciones	Ase	0,000	0,000	18,824	25,274
Denudacional	Escarpe de erosión menor	Deeme	0,000	0,000	0,210	0,212
Fluvial	Barra longitudinal	Fbl	0,234	0,000	0,667	0,559
	Barra puntual	Fbp	0,000	0,000	0,000	0,012
	Cauce activo	Fca	40,576	26,578	40,508	36,438
	Cuenca de decantación	Fcd	66,524	13,883	18,877	38,972
	Divagación de cauce activo	Fdc	24,417	25,196	19,033	17,897
	Laguna	Flg	13,711	9,244	17,395	24,981
	Ladera inclinada de terraza antigua	Flita	41,847	39,638	50,829	50,739
	Ladera moderada de terraza	Flmt	8,514	13,437	48,746	42,314
	Meandro abandonado	Fma	59,070	19,178	8,551	7,537

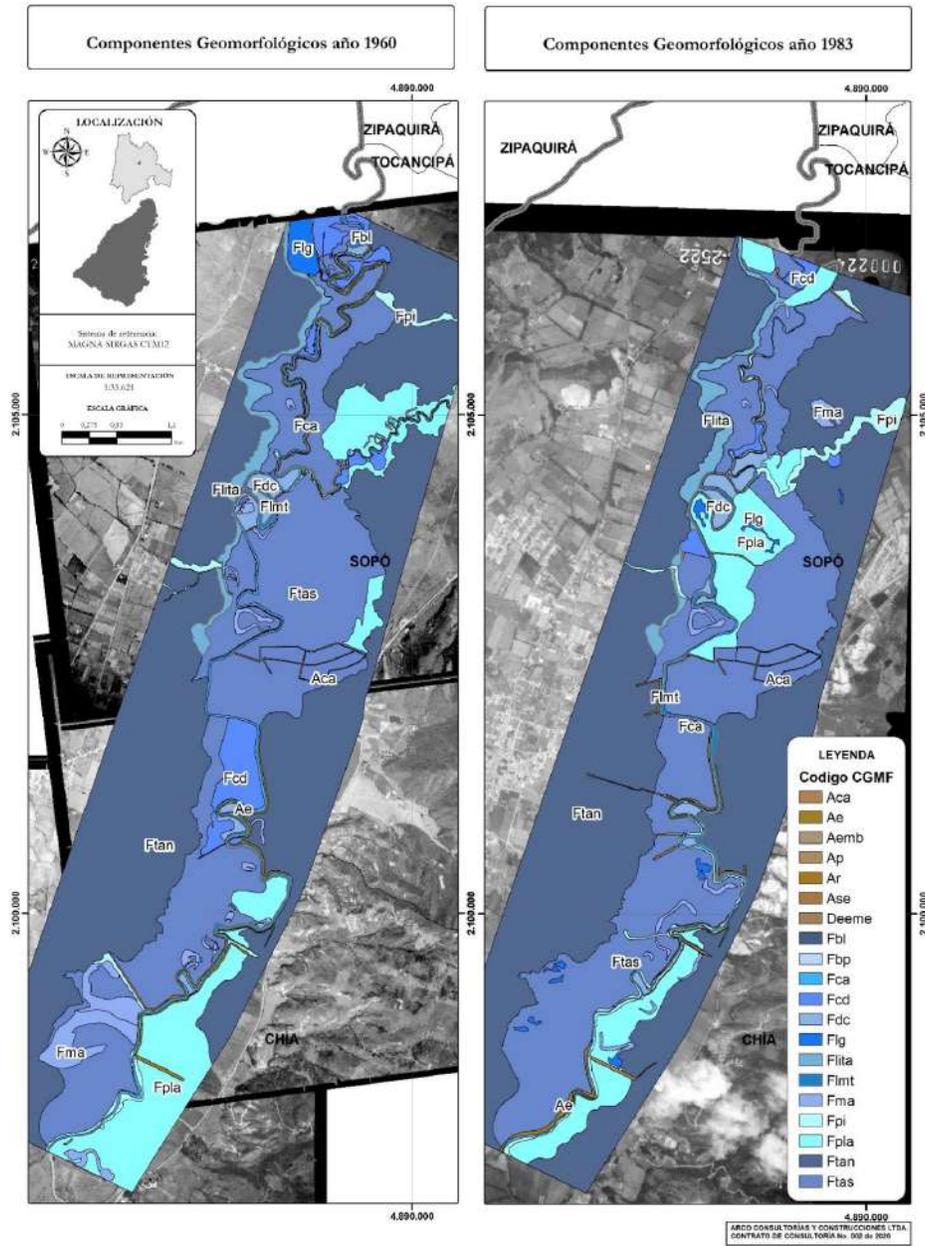


Ambiente	Componente	Código	Área (Ha) para cada año interpretado			
			1960	1983	2010	2018
	Plano de inundación	Fpi	29,933	44,828	19,384	24,539
	Planicie y delta lacustre	Fpla	216,558	160,610	89,577	58,396
	Terraza de acumulación antigua	Ftan	1008,496	1085,710	1232,687	1243,329
	Terraza de acumulación subcreciente	Ftas	596,882	602,149	722,217	721,977

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

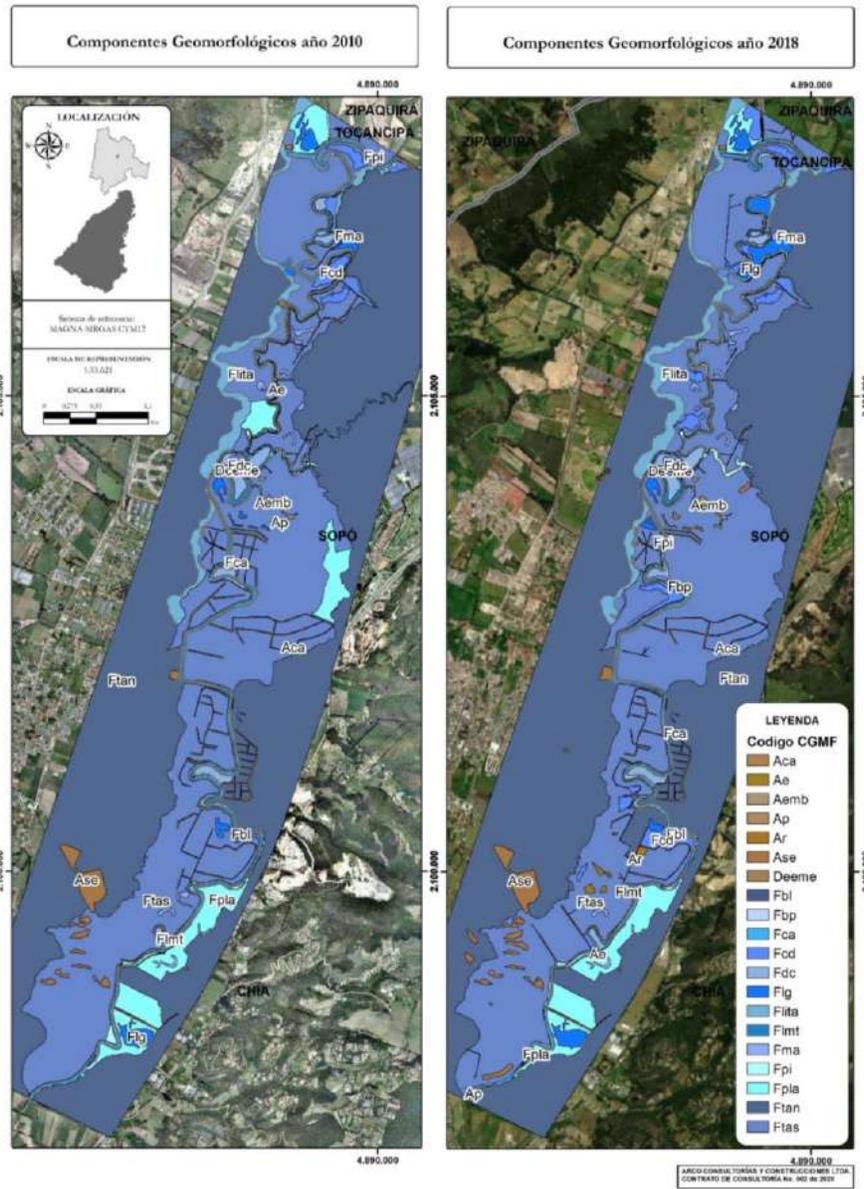
En el área de estudio las geoformas de origen fluvial son las de mayor relevancia; están asociadas al drenaje principal de Río Bogotá y las zonas lacustres aledañas. En total se identificaron 13 componentes morfológicos. Las geoformas de origen antropogénico se presentan principalmente bordeando el cauce principal como espolones y en zonas aledañas a estas como canales artificiales y rellenos. Estas estructuras fueron construidas principalmente con el fin de evitar las zonas de inundación natural del área de estudio. Para el área fotointerpretada se identificó una geoforma de origen denudacional en la interpretación del año 2018 a borde del Río Bogotá.

Con la interpretación geomorfológica realizada en cada una de las temporalidades seleccionadas siguiendo los lineamientos de Carvajal para el presente estudio, se genera la cartografía del componente geomorfológico. De esta selección de imágenes se describió principalmente las condiciones de cambio de las superficies anexas al cauce principal (Río Bogotá), como también, la dinámica fluvial que ha presentado este cuerpo de agua.



**Ilustración 29.** Mapa de componentes morfogenéticos para el área de estudio. Izquierda año 1960, derecha año 1983.

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



**Ilustración 30.** Mapa de componentes morfogenéticos para el área de estudio. Izquierda año 2010, derecha año 2018.

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

### 3.1.5.4.6 Análisis geomorfológico multitemporal

Con la interpretación geomorfológica realizada en cada una de las temporalidades seleccionadas por las condiciones descritas para el presente estudio, se genera la cartografía del componente geomorfológico. De esta selección de imágenes se describió principalmente las condiciones de cambio de las superficies anexas al cauce principal (Río Bogotá), como también, la dinámica fluvial que ha presentado este cuerpo de agua.

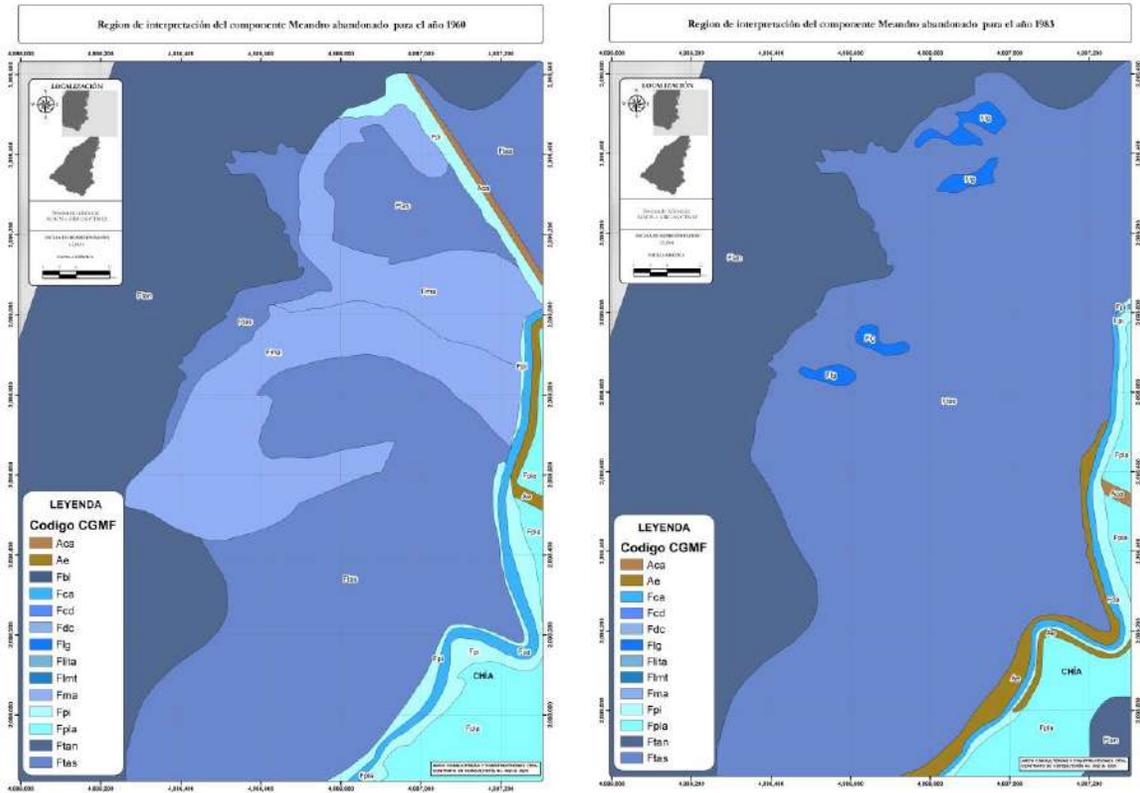
**Tabla 12.** Comparación en extensión de área (ha) de cada uno de los componentes morfogenéticos en cada imagen fotointerpretada, como también el cambio generado en área (ha)

Cód.	Nombre	1960	1983	Cambio (1960-1983)	2010	Cambio (1983-2010)	2018	Cambio (2010-2018)
<b>Antrópico</b>								
<b>Aca</b>	Canal Artificial	4,88	9,37	4,49	16,42	7,05	12,97	-3,44
<b>Ae</b>	Espolones	27,01	16,18	-10,83	11,75	-4,42	7,14	-4,61
<b>Aemb</b>	Embalse	0,00	0,00	0,00	2,58	2,58	2,58	0,00
<b>Ap</b>	Presa	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,06	0,02
<b>Ar</b>	Planos y campos de llenos antrópicos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,08	3,08
<b>Ase</b>	Excavaciones	0,00	0,00	0,00	18,52	18,52	24,97	6,45
<b>Denudacional</b>								
<b>Deeme</b>	Escarpe de erosión menor	0,00	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,00
<b>Fluvial</b>								
<b>Fbl</b>	Barra longitudinal	0,08	0,00	-0,08	0,62	0,62	0,51	-0,11
<b>Fbp</b>	Barra puntual	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
<b>Fca</b>	Cauce activo	38,37	26,58	-11,80	32,78	6,20	29,42	-3,36
<b>Fcd</b>	Cuenca de decantación	50,60	13,88	-36,72	11,12	-2,77	29,07	17,95
<b>Fdc</b>	Divagación de cauce activo	22,96	25,20	2,23	15,72	-9,47	15,95	0,23
<b>Flita</b>	Ladera inclinada de terraza antigua	41,39	39,64	-1,75	41,30	1,66	41,24	-0,06

 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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

Cód.	Nombre	1960	1983	Cambio (1960-1983)	2010	Cambio (1983-2010)	2018	Cambio (2010-2018)
<b>Ffmt</b>	Ladera moderada de terraza	8,51	13,44	4,92	41,84	28,41	37,35	-4,49
<b>Flg</b>	Laguna	8,56	9,24	0,68	11,07	1,83	13,73	2,66
<b>Fma</b>	Meandro abandonado	58,85	19,18	-39,68	6,82	-12,36	5,80	-1,01
<b>Fpla</b>	Planicie y delta lacustre	216,5	160,6	-55,95	78	-82,57	51,1	-26,91
<b>Fpi</b>	Plano de inundación	29,23	44,83	15,60	15	-29,81	19,1	4,10
<b>Ftan</b>	Terraza de acumulación antigua	968,0	1085	117,69	1109,8	24,15	1120	10,45
<b>Ftas</b>	Terraza de acumulación subreciente	590,9	602,1	11,18	652,3	50,16	651,3	-0,93

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



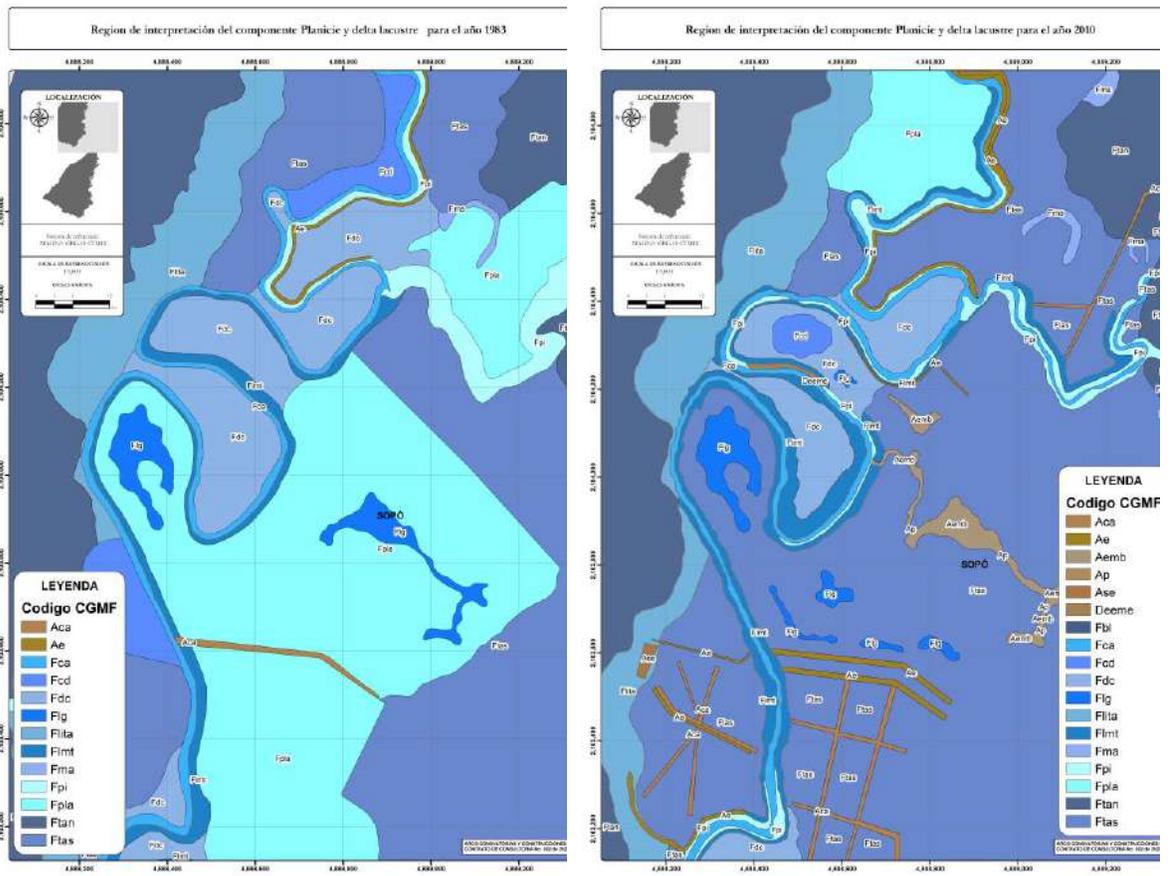
**Ilustración 31.** Detalle de la fotointerpretación para el componente geomorfológico de Meandro abandonado entre los años 1960 (izquierda) y 1983 (derecha).

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

Para el segmento evaluado dentro del municipio de Cajicá, se describe en cada uno de los años seleccionados tres tipos de ambientes geomorfológicos: Fluvial, Denudacional y Antropogénico, de los cuales, los ambientes con mayor importancia son el fluvial y antropogénico (Tabla 12). Para el año de 1960 (1ª imagen fotointerpretada) se delinean componentes del ambiente fluvial como terrazas aluviales (antigua y subriente) las cuales presentan diferentes génesis, como también superficies mal drenadas, parcialmente inundables (planicie y delta lacustre), y elementos propios de la dinámica fluvial como lo es, la cuenca de decantación, plano de inundación, divagación de cauce activo, laguna, y barra longitudinal, siendo estos componentes, elementos cambiantes por la dinámica fluvial propia del Río Bogotá. Para este año también se evidencia la acción antrópica en la regulación del proceso de inundación normal del río, con la construcción de espolones y canales artificiales que disminuyen la acción de la inundación.



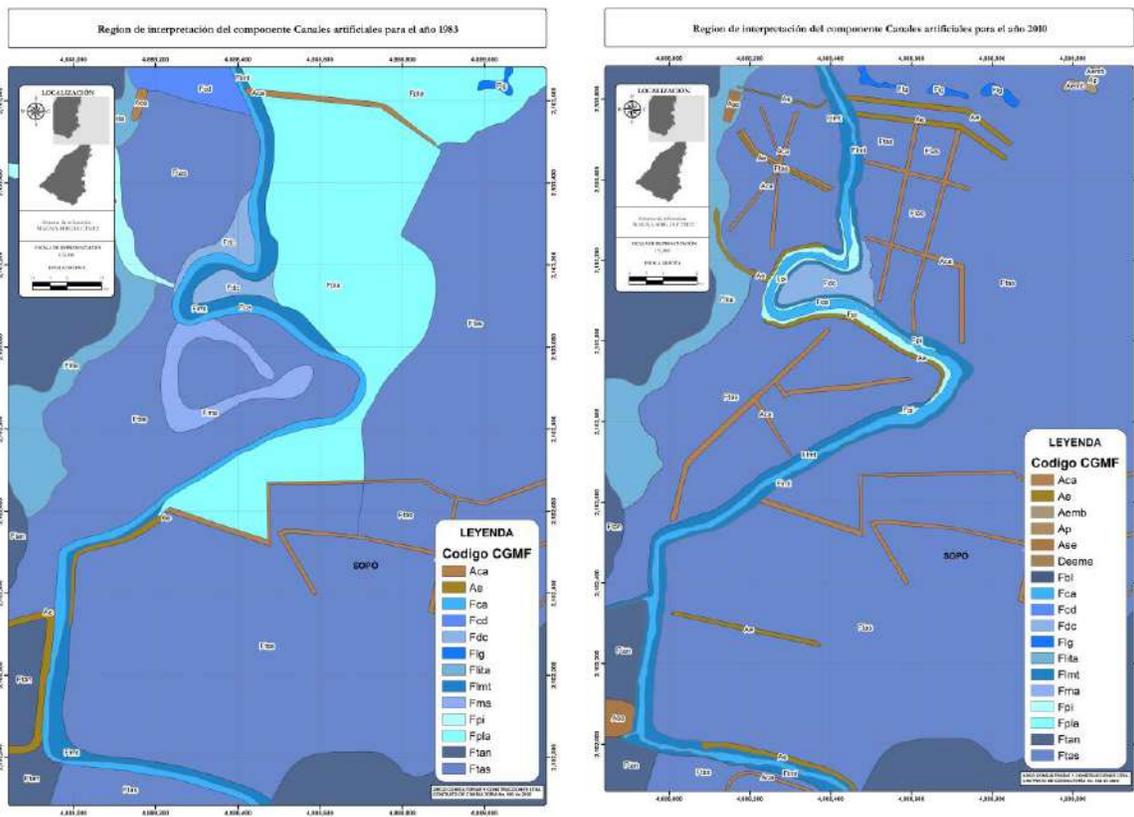
Por otro lado, los componentes geomorfológicos tipo Laguna (aumento 0,6 ha), la Divagación de río (aumento 2,2 ha) y el Plano de inundación (aumento 15,5 ha) aumentaron. Esto debido al efecto generado sobre la geometría del canal que hace que la dinámica fluvial del río sea alterada. A esta condición también se le suma, periodos de lluvia fuertes que aumenta el volumen del fluido presente en el canal, aumentado los niveles de las cotas de inundación y por consiguiente la expansión de estos planos.



**Ilustración 33.** Detalle de la fotointerpretación para el componente geomorfológico de Planicie y delta lacustre entre los años 1983 (izquierda) y 2010 (derecha) (Zona Río Grande).  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

Para el año 2010 (3ª imagen fotointerpretada) en comparación con lo cartografiado de los componentes geomorfológicos del año de 1983, se sigue presentando una reducción en algunos elementos morfológicos de tipo fluvial como la Planicie y delta lacustre (perdida de 82,5 ha) y

Meandros abandonados (pérdida de 12,3 ha), que han sido modificados por elementos morfológicos de tipo antropogénico y muy asociados a la expansión de la frontera agrícola, expansión del tejido urbano y zonas industriales. Dentro de la dinámica fluvial de Rio Bogotá, para el presente periodo (1983 – 2010) se evidencia una pérdida del Plano de inundación (pérdida de 29,8 ha), la Divagación de cauce activo (pérdida de 9,4 ha) y la Cuenca de decantación (pérdida de 2,7 ha); muchos de estos elementos asociados a una ampliación de la geometría del canal, donde la geoforma de Cauce activo aumento en 6,19 ha su extensión total debido a las condiciones climáticas que imperaron para el presente año, condición generada por un periodo ENSO (fenómeno de la niña) que aumentaron los niveles del cauce, a su vez, para este periodo los canales artificiales aumentaron en 7,05 ha y se perdió 4,42 ha de espolones producto de la erosión del rio y falta de mantenimiento de los mismos.



**Ilustración 34.** Detalle de la fotointerpretación para el componente geomorfológico de Canal artificial entre los años 1983 (izquierda) y 2010 (derecha).

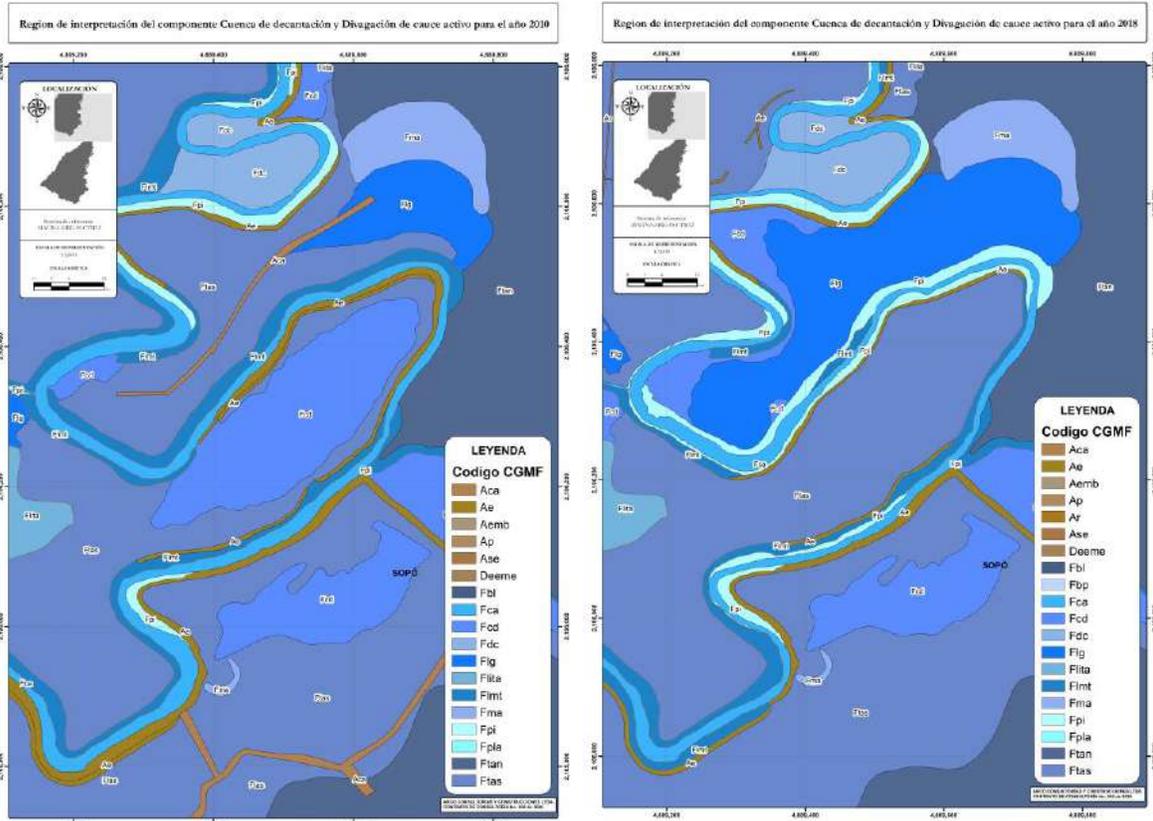
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).



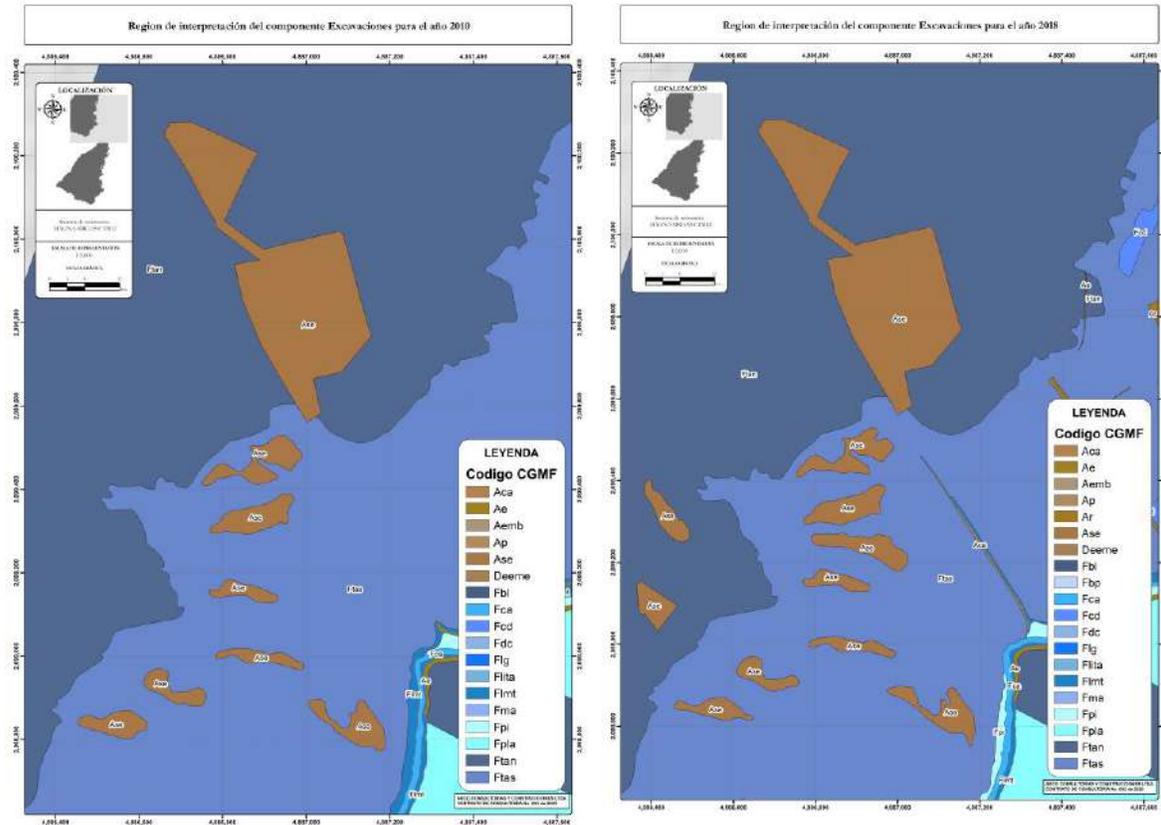
También se evidencia un aumento en la formación de componentes geomorfológicos de tipo Barras longitudinales (aumento de 0,6 ha) y Lagunas (aumento de 1,8 ha). La primera obedece al comportamiento de la dinámica fluvial; este componente geomorfológico presenta una leve tendencia de migración hacia la zona sur (aguas abajo); la segunda se asocia a periodos de inundación intensos que irrigan zonas con baja permeabilidad dando la posibilidad de una acumulación de agua; también hay que precisar la durabilidad de estas lagunas ya que factores como la colmatación y desecación dan lugar a la pérdida de estos cuerpos de agua.

Para el año 2018 (4ª imagen fotointerpretada) se observa un cambio significativo en las zonas interpretadas para el ambiente fluvial en comparación con el año 2010. Las regiones que se encuentran como Planicie y delta lacustre (pérdida de 26,9 ha) y el Meandro abandonado (pérdida de 1,01 ha) han sufrido cambios significativos debido en el aumento de la frontera agrícola y también las regiones de expansión urbana.

Las zonas directamente asociadas a la dinámica del cauce tuvieron un aumento significativo en geoformas como Planos de inundación (aumento 4,09 ha), Cuenca de decantación (aumento de 17,9), Divagación de cauce activo (aumento 0,22 ha) y Lagunas (aumento de 2,6 ha); condición que se dio por una disminución del cauce en comparación del periodo 1983 – 2010 que tuvo un aumento en sus niveles por un periodo atípico de lluvias (fenómeno de la niña). Estas superficies muestran las regiones con mayor grado de complejidad en la dinámica fluvial dentro de la región evaluada, ya que, dependiendo del nivel de inundación, son propensas a daños en elementos de tipo antrópico debido a la acción del cauce en recobrar sus lechos de movilidad propios. Estas últimas geoformas interpretadas de tipo antrópico como Canales artificiales (pérdida de 3,44 ha) y Espolones (pérdida de 4,61 ha) han sido afectados por la dinámica fluvial que ha erosionado las superficies y colmatando los canales.



**Ilustración 35.** Detalle de la fotointerpretación para el componente geomorfológico de Cuenca de decantación y Divagación de cauce activo entre los años 2010 (izquierda) y 2018 (derecha).  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).



**Ilustración 36.** Detalle de la fotointerpretación para el componente geomorfológico Excavaciones entre los años 2010 (izquierda) y 2018 (derecha).

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

Como resultado del análisis multitemporal para los años fotointerpretados (1960, 1983, 2010 y 2018) a término general se pueden destacar las siguientes observaciones: se evidencia que las geoformas de tipo antropogénico como las Excavaciones han tenido una alta variabilidad, esto debido a una extensión en las zonas que han sido adecuadas para actividades antropogénicas como los campos de golf y lagos artificiales, siendo los años 2010 y 2018 los que presentan mayor actividad en la adecuación de terrenos; de igual forma, la geoforma de tipo Espolones y Canales artificiales tuvieron una moderada variabilidad, ya que entre los años 1983 y 2010 tuvieron eventos de desgaste, pérdida y colmatación debido al aumento del nivel del río que pudo erosionar las paredes de estas geoformas, destrucción parcial de los espolones (jarillones) y relleno de los canales artificiales.



Para el ambiente fluvial se encuentra una variabilidad asociada directamente a la dinámica fluvial de Río Bogotá, donde los componentes morfogenéticos como la Cuenca de decantación, Planos de inundación, la Divagación de cauce y el Cauce activo presentan una moderada a baja variabilidad, este cambio puede estar atribuido con un periodo climático atípico (2010, fenómeno de la niña) que generó fuertes inundaciones, modificando el comportamiento dinámico presente en el cauce del río. Por otro lado, las geoformas de Meandro abandonado han sufrido grandes cambios en sus superficies desde el año de 1960, debido a la ampliación de la frontera agrícola y pérdida de la geoforma natural. Por último, se encuentra el componente geomorfológico de Planicie y delta lacustre (60%) y Lagunas (21%) que describe una variabilidad moderada con una disminución de la extensión de los territorios que han sido adaptados para actividades agrícolas.

### 3.1.5 PROCESO DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

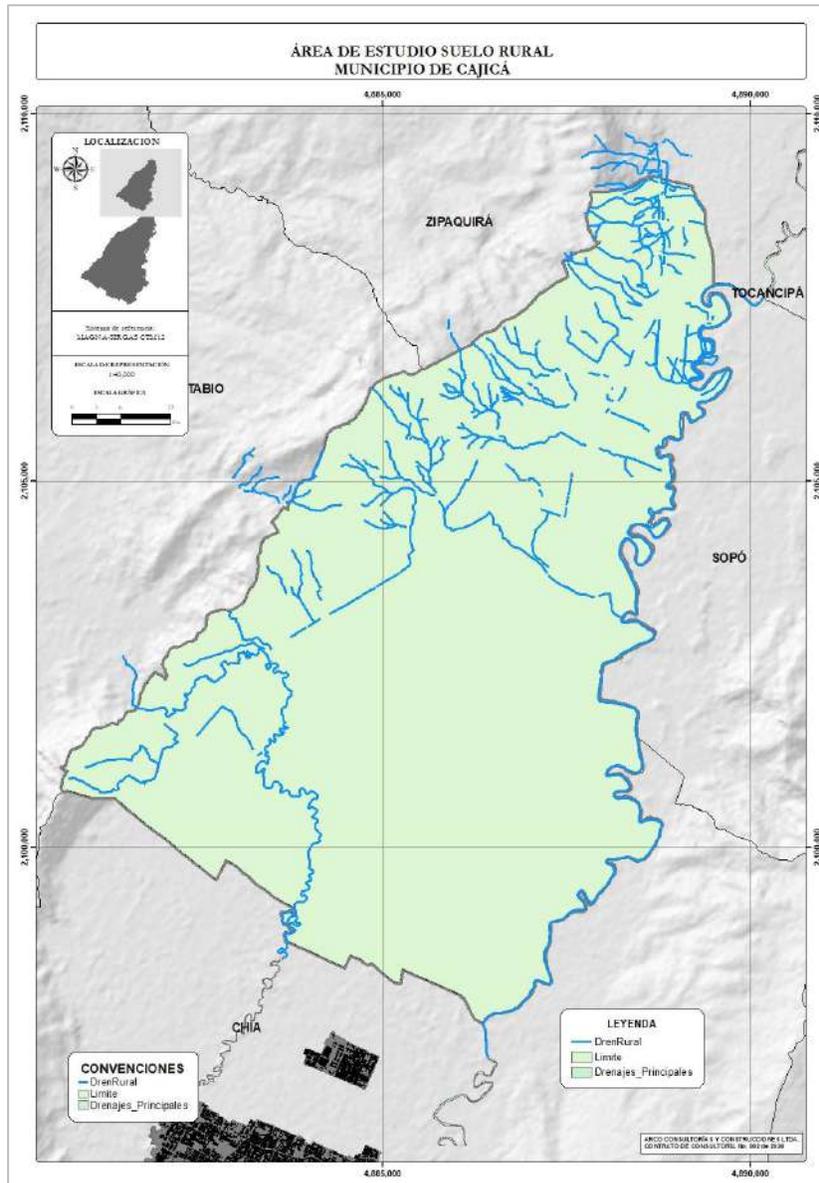
Las modelaciones de cada la zona rural del municipio de Cajicá – Cundinamarca se dividieron en dos partes: 1) *Modelación hidrológica*: Se determinan los caudales que ingresan al área de modelación de las cuencas aportantes, generados mediante el modelo de lluvias escurrentía HEC-HMS; dichos hidrogramas se transitan por los diferentes drenajes o canales con potencial amenaza por inundación. Como insumos del modelo se requirieron los hietogramas de diseño para los periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años; además de las áreas de las cuencas aportantes, el tiempo de retardo, el porcentaje de impermeabilidad y el valor de la curva número con el cual se describe el tipo de suelo; estos valores se encuentran detallados en el **Capítulo I. Numeral 1.4.7.6 Curva Número**. Para los ríos Frio y Bogotá se tienen los caudales máximos instantáneos anuales y no hidrogramas de crecientes, debido a que el comportamiento mostrado sobre estas corrientes en periodos invernales, presentan un flujo cuasi- estacionario para las crecientes máxima que se han presentado. 2) *Modelación hidráulica*: Una vez determinados los hidrogramas de los diferentes cuerpos de agua a modelar se emplea el software FLO 2D, donde se determina el comportamiento hidráulico que tendrán los diferentes caudales para cada uno de los periodos de retorno seleccionados, identificando la planicie de inundación de acuerdo a las elevaciones de la superficie de agua. Adicional a los caudales, el modelo requirió de insumos como los coeficientes de Manning y el modelo digital de terreno. **Capítulo I. 1.4.7.7 Coeficiente de Manning (n)**

#### 3.1.5.1 Área de estudio

Se establece un área de modelación de 51.25 km<sup>2</sup>, con una malla de 2 metros para la zona rural de Cajicá, sobre las veredas de Río Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón. Se cuentan con un

 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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

total de 36 cuencas aportantes con áreas que oscilan entre los 0.0157 km<sup>2</sup> a 2.152 km<sup>2</sup>. En cada una de las cuencas se definieron los puntos de entradas de los hidrogramas a los diferentes drenajes o canales, evaluado a periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años. Adicionalmente se establecen en los límites del área de estudio, las salidas de los flujos para no generar represamientos dentro de la modelación. Para este caso se incluyeron estructuras hidráulicas dentro del área de estudio, esto con el objetivo de evitar que la mancha de inundación se presentara sobre vías principales, viviendas o edificaciones, garantizando la continuidad del flujo y permitiendo obtener resultados acordes al contexto real, dado que sobre el área de estudio se encuentra un gran número de canales y vallados que han sido modificado por factores antrópicos debido a la alta densidad de población lo que ha cambiado las actividades productivas principales del municipio. Cabe aclarar que las estructuras incluidas, son una aproximación dentro de las modelaciones en el software FLO 2D, dado que al ser un estudio básico no se detalló el comportamiento de los sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario de la zona de estudio.



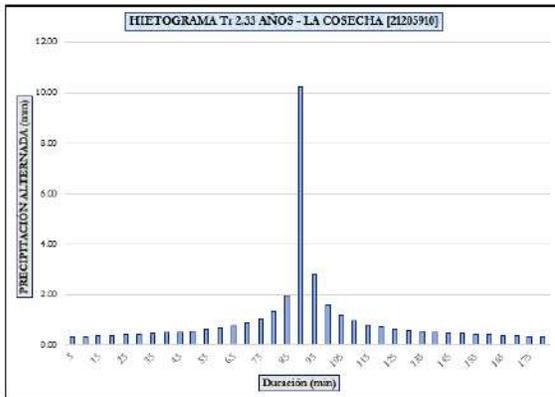
**Ilustración 37** Área de estudio rural de Cajicá.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).

### 3.1.5.2 Curvas de intensidad frecuencia duración (IDF)

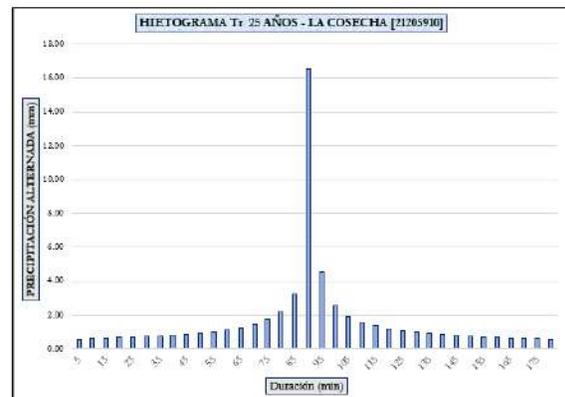
Evaluando la influencia de las estaciones sobre el área de modelación se seleccionan las curvas de intensidad frecuencia duración (IDF) de las estaciones de La Cosecha - AUT [21205910] y Tabio Granja [21201630]. Los parámetros y la metodología con los que se establecieron estas intensidades en mm/h se exponen en el **Capítulo 1. Numeral 1.4.7.11. Régimen hidrológico**, donde se tiene promedio de precipitaciones máximas en 24 horas de 42.60 mm en la estación de La Cosecha - AUT [21205910] y 52.30 mm en Tabio Granja [21201630]. Las curvas se construyeron para una duración de 3 horas con intervalos de 5 minutos para los periodos de retorno ya mencionados.

### 3.1.5.3 Hietogramas de diseño

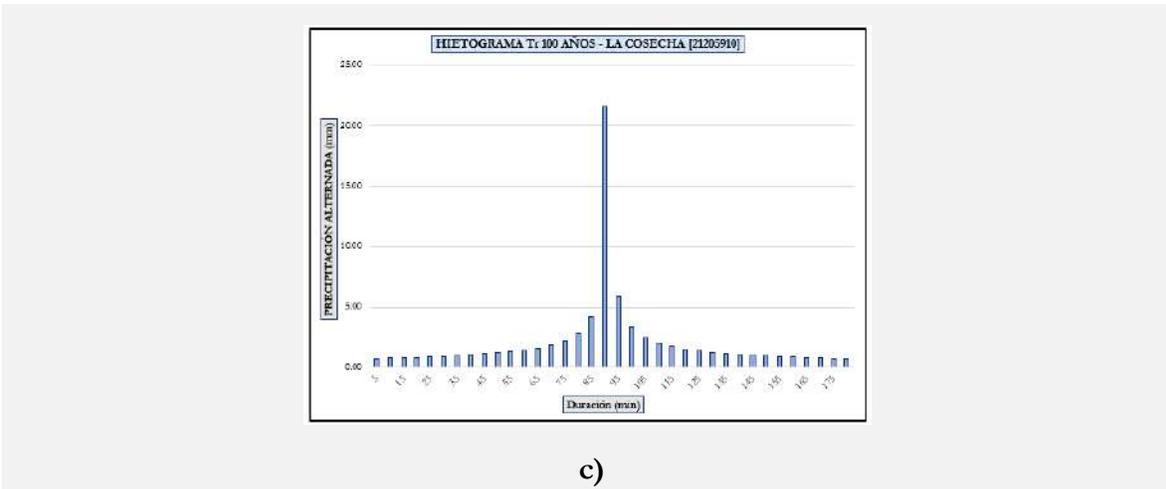
A partir de las curvas de intensidad frecuencia duraciones (IDF) seleccionadas, se obtiene los hietogramas de diseño que tendrán influencia sobre el área de estudios de la zona rural. Se tiene precipitaciones puntuales de 10.23 mm y 11.68 mm para 2.33 años de periodo de retorno, 16.53 mm y 18.88 mm para 25 años, 21.51 mm y 24.57 mm para 100 años, para la estación de La Cosecha - AUT [21205910] y Tabio Granja [21201630], respectivamente.



a)

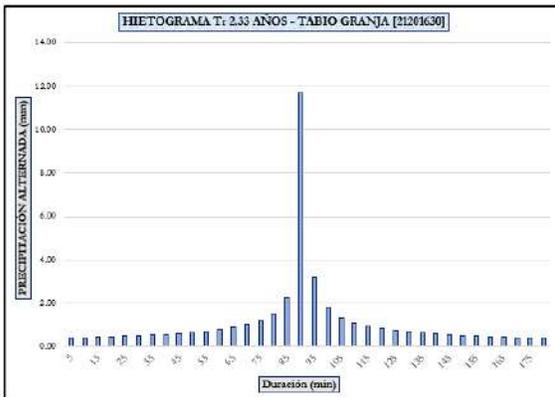


b)

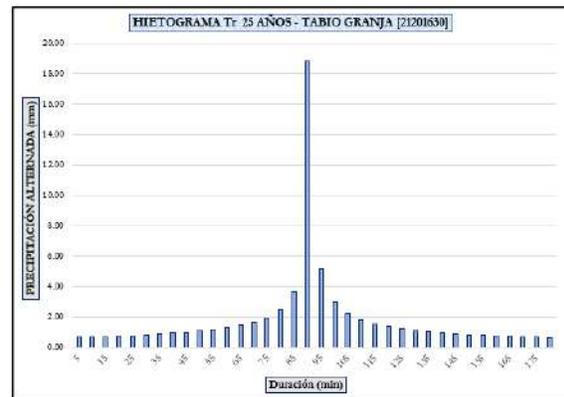


**Ilustración 38** Hietogramas de precipitación de diseño para  $T=2.33$  años,  $T_r= 25$  años y  $T_r=100$  años estación de La Cosecha - AUT [21205910]

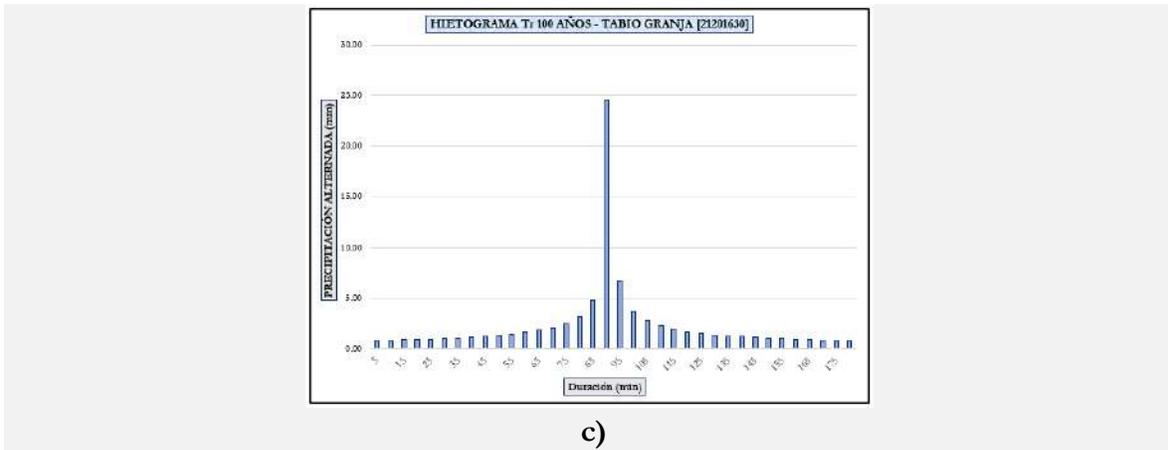
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



a)



b)



**Ilustración 39** Hietogramas de precipitación de diseño para  $T=2.33$  años,  $Tr= 25$  años y  $Tr=100$  años estación Tabio Granja [21201630].

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

#### 3.1.5.4 Eventos extremos de caudales

Se establecen tanto para el Río Bogotá como para el Río Frio, caudales máximos instantáneos anuales y no hidrogramas de crecientes, debido a que el comportamiento mostrado sobre estas corrientes en periodos invernales, presentan un flujo cuasi- estacionario para las crecientes máxima que se han presentado, lo que significa que la velocidad del flujo a lo largo del tramo analizado no varía con el tiempo. En la **Tabla 13**, se tiene los valores de caudales máximos para los periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 100 y 500 años con la respectiva distribución de probabilidad que más se ajustó para las estaciones de Puente Vargas [2120734] ubicada sobre la corriente del Río Bogotá y la estación Puente La Virginia [2120735] perteneciente al Río Frío. Como se puede apreciar en términos generales las distribuciones de mejor comportamiento para eventos máximo fueron la Gumbel Valor Extremo I, Log-Gumbel y Log-Pearson Tipo III.

**Tabla 13.** Ajuste distribuciones de probabilidad caudales máximos.

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

Periodo de retorno $Tr$ (años)	2,33	5	10	15	20	25	50	100	500	Distribución
<b>PUENTE VARGAS [2120734]</b>	32,089	43,232	53,673	60,132	64,912	68,745	81,425	95,427	134,080	Log Pearson III



Periodo de retorno Tr (años)	2,33	5	10	15	20	25	50	100	500	Distribución
<b>PUENTE LA VIRGINIA [2120735]</b>	15,022	23,056	29,600	33,292	35,877	37,868	44,002	50,090	64,160	Gumbel

La evaluación de caudales máximos instantáneos representa una evaluación de las condiciones más críticas que la evaluación de un flujo no estacionario dado que la presencia de los niveles máximos se puede mantener por tiempos mayores a los que se puedan representarse mediante un hidrograma.

### 3.1.5.5 Tiempo de retardo

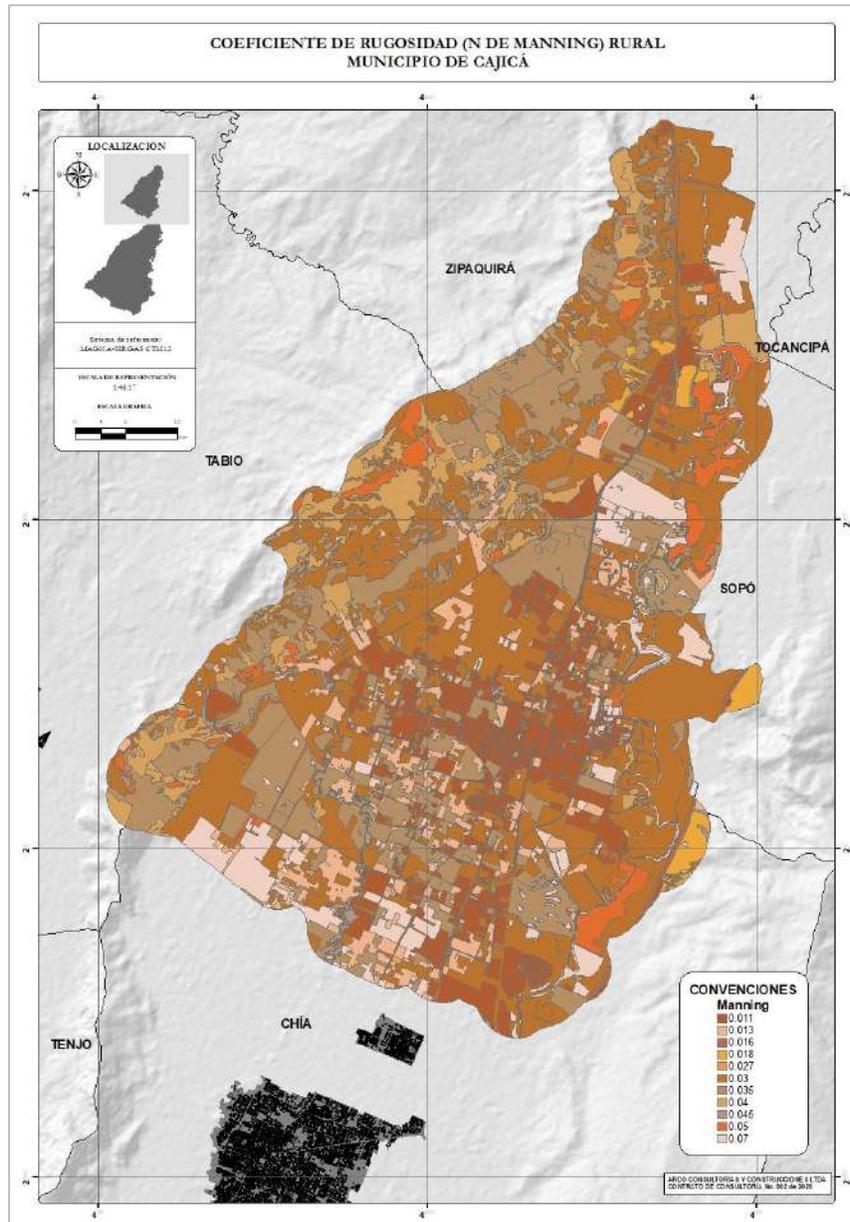
Se evalúan las diferentes metodologías de tiempo de concentración para la determinación del tiempo de retardo que más represente el comportamiento de la escorrentía en las cuencas. Las diferentes fórmulas analizadas y los valores de los tiempos de retardo se encuentran dentro del **Capítulo 1. Numeral 1.8.8.9.**

### 3.1.5.6 Curva número (CN)

Los valores de curva número (CN), requeridos por el modelo de lluvia escorrentía para cada una de las cuencas establecidas presenta valores que oscilan entre 51.1 y 82.6. Para las zonas rurales analizadas el porcentaje de zonas impermeabilidad es del 0%, generando menor volumen en los hidrogramas que se captarán por las diferentes corrientes o sistemas de drenajes existentes dentro del municipio. **Capítulo 1. Numeral 1.4.7.6. Curva Número.**

### 3.1.5.7 Coeficiente de Manning (n)

Los parámetros de Manning (n) que se presentan dentro del área rural de Cajicá de las veredas Río Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón, se aprecian en la siguiente **Ilustración 18.** La metodología de selección de los parámetros se detalla en el **Capítulo I. 1.4.7.7. Coeficiente de Manning (n)**

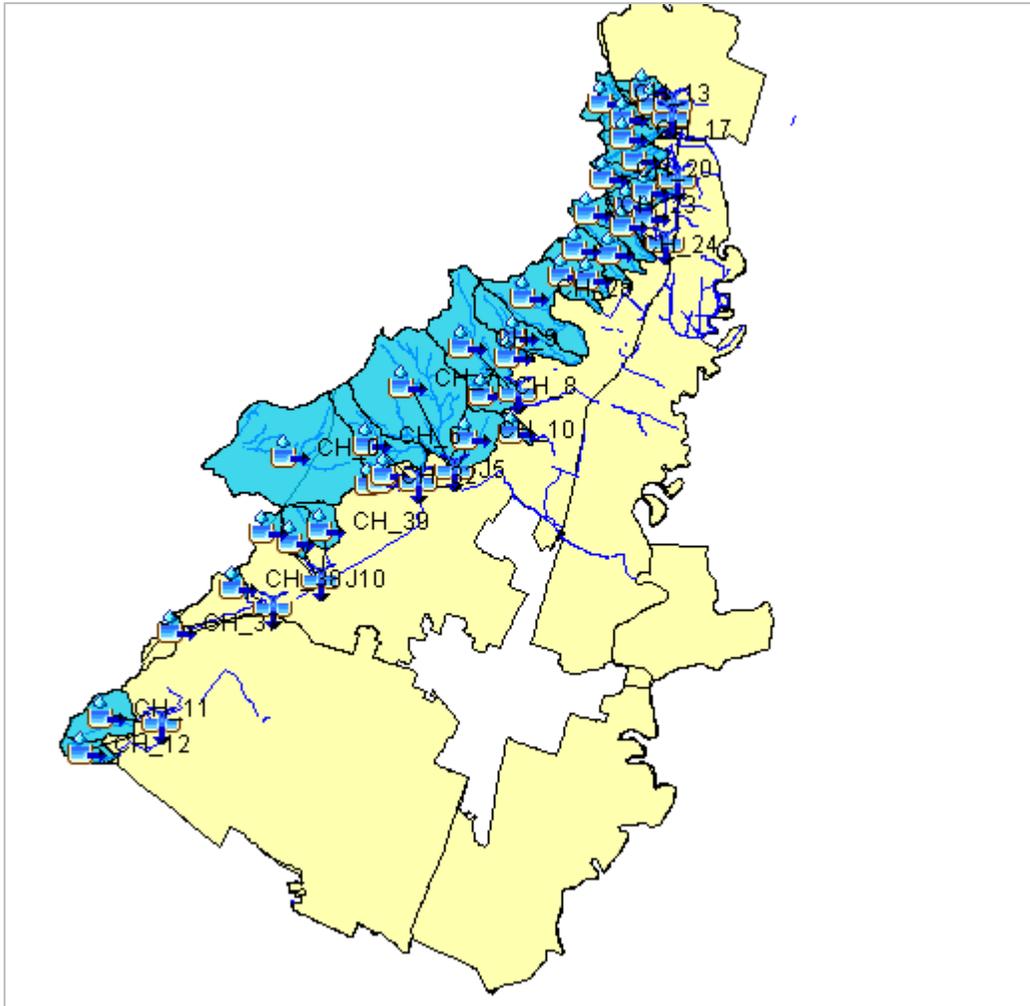


**Ilustración 40** Valor del coeficiente de Manning (n) rural Cajicá-Cundinamarca.

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

### 3.1.5.8 Resultados modelación hidrológica

La representación gráfica del modelo hidrológico se aprecia en la **Ilustración 22**, donde se aprecia la distribución de las cuencas aportante que tiene influencia dentro del área de estudio.

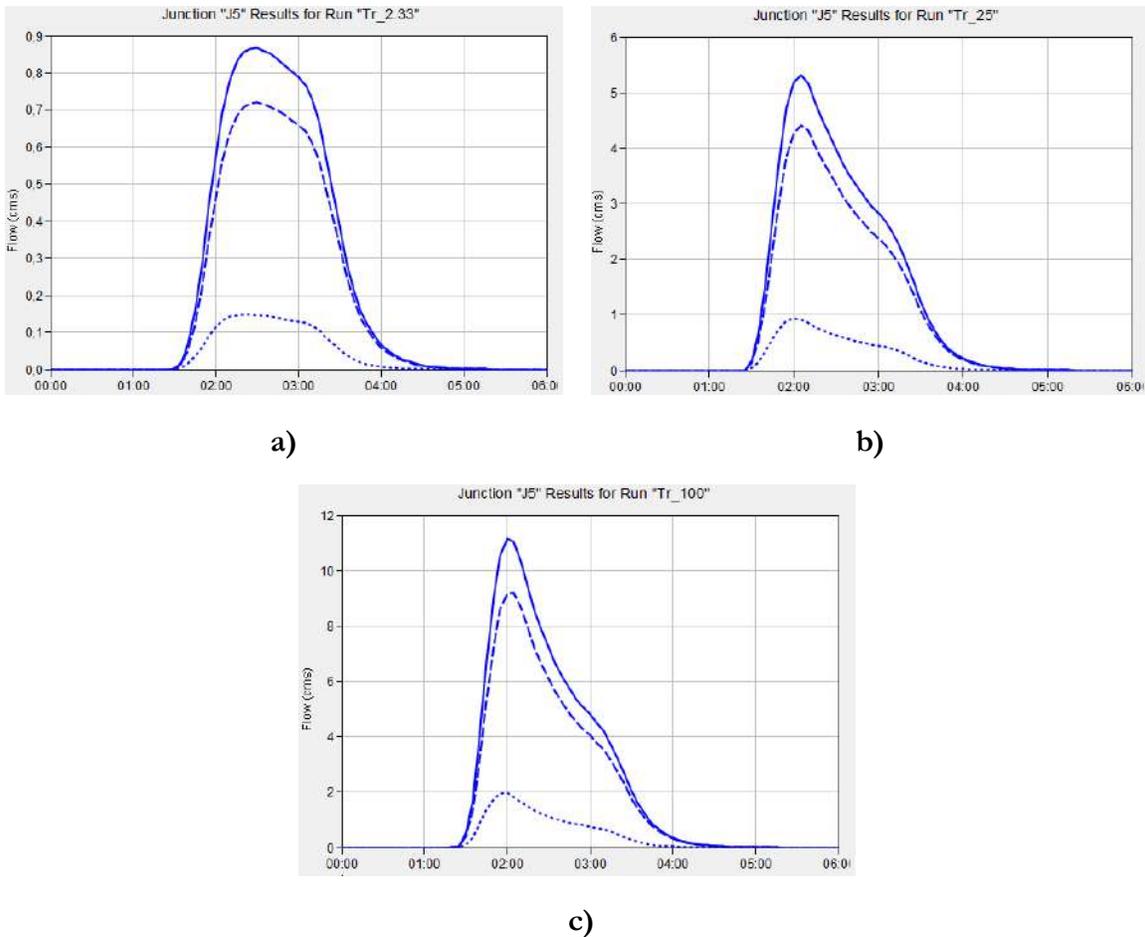


**Ilustración 41** Modelo HEC-HMS cuencas aportante zona rural.

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

Los hidrogramas generados para la corriente de la Quebrada del Campo, generaron volúmenes para los periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años respectivamente de 4.831, 11.209 y 47.454 m<sup>3</sup>, con caudales picos de 0.87, 5.32, y 11.14 m<sup>3</sup>/s, que acorde a las características de las cuencas

aportantes se pueden presentar en un periodo de aproximadamente 2 horas y 30 minutos para periodos de menor ocurrencia y hasta en 2 horas para periodos de 100 años una vez se inicia el periodo de precipitación máxima. **Capítulo 1. Numeral 1.4.7.11. Régimen hidrológico**

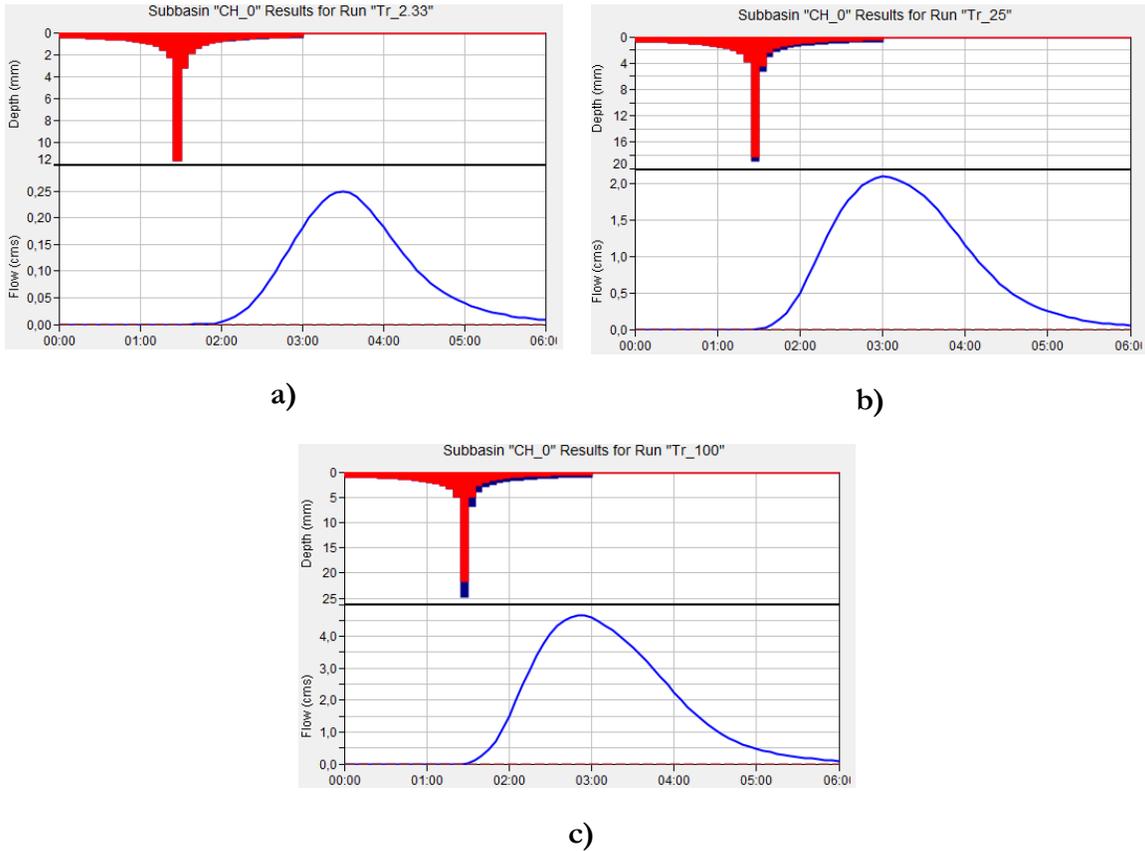


**Ilustración 42** Hidrogramas de las cuencas aportantes Quebrada del Campo para periodos de retorno de: (a) 2.33 años. (b) 50 años. (c) 100 años.

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

Los hidrogramas generados para la corriente de la Quebrada Pozo Hondo, generaron volúmenes para los periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años respectivamente de 1.498, 6.839 y 14.969 m<sup>3</sup>, con caudales picos de 0.25, 2.10, y 4.65 m<sup>3</sup>/s, que acorde a las características de las cuencas aportantes se pueden presentar en un periodo de aproximadamente 3 horas y 30 minutos para

periodos de menor ocurrencia y hasta en 2 horas y 55 minutos para periodos de 100 años una vez se inicia el periodo de precipitación máxima.

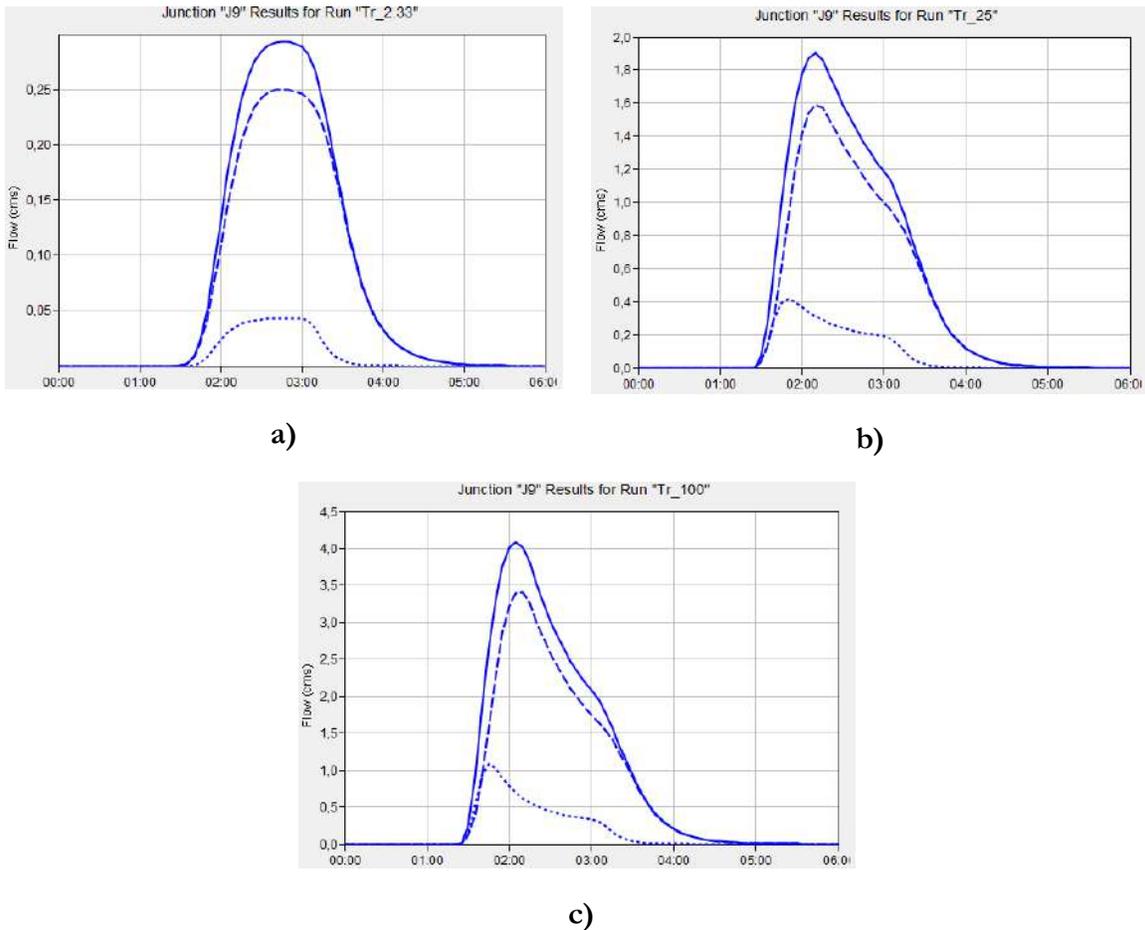


**Ilustración 43** Hidrogramas de las cuencas aportantes Quebrada Pozo Hondo para periodos de retorno de: (a) 2.33 años. (b) 50 años. (c) 100 años.

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

Sobre la zona del cerro de Las Manas, se tiene un cuerpo sin identificación, denominado por la comunidad como la Quebrada Manas; corriente que tiene su nacimiento sobre la zona montañosa de la Vereda Chuntame y descarga en el Río Bogotá, presentado interrupciones a lo largo del cauce por intervenciones antrópicas. Se tienen volúmenes para los periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años respectivamente de 1.604, 8.351 y 16.699 m<sup>3</sup>, con caudales picos de 0.29, 1.90, y 4.08 m<sup>3</sup>/s, que acorde a las características de las cuencas aportantes se pueden presentar en un periodo de aproximadamente 2 horas y 45 minutos para periodos de menor ocurrencia y hasta en

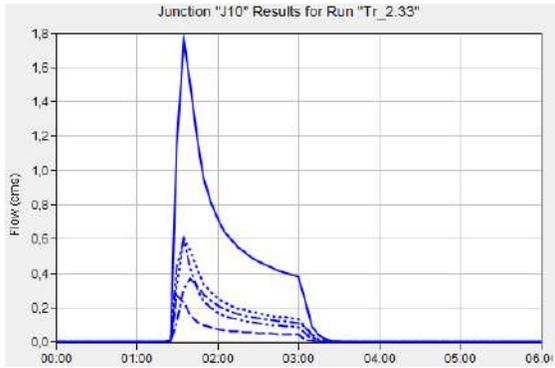
2 horas y 5 minutos para periodos de 100 años una vez se inicia el periodo de precipitación máxima. **Capítulo 1. Numeral 1.4.7.11. Régimen hidrológico**



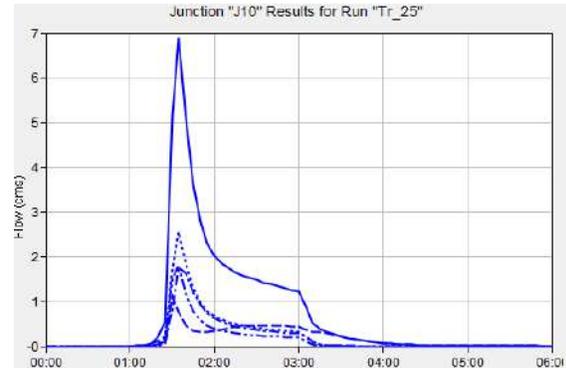
**Ilustración 44** Hidrogramas de las cuencas aportantes Quebrada Manas para periodos de retorno de: (a) 2.33 años. (b) 50 años. (c) 100 años.

**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2019)

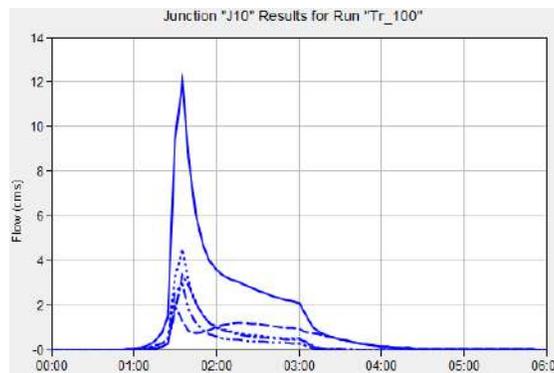
Los hidrogramas generados para el sistema de corrientes que descargan sobre la canalización que se conecta con el Río Frio, compuesta por las cuencas 6, 32, 33, 34, 35, 36 y 39, generan volúmenes para los periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años respectivamente de 3.610, 12.593 y 22.644 m<sup>3</sup>, con caudales picos de 1.75, 6.9, y 12.0 m<sup>3</sup>/s, que acorde a las características de las cuencas aportantes se pueden presentar en un periodo de aproximadamente 1 hora y 35 minutos para cualquier periodos de retorno una vez se inicia el periodo de precipitación máxima.



a)



b)



c)

**Ilustración 45** Hidrogramas de las cuencas aportantes canalización longitudinal hasta Río Frío para periodos de retorno de: (a) 2.33 años. (b) 50 años. (c) 100 años.

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

Sobre la zona noroccidental de la Vereda Chuntame se identifican un sistema de drenajes que descargan sobre la parte rural del municipio (Cuencas CH\_13 a CH\_27, ver **Tabla 14**). Estas áreas de drenaje tienen volúmenes que van desde los 8 a 4.136 m<sup>3</sup>, 2.748 a 14.811 m<sup>3</sup> y 7.737 a 25.833 m<sup>3</sup> para los periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años respectivamente. Los caudales picos máximos presentes en la zona son de 0.20, 1.14, y 2.20 m<sup>3</sup>/s, para los periodos de retorno seleccionados.

En las **Tabla 14** se presentan los resultados de los caudales picos y volúmenes de los hidrogramas para cada uno de las cuencas y elementos hidrológicos dentro del modelo hidrológico.

**Tabla 14.** Resultados HEC-HMS zona rural Cajicá-Cundinamarca. ( $T_r=2.33, 25$  y  $100$  años).

Elemento hidrológico	Área de drenaje (km <sup>2</sup> )	T100		T25		T2.33	
		Caudal pico (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (1000 m <sup>3</sup> )	Caudal pico (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (1000 m <sup>3</sup> )	Caudal pico (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (1000 m <sup>3</sup> )
CH_0	2,152229	4,6535	14,9687	2,1009	6,8390	0,2501	0,6959
CH_6	0,583286	0,9820	9,4283	0,3463	3,4700	0,0059	0,0301
CH_7	1,842379	9,2001	21,5079	4,4128	11,1886	0,7201	2,1844
CH_8	0,250757	1,0804	14,1138	0,4180	6,6308	0,0432	0,7940
CH_9	0,911997	3,4017	17,4108	1,5910	8,8241	0,2501	1,5409
CH_10	0,360971	1,9652	21,6878	0,9343	11,3131	0,1480	2,2337
CH_11	0,431703	5,2597	27,9320	2,6867	15,7583	0,4776	4,1687
CH_12	0,173349	1,5478	22,1906	0,6826	11,6621	0,0884	2,3735
CH_13	0,21163	1,3506	18,3381	0,5986	9,4580	0,0759	1,7816
CH_14	0,122929	1,1226	20,8856	0,5355	11,2338	0,0728	2,5040
CH_15	0,065114	0,7089	20,2607	0,3198	10,7938	0,0369	2,3189
CH_16	0,196963	2,1998	24,7727	1,1441	14,0310	0,2041	3,7622
CH_17	0,20213	1,7191	20,4580	0,7885	10,9324	0,1078	2,3768
CH_19	0,223711	1,6049	18,8489	0,6980	9,8102	0,0894	1,9195
CH_20	0,196128	1,8684	23,2335	0,9166	12,9114	0,1557	3,2427
CH_21	0,117174	0,2302	7,7367	0,0654	2,7475	0,0008	0,0078
CH_22	0,139972	0,2950	8,0091	0,0837	2,9001	0,0018	0,0163
CH_23	0,28917	1,9629	20,1814	0,9063	10,7381	0,1373	2,2958
CH_24	0,229235	1,5672	19,8995	0,7219	10,5407	0,1049	2,2142
CH_25	0,218481	1,3023	18,0430	0,5635	9,2555	0,0737	1,7037
CH_26	0,15425	1,3607	25,8332	0,7158	14,8110	0,1522	4,1356
CH_27	0,269702	1,5656	16,9723	0,6627	8,5268	0,0767	1,4315
CH_28	0,714775	3,6584	18,5390	1,7010	9,5962	0,2485	1,8354
CH_29	0,47708	1,5652	13,9185	0,6403	6,5042	0,0778	0,7557
CH_30	0,055039	0,1372	9,8837	0,0453	3,9880	0,0031	0,1476
CH_31	0,08254	0,4684	14,9545	0,1729	7,1804	0,0166	0,9671
CH_32	0,034493	1,1509	41,5518	0,6937	26,1762	0,2051	9,6963
CH_33	0,016013	0,4371	34,3631	0,2409	20,5635	0,0474	6,5686
CH_34	0,01574	0,3426	28,8941	0,1696	16,4633	0,0259	4,5028
CH_35	0,114584	2,9169	42,2238	1,8074	26,7132	0,5952	10,0122
CH_36	0,204343	3,3353	31,6179	1,7690	18,4862	0,3713	5,4968
CH_37	0,028908	1,0667	44,1584	0,6601	28,2706	0,2157	10,9441

Elemento hidrológico	Área de drenaje (km <sup>2</sup> )	T100		T25		T2.33	
		Caudal pico (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (1000 m <sup>3</sup> )	Caudal pico (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (1000 m <sup>3</sup> )	Caudal pico (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (1000 m <sup>3</sup> )
CH_38	0,053129	1,4434	42,0437	0,8680	26,5691	0,2686	9,9271
CH_39	0,219652	4,4976	34,9052	2,5586	20,9781	0,6039	6,7883
CH_40	0,082092	0,6834	19,4306	0,3124	10,2136	0,0380	2,0808
CH_41	0,073185	0,7554	19,7028	0,3430	10,4033	0,0380	2,1579

### 3.1.6 RESULTADOS MODELACIÓN ZONA RURAL

A continuación, se presentan los resultados de profundidades y velocidades de flujo de la zona rural del municipio de Cajicá y sus veredas Río Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón.

- Sobre la Vereda Calahorra la mayor afectación que se da producto del desbordamiento del Río Bogotá sector sur oriental del municipio, área principalmente de actividad agropecuaria tradicional y actividad residencial suburbana donde se alcanzan profundidades en las láminas de agua de hasta 0.7 m con velocidades de aproximadamente 3.9 m/s para Tr=2.33; para 25 y 100 años se tienen valores de 0.7 m extendiéndose el área de afectación con velocidades que superan los 4.5 m/s, pero que se encuentra adyacente al cauce sin displayarse más allá de la ronda hídrica normativa (30 metros respecto al centro del cauce).
- Aguas arriba, sobre el humedal de Chunuguá el cual tiene una alta transformación debido a actividades antrópicas con la construcción de viviendas multifamiliares sobre el occidente del humedal, actividades agropecuarias y canales asociados a estas actividades, siendo los pastos limpios la cobertura más estable. Estos cambios han generado afectaciones sobre el área de influencia del humedal, el cual hace parte de la zona de ronda del río Bogotá, y cumple su función de amortiguador de inundaciones y crecientes del río. Se tiene resultados de profundidades de oscilan entre 0.3 a 0.7 m, y velocidades de hasta 1.1 m/s para Tr=2.33. Para periodo de 25 y 100 años se llegan a velocidades de hasta 2 m/s y profundidades de 0.7 m.
- Se tiene afectación sobre la Vereda Río Grande, zona colindante del Río Bogotá, en el sector de los condominios campestres Hatogrande a lo lago de la vía Cajicá-Hatogrande predio La Balsa, donde inicialmente el cuerpo de agua era un vallado, el cual con el tiempo

 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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

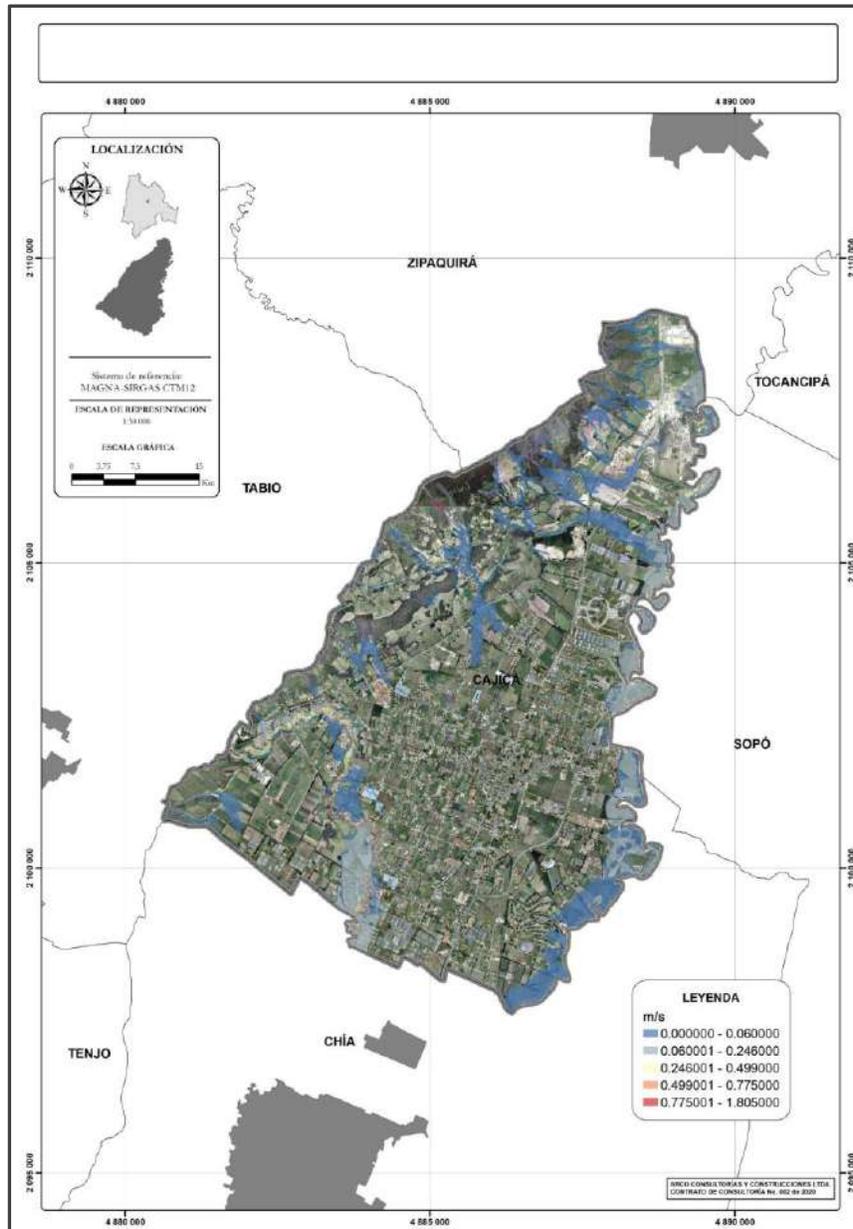
aumentó su ancho hasta adquirir características de humedal presentado una alta colmatación de material vegetal en su cauce y por todo su recorrido, lo que produce un estancamiento en temporadas invernales debido a la precipitación y captación de la escorrentía provenientes de la vía. Se tienen profundidades de hasta 1.0 m y velocidades de flujo de 0.8 m/s, para  $Tr=2.33$  años; profundidades de 1.7 m y velocidades de flujo de 0.9 m/s para  $Tr=25$  años y profundidades de 1.8 m y velocidades de flujo de 1.0 m/s para  $Tr=100$  años.

- Se tiene afectación en los humedales Río Grande 1, 2 (1 y 2) y 3 (1 y 2), ubicados en la curva del Río Bogotá al oriente y por una elevación artificial al occidente. Son humedales que se encuentran en la llanura de inundación del Río Bogotá, por lo que se tienen profundidades de oscilan entre 0.3 a 0.7 m, y velocidades de hasta 1.1 m/s para  $Tr=2.33$ . Para periodo de 25 y 100 años se llegan a velocidades de hasta 2 m/s y profundidades de 0.7 m.
- Sobre la zona de los sectores de Puerta Sol y Capellania se tiene confluencia de un cauce sin identificación, con profundidades de hasta 1.0 m y velocidades de flujo de 0.8 m/s, para  $Tr=2.33$  años; profundidades de 1.7 m y velocidades de flujo de 0.9 m/s para  $Tr=25$  años y profundidades de 1.8 m y velocidades de flujo de 1.0 m/s para  $Tr=100$  años.
- Al occidente del municipio de Cajicá sobre la Vereda de Chuntame, se tiene la zona montañosa del municipio con los cerros de Las Manas, Monte Pincio, Cerro Cruz Verde y la Cuchilla San Jorge. Aunque aguas arriba no se generaría amenaza por inundación, estas cuencas aportantes contribuyen a generar problemas de inundación sobre los sectores de bajas pendientes. Se tiene corrientes como la Quebrada del Campo, donde se registran profundidades de hasta 1.0 m y velocidades de flujo de 0.8 m/s, para  $Tr=2.33$  años; profundidades de 1.7 m y velocidades de flujo de 0.9 m/s para  $Tr=25$  años y profundidades de 1.8 m y velocidades de flujo de 1.0 m/s para  $Tr=100$  años.
- Aguas abajo de la Quebrada del Campo, se tiene conexión de varios afluentes que descargan sobre un canal artificial, dispuesto antrópicamente para transportar dicha escorrentía hasta su conexión con el Río Frio. Este canal se encuentra longitudinal a la vía con resultados de profundidades que oscilan entre 0.3 a 0.7 m, y velocidades de hasta 1.1 m/s para  $Tr=2.33$ . Para periodo de 25 y 100 años se llegan a velocidades de hasta 2 m/s y profundidades de 0.7 m.



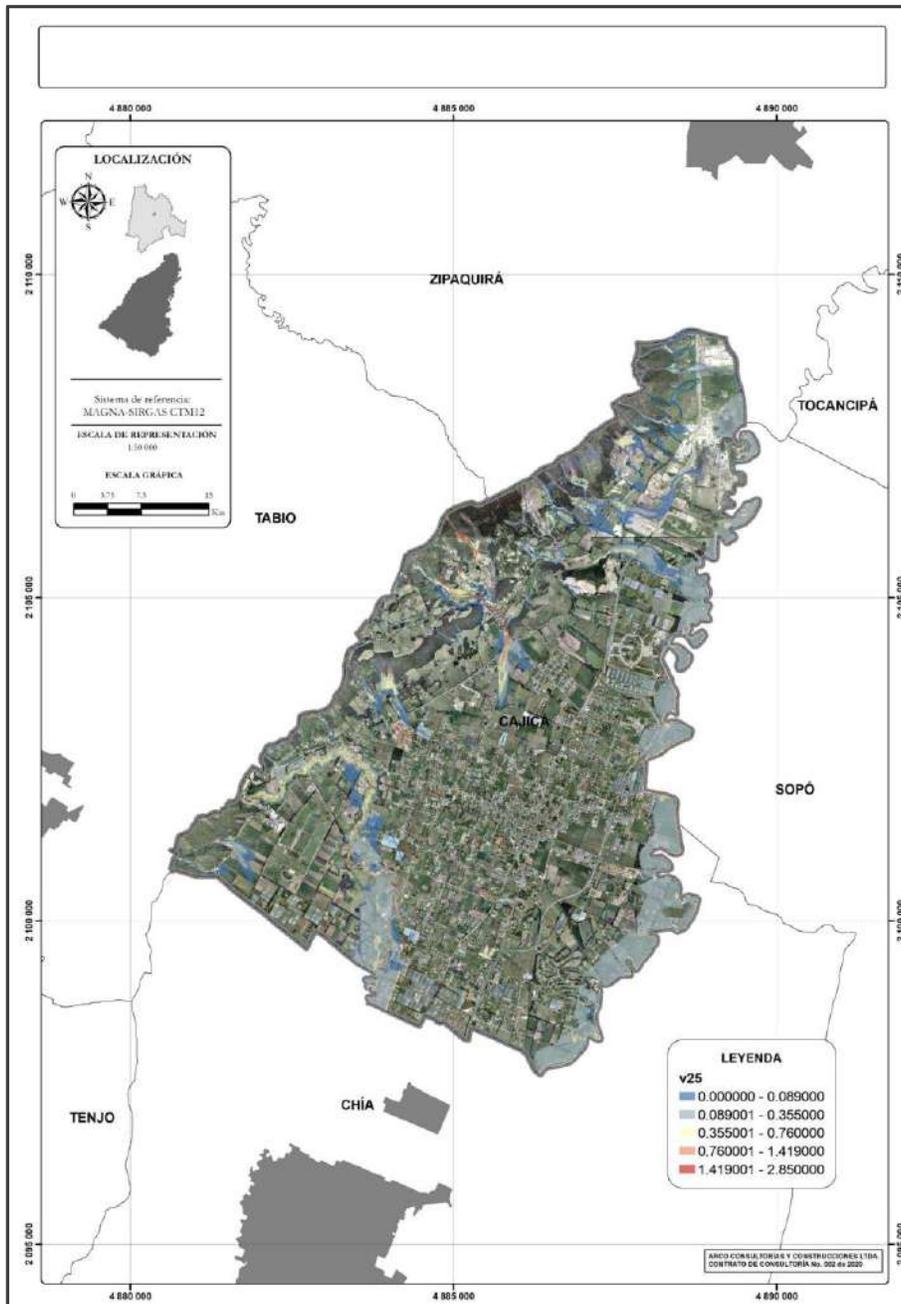
- Sobre los límites con la Vereda Rio Grande se presenta problemas en el sistema de alcantarillado debido a que estos son canalizados con condiciones hidráulicas que no son adecuadas para los niveles de escorrentía generados, además de la construcción de viviendas sobre la ronda de protección de los cauces, generando obstrucción y problemas de inundación con profundidades que alcanzan hasta 1.0 m y velocidades de flujo de 0.8 m/s, para  $Tr=2.33$  años; profundidades de 1.7 m y velocidades de flujo de 0.9 m/s para  $Tr=25$  años y profundidades de 1.8 m y velocidades de flujo de 1.0 m/s para  $Tr=100$  años.
- Hacia el casco urbano del municipio en el sector de Siete Vueltas se tiene la Quebrada Campo la cual ahora se encuentra constituida como un sistema de vallados, los cuales para el 2011 y 2019 registraron inundaciones, convirtiéndose en una zona de riesgo latente.
- Por último, los resultados en la Vereda Canelón, los resultados de amenaza se concentran en desbordamientos del Río Frío donde se alcanzan profundidades en las láminas de agua de hasta 0.7 m con velocidades de aproximadamente 3.9 m/s para  $Tr=2.33$ ; para 25 y 100 años se tienen valores de 0.7 m extendiéndose el área de afectación con velocidades que superan los 4.5 m/s, pero que se encuentra adyacente al cauce sin displayarse más allá de la ronda hídrica normativa (30 metros respectos al centro del cauce).

### 3.1.6.1 Resultados velocidades máximas



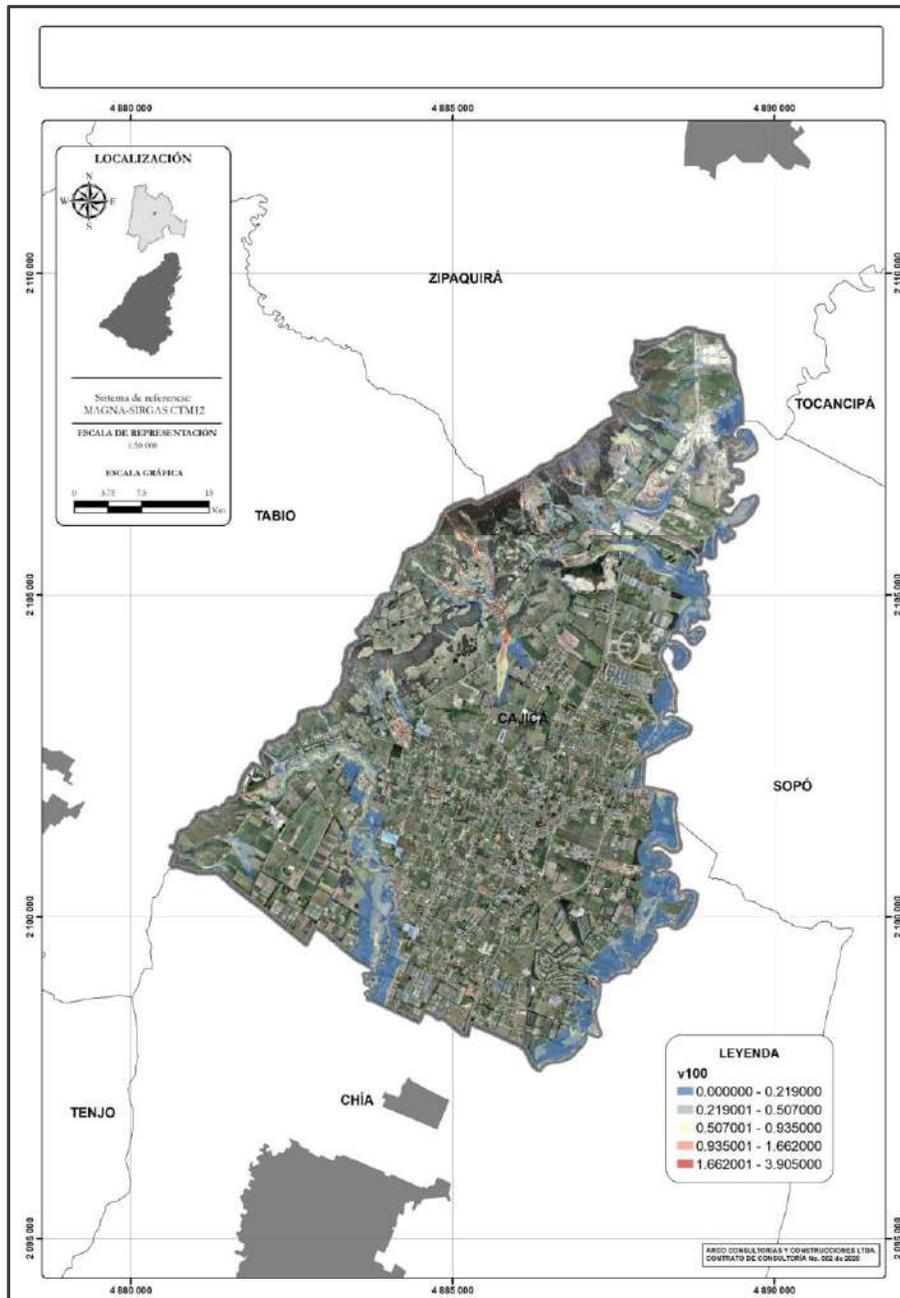
**Ilustración 46** Resultados velocidades de flujo ( $T_r=2.33$  años) zona rural de Cajicá (Veredas Rio Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón)

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



**Ilustración 47** Resultados velocidades de flujo (Tr=25 años) zona rural de Cajicá (Veredas Rio Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón).

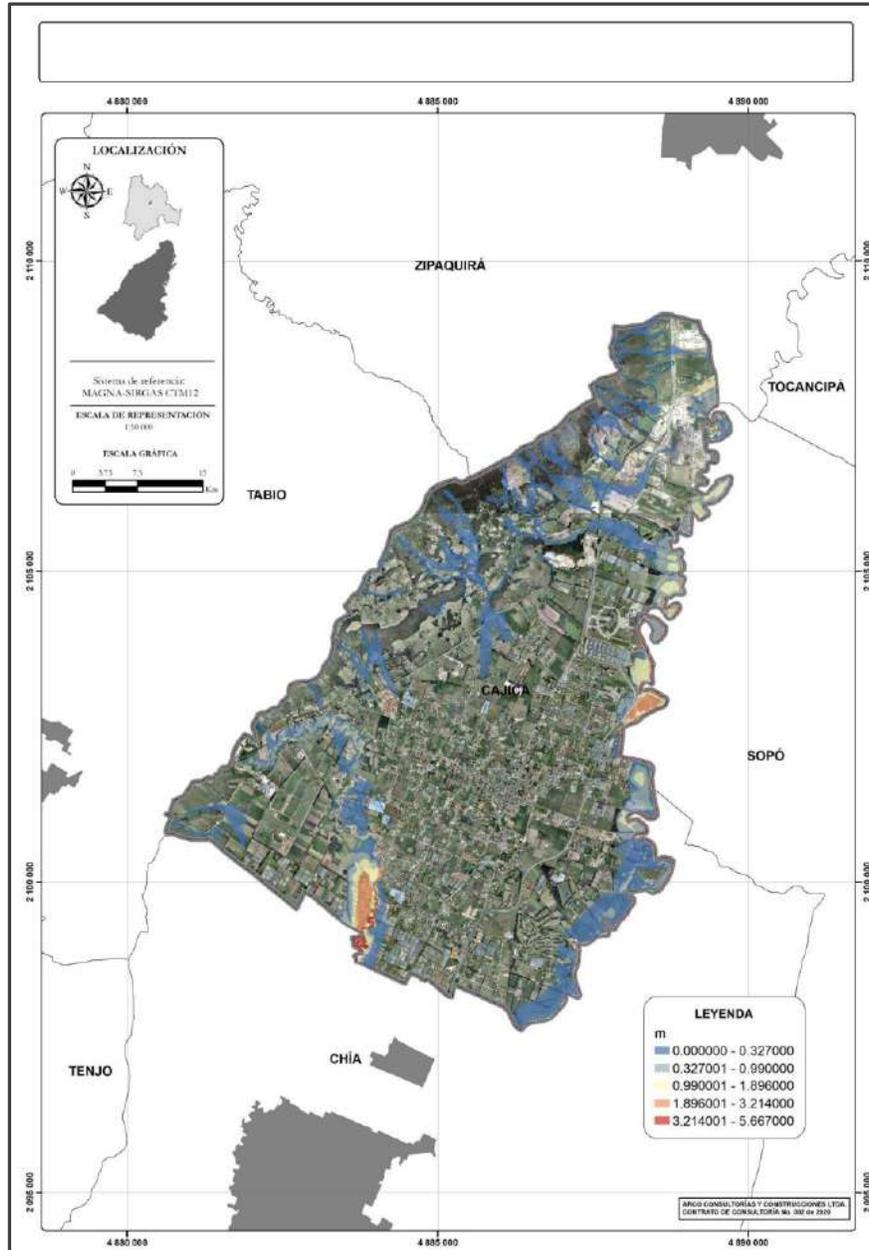
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)



**Ilustración 48** Resultados velocidades de flujo (Tr=100 años) zona rural de Cajicá (Veredas Rio Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón)

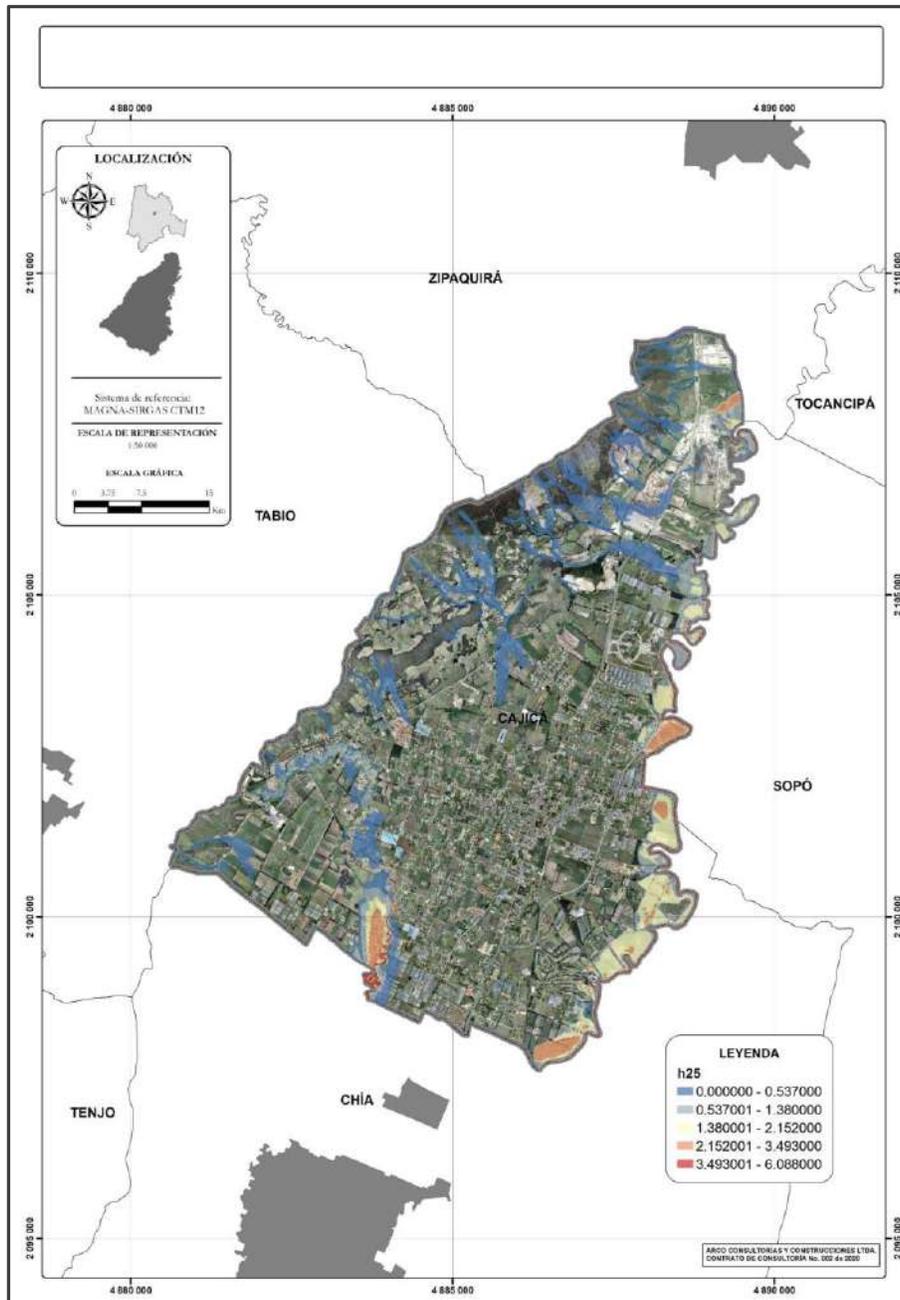
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

### 3.1.6.2 Resultados profundidades máximas



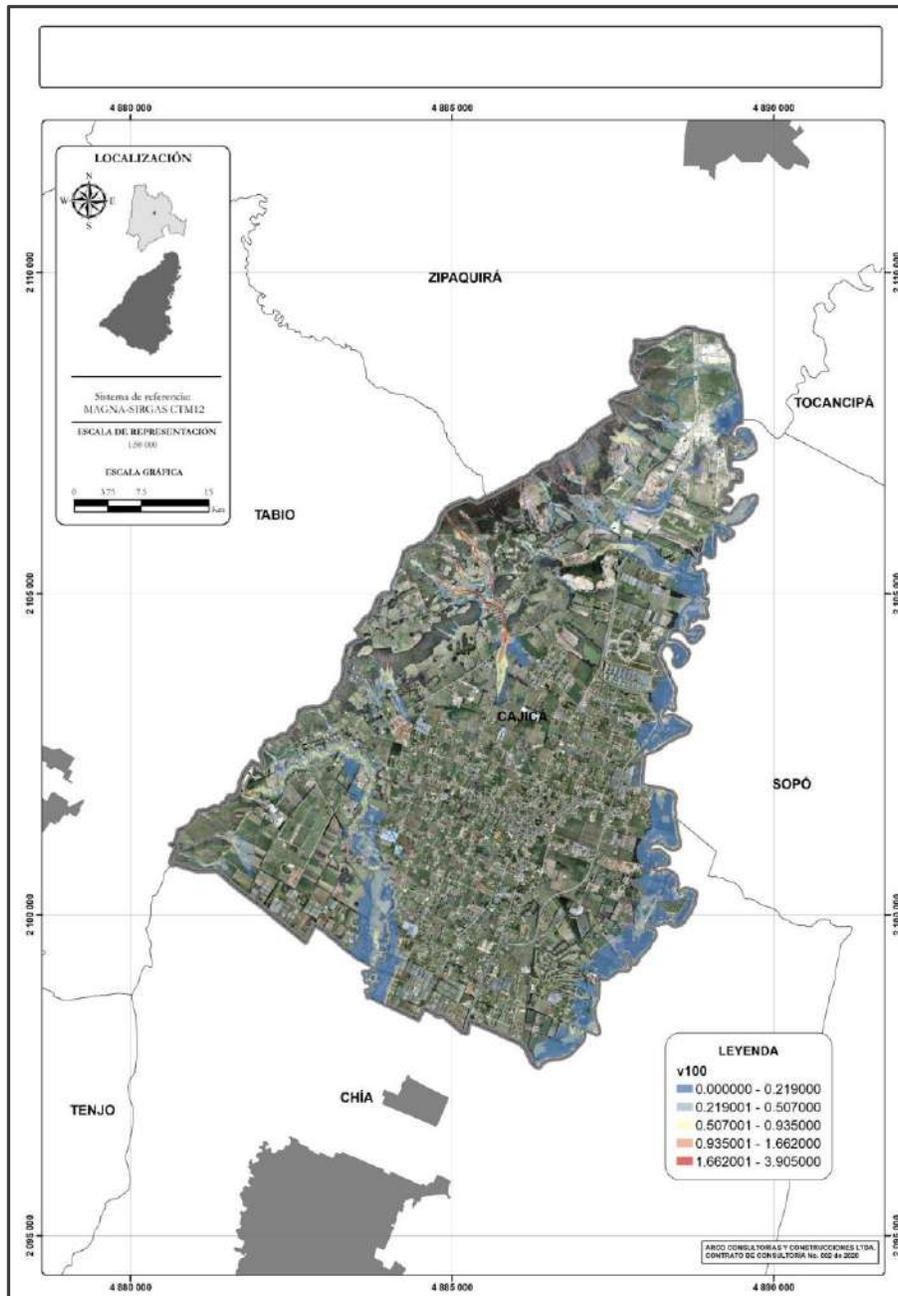
**Ilustración 49** Resultados profundidad de flujo ( $T_r=2.33$  años) zona rural de Cajicá (Veredas Rio Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón).

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



**Ilustración 50** Resultados profundidad de flujo ( $T_r=25$  años) zona rural de Cajicá (Veredas Rio Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón).

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



**Ilustración 51** Resultados profundidad de flujo ( $Tr=100$  años) zona rural de Cajicá (Veredas Rio Grande, Calahorra, Chuntame y Canelón).

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



### 3.1.7 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INUNDACIONES

#### 3.1.7.1 Categorización de la amenaza

La categorización de la amenaza por inundación se basó en la metodología suiza<sup>4</sup> y los valores presentados en el Plan Municipal de la Gestión del Riesgo (PMGR, 2019), la cual tiene como fundamento la relación de la intensidad en términos de la profundidad máxima del agua, la velocidad, y la probabilidad de ocurrencia o periodos retorno seleccionados. Para el presente estudio se evaluaron los rangos expuestos en la **Tabla 14** con base a la observación de los resultados arrojados por los modelos hidrológicos e hidráulicos, además de una revisión del inventario de eventos asociados a inundaciones donde se exponen las diferentes alturas de láminas que se han presentados, lo cual permite un ajuste a los rangos de las intensidades.

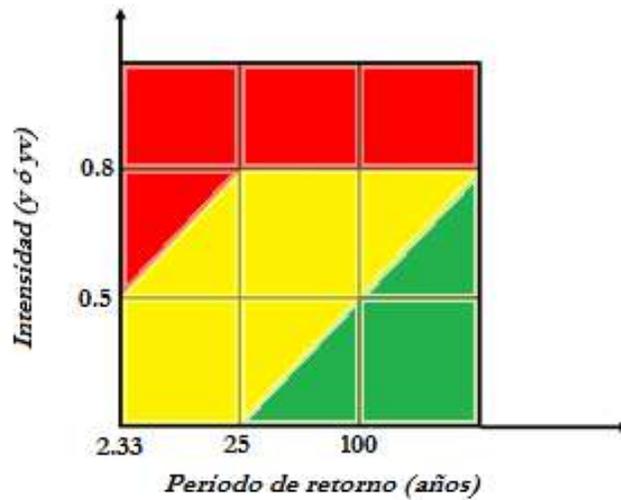
**Tabla 15.** Valores de intensidades para categorización de la amenaza por inundación.

	Profundidad máxima y (m)	Producto de la máxima profundidad (y) x Velocidad máxima (v) m <sup>2</sup> /s	Condicionales
<b>ALTA</b>	$y \geq 1.0$	$v \geq 2.0$	Cualquiera de las dos condiciones que se presente.
<b>MEDIA</b>	$0.5 \leq y \leq 1.0$	$1.5 \leq v \leq 2.0$	
<b>BAJA</b>	$0.05 \leq y \leq 0.5$	$v < 1.5$	Las dos condiciones se deben cumplir.

**Fuente:** Modificada del documento: Hazard maps and related instruments.

Una vez establecidos los valores de intensidad y frecuencia, se toma como referencia la matriz suiza, en la que se determinan los diferentes grados de amenazas, ajustando la gama de colores que representarán el nivel de amenaza, definiendo el color rojo como una zona de amenaza alta, el color amarillo a la zona de amenaza media y el color verde a la zona de amenaza baja por inundación.

<sup>4</sup> VADEMECUM Hazard maps and related instruments. The Swiss system an its application abroad. Capitalisation of experience. PLANAT. Bern. May 2005.



**Ilustración 52** Matriz amenaza por inundación.

**Fuente:** Modificada del documento: Hazard maps and related instruments.

Expresando los valores de las intensidades de la **Tabla 15** y la distribución de la matriz de la **Ilustración 62**, se tiene la siguiente clasificación de la amenaza para cada uno de los periodos de retorno, tomando como insumos, los resultados de las profundidades y velocidades máximas arrojadas por el software FLO 2D.

**Tabla 16.** Categorización de la amenaza por inundación.

<b>ALTA</b>	TR2.33	$y \geq 1.0$	o	$v \geq 2.0$
	TR25			
	TR100			
<b>MEDIA</b>	TR2.33	$0.5 \leq y \leq 1.0$	o	$1.5 \leq v \leq 2.0$
	TR25			
	TR100	$0.05 \leq y \leq 0.5$	y	$v < 1.5$
	TR2.33			
<b>BAJA</b>	TR25	$0.05 \leq y \leq 0.5$	y	$v < 1.5$
	TR100			

**Fuente:** Modificada del documento: Hazard maps and related instruments.

**Tabla 17.** Categorización de la amenaza por Inundación.

Categoría	Significado
<b>Alta</b>	Esta amenaza corresponde a la representación del cauce del río y una aproximación de zonas afectadas por hidrogramas o desbordamiento correspondiente a áreas adyacente que presenta geoformas de llanura de inundación, terrazas bajas, rellenos antrópicos, barras puntuales y plano anegadizo o lacustrino que generan niveles de más de 0.5 m o la velocidad máxima excede los 1.5 m/s para periodos de retorno de 2.33, además de presentar valores mayores de profundidades de 1.0 m y velocidades de más de 2.0 m/s para periodos de retorno de 25 y 100 años.
<b>Media</b>	Esta amenaza corresponde en hidráulica al resultado de eventos que generan tirantes entre 0.5 a 1.0 m o velocidades máximas entre 1.5 a 2.0 m/s para periodos de retorno de 25 y 100 años, además de rangos entre 0.05 a 0.5 m de tirantes y valores de más de 1.5 m/s para la velocidad en periodos de 2.33 y 25 años. Topográficamente pertenece a cotas con relieves relativos mayores respecto al cauce, pero con pendientes bajas, conformando planicies lacustritas y rellenos antrópicos.
<b>Baja</b>	Categorización hidráulica de las corrientes que para un periodo de retorno de 100 años los tirantes se encuentran en un rango entre 0.05 a 0.5 m y valores menores de 1.5 m/s para la velocidad. Conformado por las planicies lacustres, abanicos coalescentes y otras unidades de otros ambientes que no tiene relación con la dinámica fluvial y pluvial del área.

Fuente: Evaluación y Zonificación de riesgos por inundación.

### 3.1.1.1. Mapa de amenaza por inundación del municipio de Cajicá.

Como se evidencia en el **Gráfico 2**, el municipio de Cajicá en la mayoría del territorio cuenta con zona de baja susceptibilidad a presentar escenarios de inundación por las condiciones topográficas, hidrológicas y geomorfológicas con un 83.32% correspondiente una parte a las zonas montañosas cuyas pendientes son escarpadas lo cual facilita los procesos de escorrentía por encima de los de infiltración, con órdenes de drenajes inferiores (drenajes nacientes) que manejan cuencas aferentes pequeñas, con suelos con granulometrías medias, y precipitaciones por debajo de la media, y cuyo relieve no es conformado por la dinámica fluvial. Además de las zonas planas, categorizadas geomorfológicamente como un ambiente fluvial y lagunar definida como una planicie y delta lacustre, superficie extensa de aspecto aterrizado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de varios metros de altura; su origen



está relacionado al desplazamiento lateral del cauce del Río Bogotá y Río Frio dentro de la llanura aluvial.

Las zonas de amenaza alta corresponden a un 8.74 % de su territorio, ubicándose específicamente en los cauces de los Río Bogotá, Río Frio, Quebrada El Campo afluente identificado como Manas y el sistema de vallados distribuido por las diferentes veredas del municipio de Cajicá.

Al georreferenciar los eventos históricos indicados en la **Ilustración 12** se puede apreciar la coherencia entre los resultados hechos en la demarcación del mapa de amenaza en Cajicá y los eventos registrados por la UNGRD (Unidad de Gestión de Riesgo de Desastres) y especializados por Arco Consultorías y Construcciones Ltda, como antecedentes de inundación en el municipio de estudio.

El 74.69% del área de modelación evaluado para la zona rural de Cajicá corresponde geomorfológicamente a un ambiente fluvial y lagunar, característico de zonas cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando pierden capacidad de arrastre tanto en épocas de grandes inundaciones, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante épocas de estiaje. Sobre la zona noroccidental se tiene abanicos aluviales con superficies onduladas debido a que sobre esta zona se encuentra el área montañosa del casco urbano, con pendientes el orden de 1° a 5°, aunque pueden alcanzar 10° cerca de los ápices de los abanicos. Se presentan afectaciones sobre el sistema de vallados que se conectan y por presiones hidrostáticas sobrepasan los límites hidráulicos de las estructuras provocando desbordamientos sobre zonas residenciales.

Sobre los cauces del Río Bogotá y Río Frio se tiene cauces aluviales de tipo meándrico o divagante, como producto del cambio súbito de la dirección del flujo, los cuales generan lagunas y rápidos cuando recorren grandes distancias, generando planos anegadizos como se presenta sobre el Río Bogotá, con zonas casi planas e irregulares de pendiente suave, producto del mal drenaje lo que genera encharcamientos como se evidencia sobre el humedal de Chunuguá y demás cuerpo de agua identificados. Sobre las rondas de estas corrientes principales se tiene las llanuras de inundación, superficie de morfología cóncava a plana, baja, ondulada, frecuentemente inundable como se aprecia en los resultados con categorías de amenaza.

A causa de estas llanuras de inundación, se generan lagunas, lagos en media luna y meandros abandonados, formados a partir de las condiciones ambientales donde se localice y a su grado de colmatación (acumulación de sedimentos). Las lagunas de origen fluvial se relacionan con la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad, estas pueden permanecer incluso en épocas secas ya que son pobremente drenadas; los lagos en forma de U que se forma

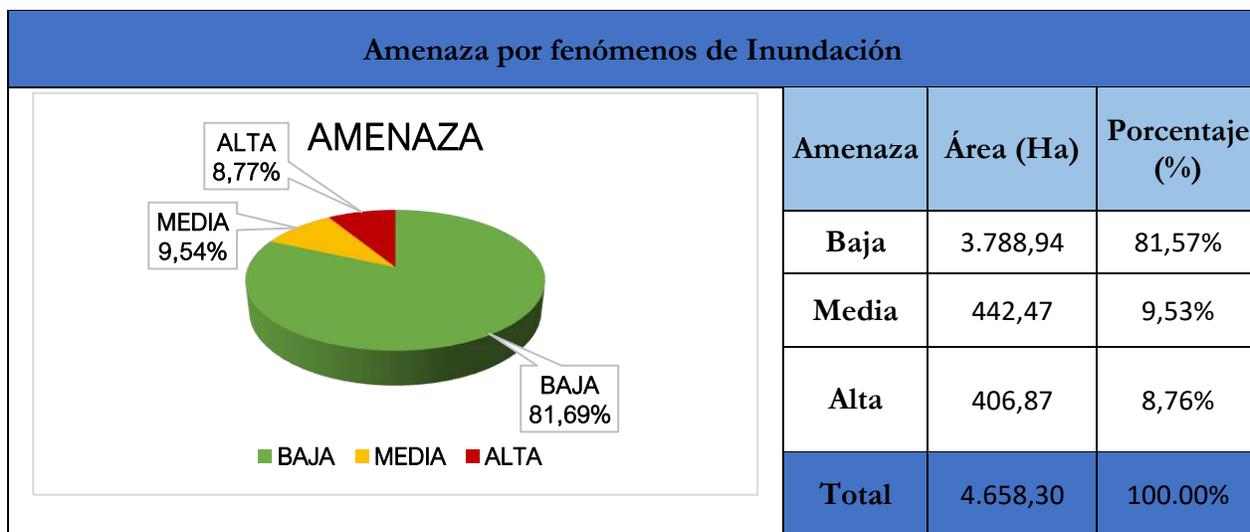


en el meandro abandonado de un canal fluvial, se originan por procesos dinámicos de acortamiento en un cauce, donde antiguos canales quedan rápidamente bloqueados y llegan a separar secciones de este. Mientras los meandros se por la migración lateral de la corriente hacia la parte contraria de la concavidad o por el corte de la zona más angosta entre dos curvas consecutivas, que generan el estrangulamiento de un meandro.

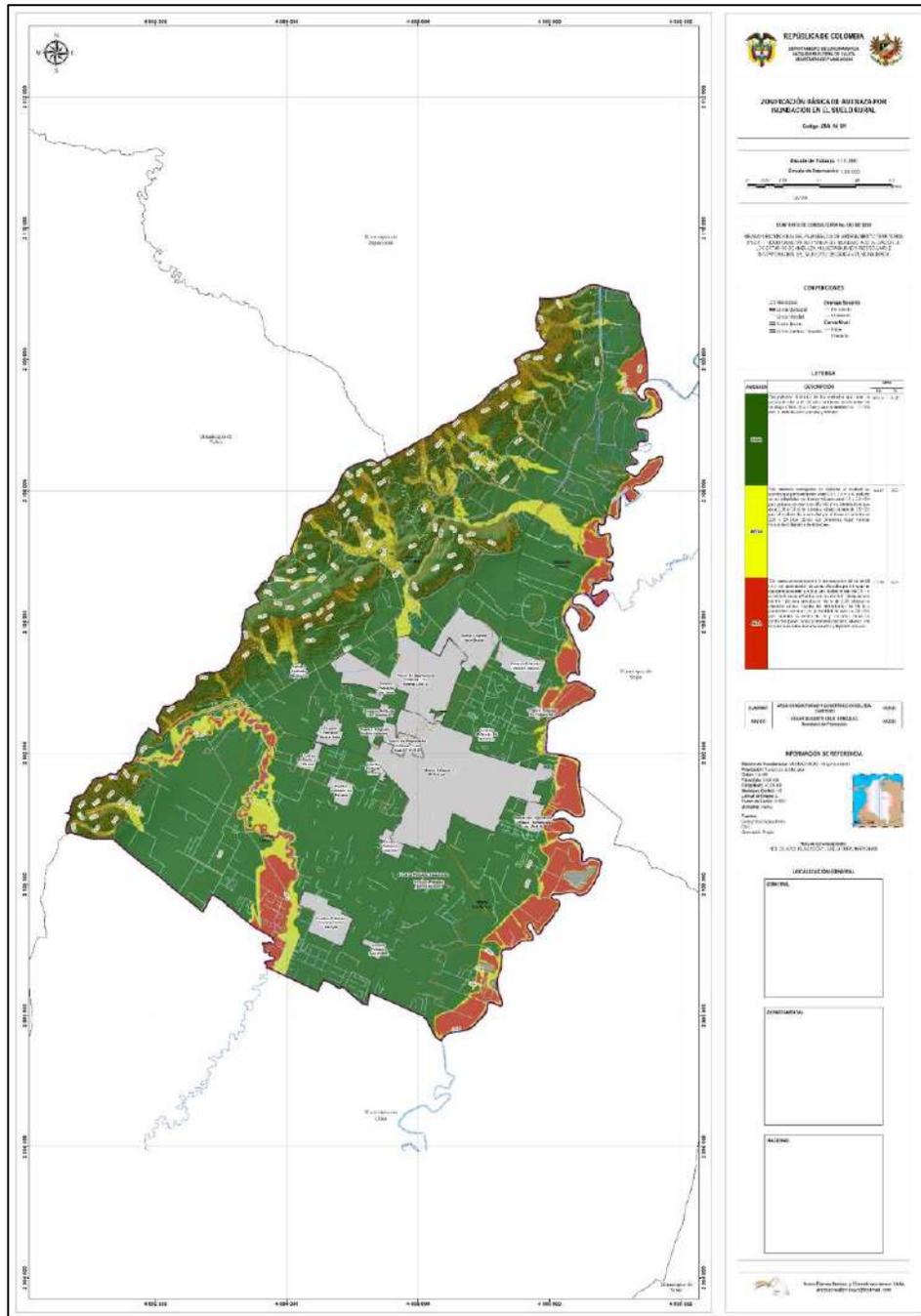
Gran parte de la zona rural definida por un ambiente fluvial y lagunar se define como una planicie y delta lacustre, superficie extensa de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de varios metros de altura; su origen está relacionado al desplazamiento lateral del cauce del Rio Bogotá y Rio Frio dentro de la llanura aluvial.

Seguido del ambiente fluvial y lagunar se tiene sobre la zona noroccidental el ambiente de origen estructural denudativo por procesos erosivos de moderada a baja intensidad y se caracterizan por su relieve montañoso a colinado de pendientes abruptas y escarpadas localmente, lo que deja valles amplios colmatados posteriormente por sedimentos fluviales y lagunares que constituyen en la actualidad las amplias planicies, hoy localmente colonizadas.

**Gráfico 2.** Estadísticas de áreas y porcentajes de ocupación. Amenaza por inundación.



Fuente: Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022)



**Ilustración 53.** Zonificación de amenaza por inundación Cajicá-Cundinamarca.  
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022)



Por otra parte, cabe resaltar el ambiente antropogénico que representa el 1.5%, debido a la alta intervención del hombre sobre el terreno, con el principal objetivo de la construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías, modificando la morfología natural del terreno y por consiguiente del sistema de canales, vallados y demás drenajes, los cuales se conectan mediante estructuras hidráulicas sin la suficiente capacidad hidráulica para soportar la escorrentía generada en las épocas de eventos máximos, y en ocasiones dichos cuerpos se encuentran sin una descarga lo que produce represamientos como el caso del sector La Balsa , donde inicialmente el cuerpo de agua era un vallado, el cual con el tiempo aumentó su ancho hasta adquirir características de humedal presentado una alta colmatación de material vegetal en su cauce y por todo su recorrido, lo que produce un estancamiento en temporadas invernales debido a la precipitación y captación de la escorrentía provenientes de la vía.

### 3.1.8 COMPARACIONES

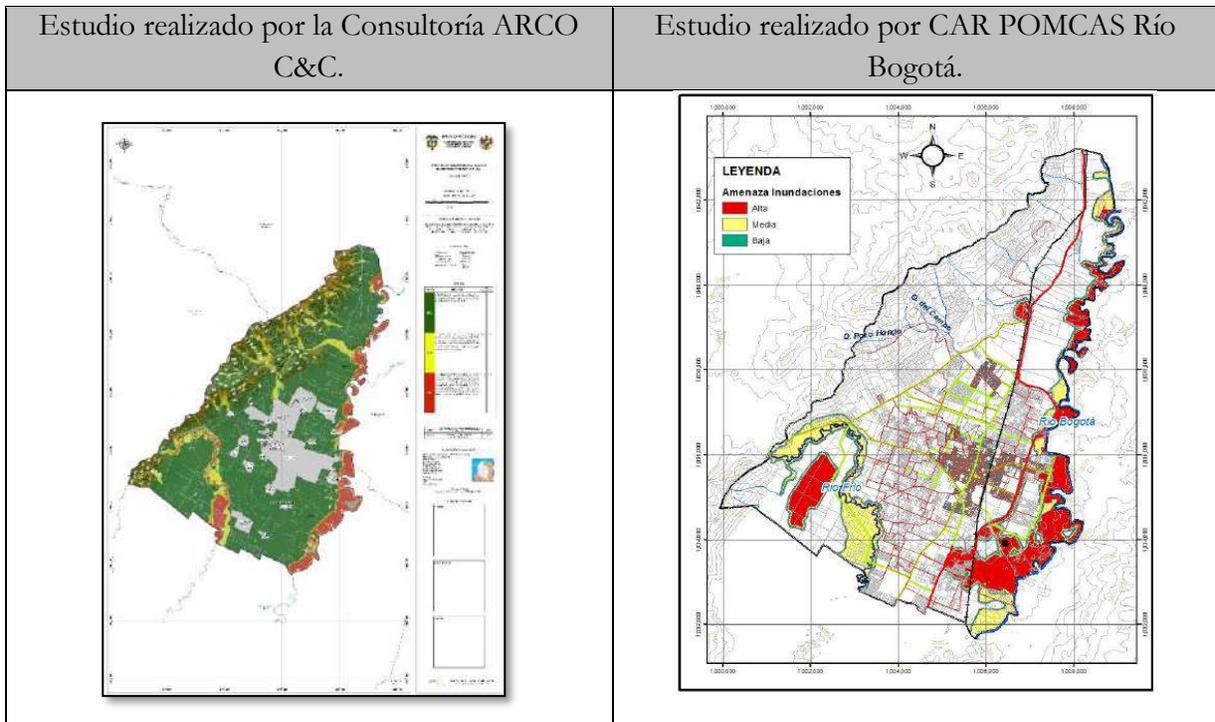
En este capítulo comparamos los estudios hechos con antelación por entes departamentales y gubernamentales de Cundinamarca. Como punto de partida se tiene el Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá (POMCA, 2019) donde los análisis de susceptibilidad y amenaza se basan fundamentalmente de criterios geomorfológicos e históricos, debido a que no se dispone de la información detallada para realizar modelación hidráulica, especialmente por la escala de trabajo a 1:25.000, por lo que las evaluaciones geomorfológicas bien contrastadas con datos de inundaciones permiten estimar las zonas de afectación. Las zonificaciones del municipio de Cajicá se establecieron mediante los siguientes criterios: 1) **Amenaza Alta:** geoformas asociadas a procesos activos como valles aluviales, planos de inundación, terrazas bajas, etc. Evidencias de inundaciones recientes o actividad fluvial reiterada, identificada en el análisis multitemporal y de eventos históricos con recurrencias menores o iguales a 15 años. 2) **Amenaza Media:** geoformas asociadas a procesos intermitentes, procesos erosivos o sedimentarios suavizados (microtopografía irregular con límites suavizados y de baja pendiente), además de eventos históricos con recurrencia mayor a 15 y hasta 100 años de periodo de retorno. 3) **Amenaza Baja:** áreas en las cuales se identifican eventos con periodos de retorno mayores a 100 años y hasta 500 años o mayores.

Para la zonificación del estudio de la consultoría ARCO C&C se contempla los criterios definidos en el Plan Municipal de la Gestión del Riesgo (PMGR), donde se toman los criterios de la profundidad de la lámina de agua y la velocidad de la corriente, lo cual definiría las siguientes



categorizaciones de la amenaza en el corto, mediano y largo plazo para periodos de retorno de 2.33, 25 y 100 años, como se detalla en el numeral 3.1.7.1 Categorización de la amenaza. Los resultados mediante modelaciones hidrológicas e hidráulicas tomando como insumos la información hidrológica actualizada, modelo digital del terreno aproximando a las condiciones hidráulicas de los cauces, canales y vallados existentes y parámetros asociados a la descripción del suelo, arrojarán resultados de mayor detalle que se ajustarán a las condiciones hidráulicas ante los eventos invernales presentados sobre la zona rural de Cajicá.

En cuanto a la distribución de las categorías la amenaza alta es similar en la zona de influencia del Río Bogotá con mayor incidencia sobre la zona de la Vereda Calahorra, sector sur oriental del municipio, área principalmente de actividad agropecuaria tradicional y actividad residencial suburbana. Dada la diferencia de las metodologías se perciben áreas de menor afectación en el estudio realizado por la Consultoría ARCO C&C, reflejado en la calidad de los insumos como la resolución del modelo digital de elevación y visitas de campo.



**Ilustración 54.** Comparativo de los resultados del POMCA Río Bogotá y zonificación realizada por la consultoría ARCO C&C.

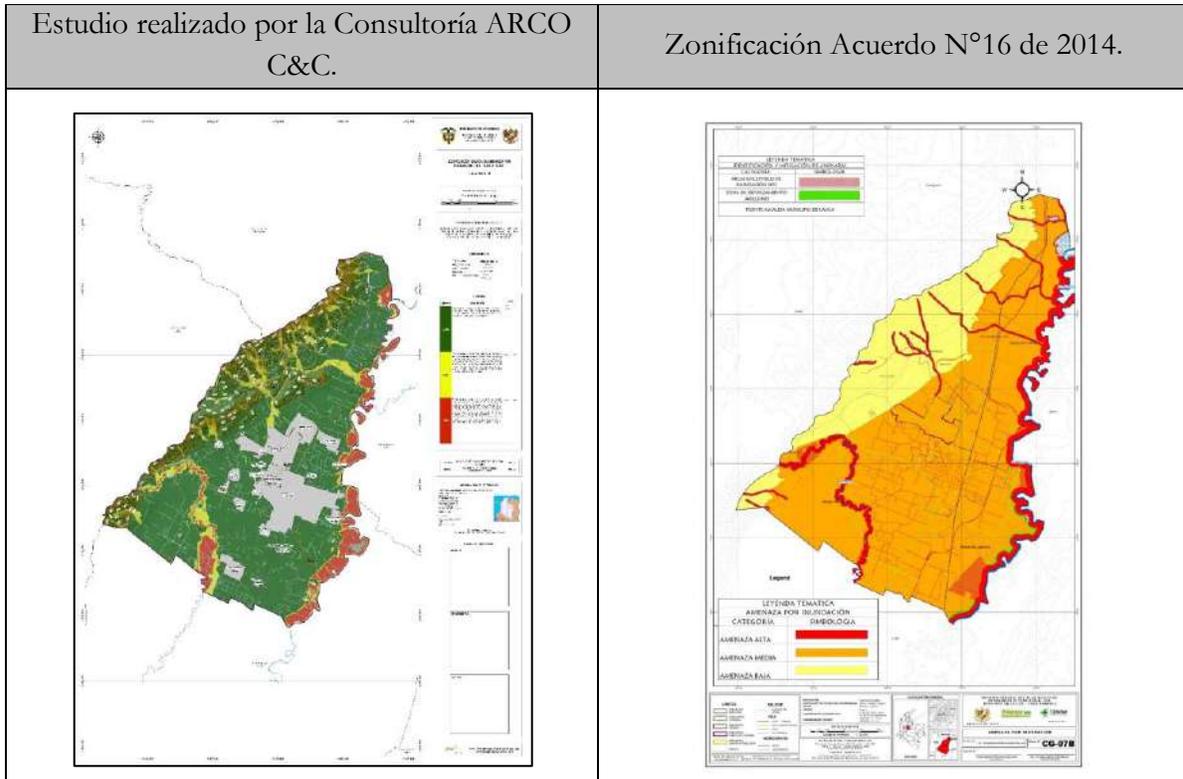
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021).



Comparando los resultados de las zonificaciones obtenidas por la consultoría ARCO C&C y la zonificación de amenazas por inundación dispuesta en el Acuerdo N° 16 de 2014, se tiene similitud en los resultados obtenidos de la categorización de amenazas alta donde las veredas de Río Grande y Calahorra se encuentran en un 7.84% por la influencia directa del Río Bogotá. Sobre la Vereda Canelón se tiene afectación la zona alta de la vereda en el sector conocido como recebera del boquerón a la margen derecha e izquierda del Río Frio y sobre la zona sur de la vereda a la margen derecha del río Frio sin embargo toda la zona colindante al Fío Frio se encuentra en amenaza alta por su ubicación.

La amenaza media en el Acuerdo N° 16 de 2014 corresponde a la zona plana del municipio (70.75%) en las veredas Río grande Calahorra, y Canelón en su totalidad y el sector oriental de la vereda Chuntame, territorio en el que las principales actividades agrícolas, pecuarias, industriales y de uso urbano del municipio que se encuentra asentadas. Este fenómeno se presenta por el taponamiento de los vallados, pérdida de humedales, alcantarillado combinado insuficiente.

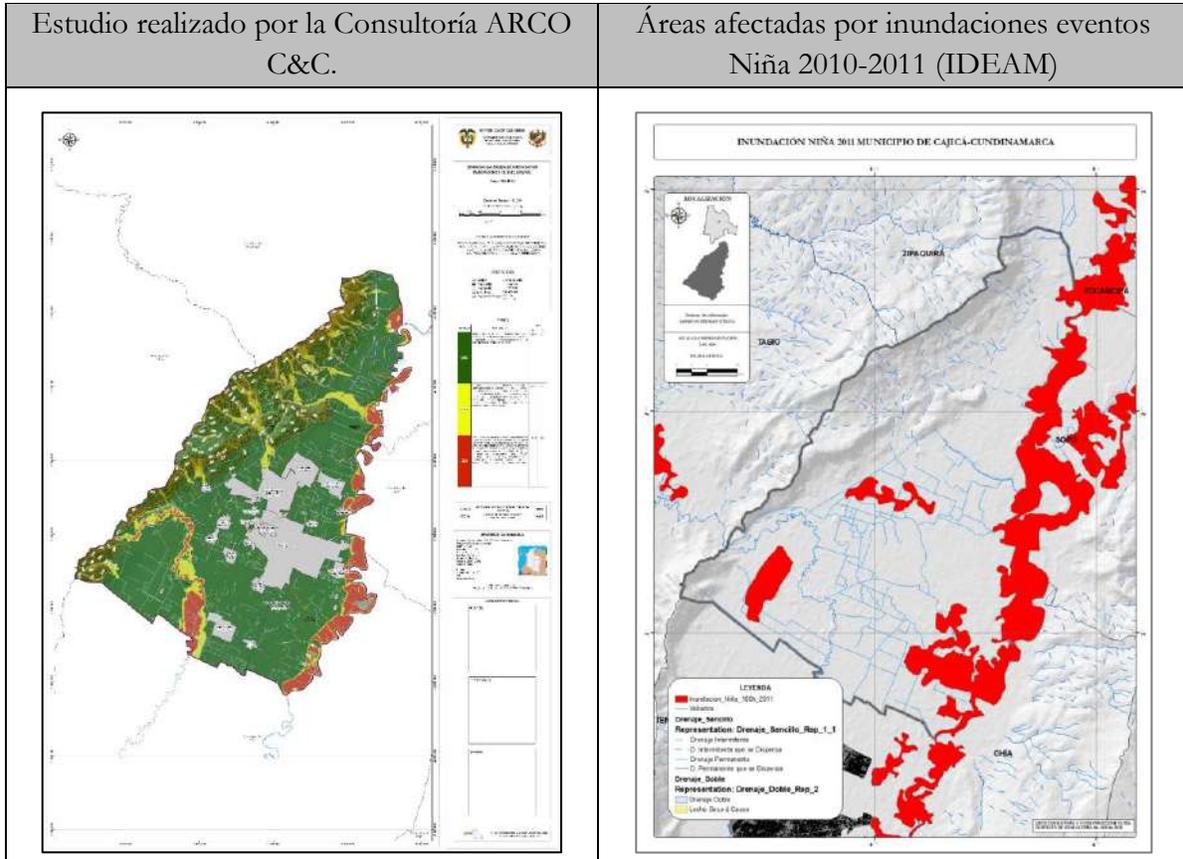
La amenaza baja en el Acuerdo N° 16 de 2014 corresponde a zona alta del municipio en el sector occidental de la vereda Chuntame que comprende los cerros las Manas, Monte Pincio, Cerro Cruz Verde y la cuchilla San Jorge es improbable que ocurra una inundación pero por el contrario si puede contribuir a que las zonas bajas se inunden por el agua de escorrentía.



**Ilustración 55.** Comparativos de los resultados de zonificación Acuerdo N°16 de 2014 y zonificación realizada por la consultoría ARCO C&C.

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

Durante los años 2010-2011-2012, Colombia experimentó unas condiciones de inundación asociadas con la ocurrencia del evento La Niña, compilando los resultados de inundación a escala 1:100.000, elaborados por el Centro Nacional de Modelación (CNM) del IDEAM mediante la interpretación de imágenes de sensores remotos, con el fin de establecer las áreas afectadas por inundaciones. Para los resultados de la Consultoría ARCO C&C los modelos hidráulicos están hechos a una escala muy grande, por defecto, los valores arrojados por el software tienden a tener variaciones en los resultados, de igual manera se toman los mismos datos en cuanto a los valores máximos de precipitación y caudal de las estaciones disponibles en el área de estudio. Por otro lado, la comparación que se realiza con los datos arrojados in situ por las estaciones limnimétricas están acorde con el modelo, esto quiere decir que el modelo tiene una buena calibración como modelo hidráulico.



**Ilustración 56.** Comparativos de los resultados de zonificación Áreas afectadas por inundaciones eventos Niña 2010-2011 (IDEAM) y zonificación realizada por la consultoría ARCO C&C.

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

### 3.1.9 VARIABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO

La ocupación y transformación de un territorio se ve condicionado económica, social y ambientalmente por las características climáticas e hidrológicas, donde las actividades productivas y el asentamiento humano se ve fuertemente influenciado por el régimen de precipitaciones dominante, la temperatura promedio, humedad relativa, entre otras. Por esta razón, todos aquellos fenómenos atmosféricos que producen fluctuaciones o tendencias en las variables meteorológicas son de suma importancia para la planeación territorial a corto, mediano y largo plazo.



El conjunto de procesos atmosféricos que producen anomalías en las condiciones promedio de las variables meteorológicas de una región, hacen parte de la variabilidad climática del territorio. Mientras que la tendencia a largo plazo de los registros de temperatura, precipitación, entre otras variables, son resultado del cambio climático global.

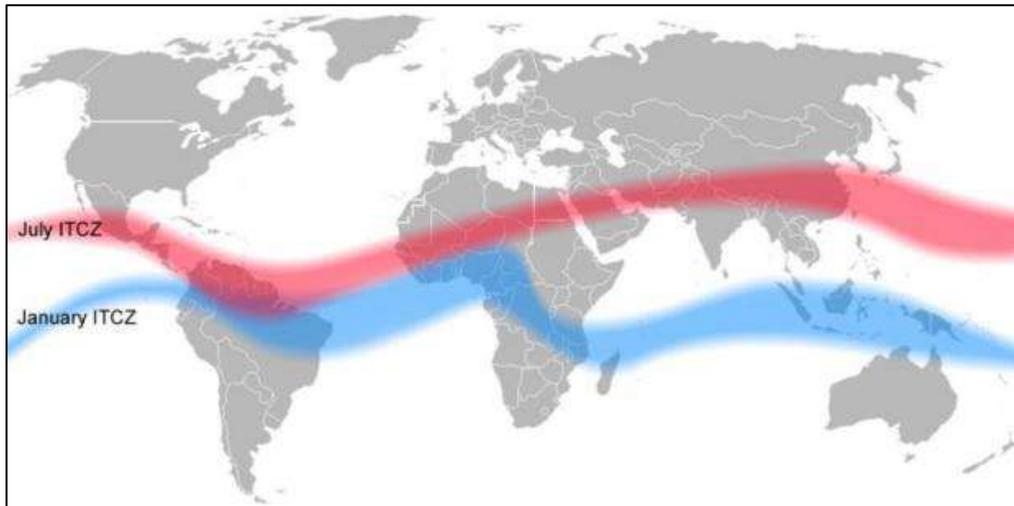
### 3.1.9.1 Variabilidad climática

Los regímenes climáticos presentan ciclos o fluctuaciones a través del tiempo y en diferentes escalas, donde las variables meteorológicas como la temperatura, los volúmenes de precipitación y la presión atmosférica presentan anomalías positivas o negativas respecto a un valor promedio en escalas interestacionales, interanuales e interdecadales. Por esta razón, es relevante su análisis y entendimiento, con fines de gestión de riesgo, para el entendimiento de las repercusiones de estos procesos en el desencadenamiento de procesos degradativos en el municipio de Cajicá.

#### 3.1.9.1.1 Variabilidad climática mensual

La variabilidad climática en escala mensual se ve reflejada en el territorio colombiano en las temporadas de altas y bajas precipitaciones a lo largo del año, donde el principal mecanismo generador de este fenómeno se debe al doble paso de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) sobre la región.

La ZCIT o zona de calmas (por presentar velocidades del viento inferiores a 0.5m/s), es una franja cálida de alta evaporación, nubosidad y precipitación formada por la convergencia de los Vientos Alisios del Noreste y del Sureste. La Zona de Confluencia Intertropical se mueve, en el primer semestre del año, de hemisferio sur a Norte con un retraso de 4-5 semanas respecto a la migración solar; caso contrario, en el segundo semestre del año la ZCIT migra del Hemisferio Norte al Sur con rezago de 6-7 semanas respecto a la migración solar. La representación esquemática de la posición de esta franja cálida se muestra en la Figura 2.



**Figura 2.**Ubicación de la ZCIT en enero y julio  
*Fuente: SIOH, 2010*

Dado el movimiento de este fenómeno atmosférico sobre la región ecuatorial, el territorio comprendido por el municipio de Cajicá y gran parte de la cadena montañosa de Colombia presenta un régimen de lluvia bimodal, con máximos de lluvias en los meses de abril y noviembre, y periodos secos en los meses de enero y julio. Durante las épocas lluviosas del año, aumenta la probabilidad de generarse encharcamientos y sobresaturación en los suelos, lo que puede conllevar a generar inundaciones. No obstante, en los periodos de bajas precipitaciones también pueden desencadenarse lluvias extremas que generen diversos problemas en el territorio.

### 3.1.9.1.2 Variabilidad climática interanual

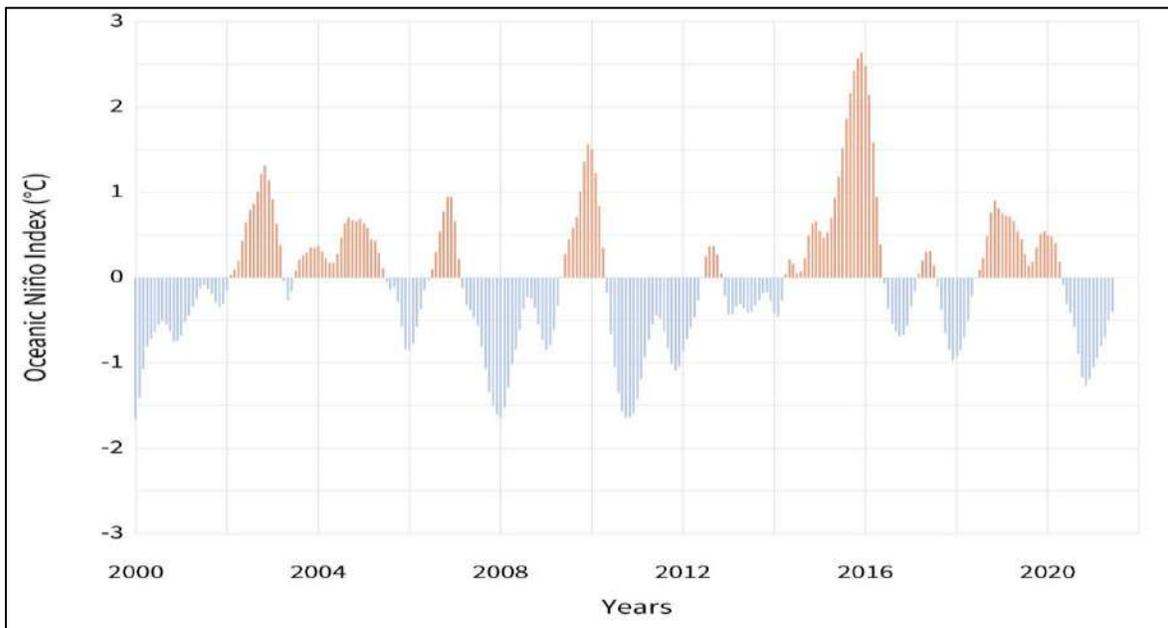
La variabilidad climática interanual corresponde a todas las fluctuaciones de variables climáticas en periodos iguales o mayores a un año. Entre los fenómenos de mayores repercusiones en Colombia con esta frecuencia se encuentran, entre otros, la Oscilación Madden-Julian (OMJ), la Oscilación Cuasi-bienal (OCB) y la fase fría y cálida del fenómeno de El Niño – Oscilación del Sur (ENOS). El conjunto de estos fenómenos tiene una influencia directa en el clima del territorio nacional, propiciando condiciones atmosféricas particulares que hacen imperativo su análisis con fines de gestión del riesgo.

### 3.1.9.1.3 Fenómenos ENOS

Los fenómenos ENOS o ENSO (por sus siglas en inglés) representan el tipo de variabilidad climática más distintivo del acople entre la atmósfera y el océano, generados por el desplazamiento

de masas de agua cálidas o frías en el Pacífico Ecuatorial, produciendo anomalías de temperatura y precipitación en las costas suramericanas, asiáticas y de Oceanía en conjunto.

Para determinar los periodos La Niña y El Niño en la región ecuatorial, los indicadores más utilizados en la evaluación de El Niño Oscilación del Sur son los índices Oceanic Niño Index (ONI) y el Multivariate ENSO Index (MEI) (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2021). El índice ONI (Figura 3) se calcula a partir del análisis de desviaciones del valor de la temperatura superficial del mar en el Pacífico Central respecto a su promedio histórico.

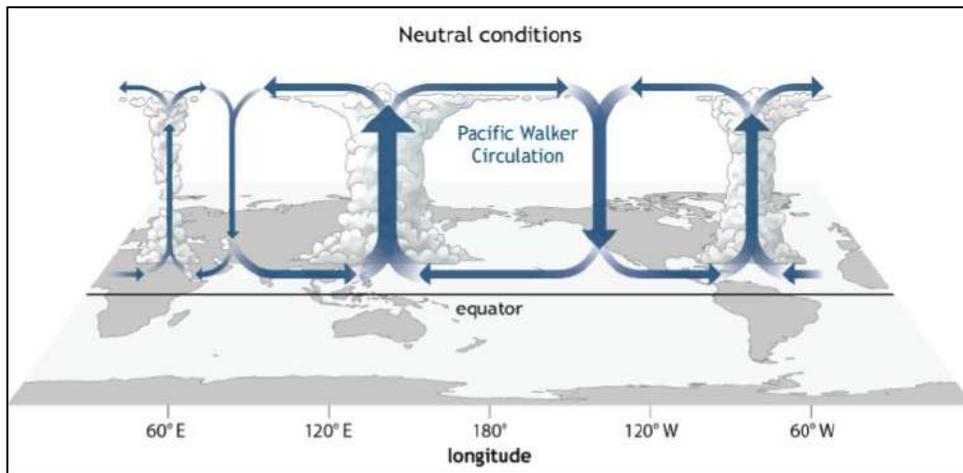


**Figura 3.** Distribución temporal de los eventos ENSO, índice ONI

*Fuente:* NOAA, 2020

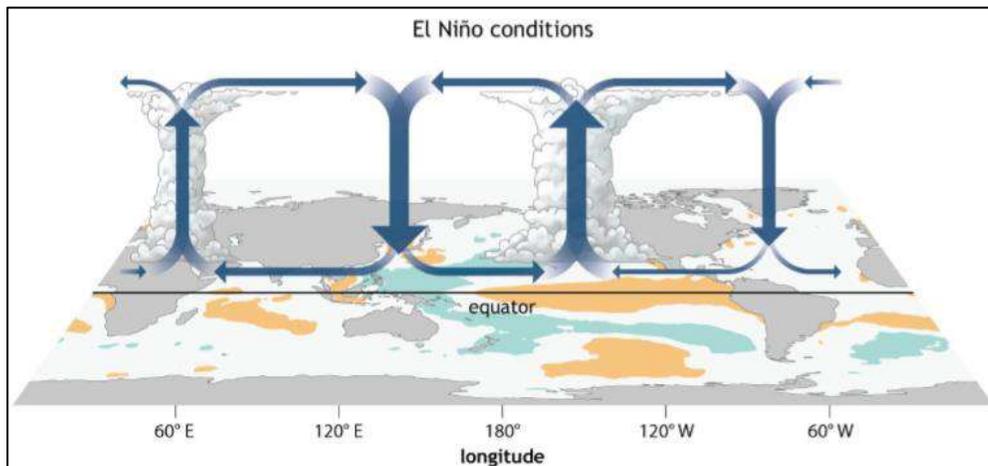
Las anomalías positivas en la temperatura superficial del mar, de más de  $0,5^{\circ}\text{C}$  en un periodo igual o mayor a 6 meses, indican un evento ENSO tipo El Niño, como fue el caso de los años 2002, 2004, 2009, 2015, 2019. Caso contrario, valores negativos en el índice ONI, menores a  $-0,5^{\circ}\text{C}$  en un lapso temporal igual o mayor de 6 meses, sugiere la presencia del fenómeno de La Niña, como en los años 1988, 1999, 2008, 2011 y 2017.

El principal efecto de este tipo de eventos se aprecia en la alteración del patrón de circulación de aire en la Celda de Walker (Figura 4), la cual se alimenta de los sistemas de alta y de baja presión en la región ecuatorial y, en consecuencia, se encarga de movilizar las masas de aire húmedo o seco en las diferentes regiones del ecuador.



**Figura 4.** Celda de circulación de Walker en condiciones neutrales  
*Fuente: NOAA, 2020*

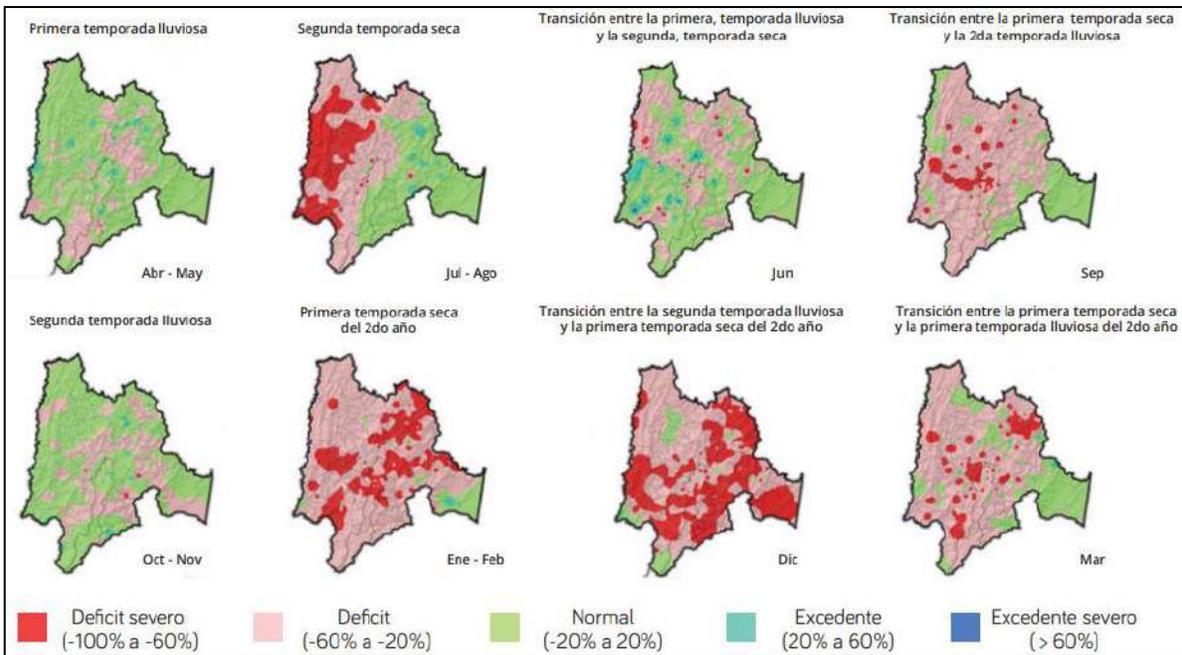
Cuando se produce un evento ENSO tipo El Niño, existe un desplazamiento de la circulación de Walker hacia el oriente (Figura 5), modificando todos los patrones de precipitación en el ecuador. Este fenómeno se produce en respuesta a una anomalía positiva de presión sobre el pacífico oriental, acompañado de un descenso en la temperatura en la región oriental y central del Océano Pacífico. En consecuencia, se presenta un debilitamiento de los Vientos Alisios del Noreste y del Sureste, generando un desplazamiento de las aguas cálidas y los vientos húmedos del Pacífico Oriental hacia la región del Pacífico Central.



**Figura 5.** Celda de Circulación de Walker, fenómeno de El Niño  
*Fuente: NOAA, 2020*

En respuesta a esta anomalía de los patrones de circulación de aire, gran parte del territorio colombiano sufre un descenso significativo en los volúmenes de precipitación depositados en todas las regiones del país, produciendo eventos de sequía, desabastecimiento de agua, desertificación de los suelos, entre otros.

Respecto al municipio de Cajicá y la sabana de Bogotá, ante la ocurrencia del fenómeno ENOS en su fase cálida existen leves descensos en los niveles de precipitación en las épocas de lluvias. Caso contrario, las épocas de sequía de los meses de julio-agosto y diciembre-enero cuentan con déficits severos de precipitaciones respecto a sus promedios (Figura 6).



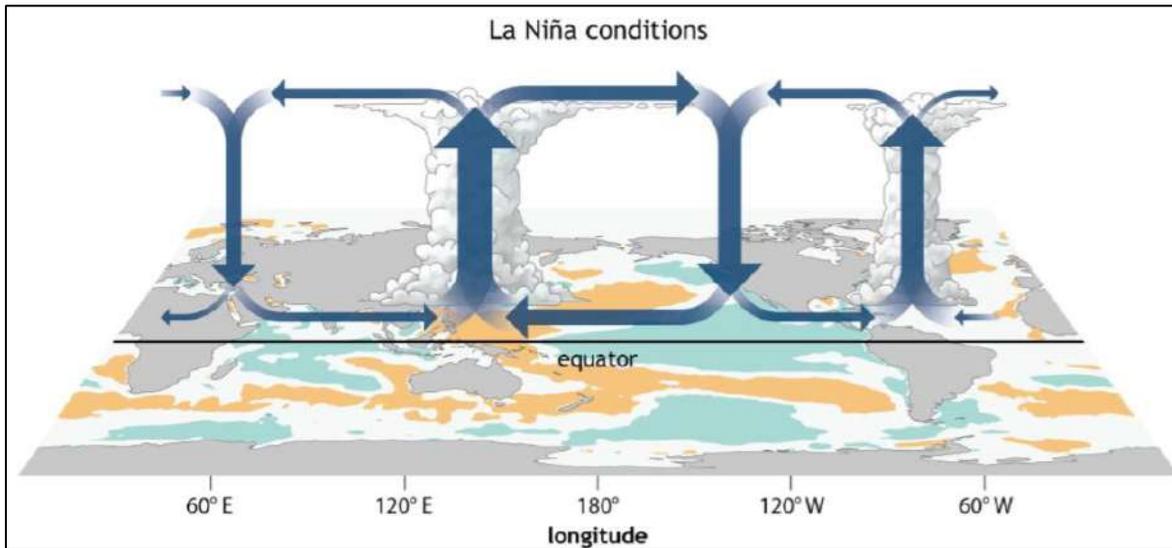
**Figura 6.** Alteraciones estacionales (izquierda) e interestacionales (derecha) más probables de la precipitación en la Región Bogotá Cundinamarca, durante la ocurrencia de un fenómeno típico de El Niño

**Fuente:** IDEAM Y OTROS, 2014

En estos lapsos temporales disminuye consecuentemente la ocurrencia de lluvias de carácter torrencial respecto a las condiciones normales, lo cual dificulta (más no imposibilita) la materialización de algunos eventos de origen hidrometeorológico cómo las inundaciones.

Por otra parte, el fenómeno de La Niña se presenta por un aumento significativo en la temperatura superficial del mar en el Pacífico Occidental, acompañado del descenso de la misma

en el Pacífico Oriental. Esto genera una intensificación de la circulación de Walker (Figura 7), fortaleciendo la rama de ascenso de vientos húmedos en el Pacífico Oriental, sobre Suramérica.

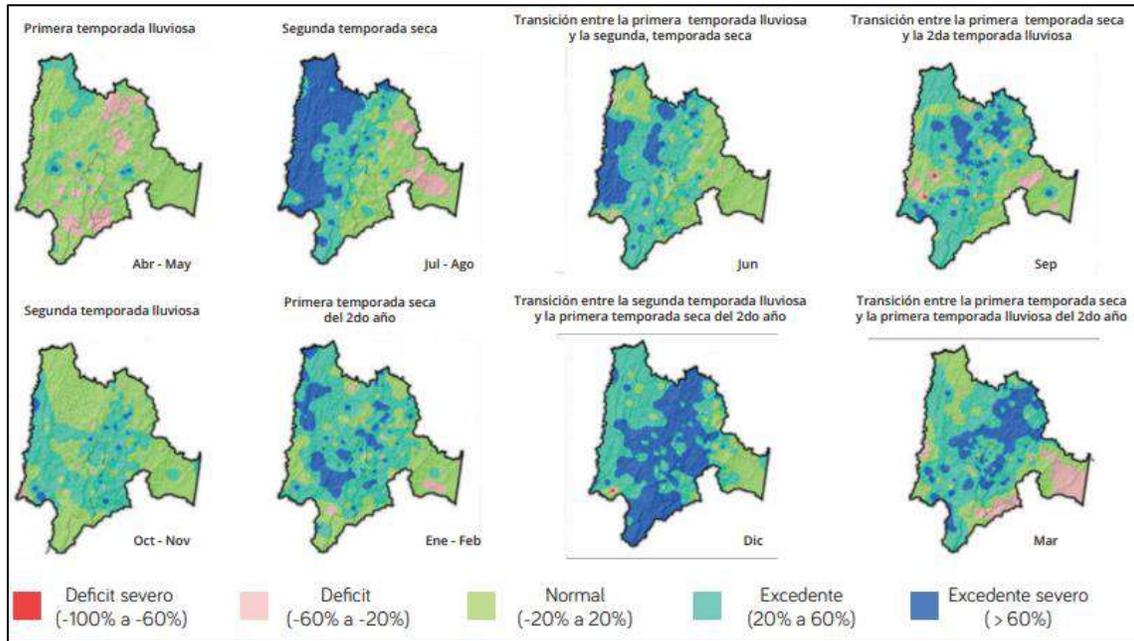


**Figura 7.** Celda de circulación de Walker, fenómeno de La Niña

Fuente: NOAA, 2020

Cómo consecuencia del fenómeno de La Niña existe en general un aumento significativo de las precipitaciones en Colombia, repercutiendo en la depositación de grandes volúmenes de lluvias en el territorio. Este fenómeno aumenta la posibilidad de que se genere una sobresaturación de los suelos en las diferentes regiones de Colombia, ya sea por un evento de lluvia de mucha intensidad, o por la acumulación paulatina de humedad en el terreno, generando subsecuentemente inundaciones, avenidas torrenciales y demás eventos de origen hidrometeorológico.

En la región del valle del Río Bogotá se presentan excedentes de precipitación entre el 20 y el 60% respecto a sus promedios climatológicos ante la presencia del ENOS en su fase fría (Figura 8), con anomalías positivas incluso superiores al 60% en las épocas de bajas precipitaciones (diciembre-enero y julio-agosto), implicando el aumento de probabilidades de presentar eventos de altas magnitudes e intensidades que potencialmente detonen procesos degradativos en el municipio de Cajicá.



**Figura 8.** Alteraciones estacionales (izquierda) e interestacionales (derecha) más probables de la precipitación, en la Región Bogotá Cundinamarca, durante la ocurrencia de un fenómeno típico de La Niña

Fuente: IDEAM Y OTROS, 2014

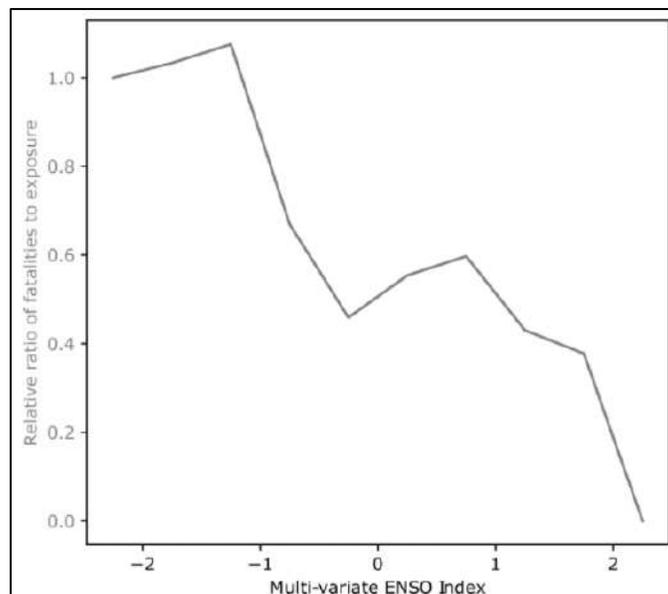
Respecto a los eventos tipo inundación, estos son el resultado de sobrepasar la capacidad de retención de humedad del suelo y de los cauces, generados por lluvias intensas y/o continuas. Estos eventos desbordan e inundan principalmente las llanuras de inundación y demás zonas aledañas a las corrientes superficiales.

El mecanismo generador de los eventos amenazantes tipo inundación es la precipitación continua o de gran magnitud en un área determinado, por lo cual su periodicidad y probabilidad de ocurrencia se ve determinada por las características hidrometeorológicas y su fluctuación en el tiempo.

Estas inundaciones pueden ocasionarse por crecientes súbitas o lentas del caudal de un drenaje, dependiendo de la duración, intensidad y frecuencia de las precipitaciones depositadas en el territorio. La frecuencia de estos eventos amenazantes se encuentra estrechamente relacionado con los regímenes de lluvia de un territorio, por lo que la cantidad de evento tipo inundación aumenta o disminuye en respuesta a los eventos de variabilidad climática ENSO en su fase La Niña para el municipio de Cajicá.

En los años 2010 – 2012, por ejemplo, años con el fenómeno de La Niña, se presentaron numerosas inundaciones en todo Cundinamarca, principalmente en las zonas topográficamente planas como el casco urbano del municipio de Cajicá repercutiendo en pérdidas económicas considerables y sugiriendo un riesgo sobre el bienestar humano y ecológico ante dichos eventos.

Al establecer un modelo que compare el índice ONI con la exposición a procesos degradativos del suelo, se ha establecido que existe una estrecha relación entre el aumento de la exposición a fatalidades cuando se cuenta con valores inferiores a -1 para el ONI, como se observa en la Figura 9.



**Figura 9.** Relación relativa exposición a fatalidades dadas las anomalías del índice ONI  
**Fuente:** Emberson et all, 2021

Los valores negativos del MEI sugieren la ocurrencia del fenómeno ENSO en su fase La Niña, donde los procesos degradativos se ven exacerbados en el territorio nacional, siendo entonces un proceso atmosférico cuyo entendimiento es de vital importancia para la gestión del riesgo.

Bajo este escenario, el evento ENSO en su fase La Niña es un factor condicionante en el aumento de la probabilidad de ocurrencia de eventos amenazantes tipo inundaciones detonados por lluvias en el municipio de Cajicá.

### 3.1.9.1.4 Oscilación Madden-Julian

Otro fenómeno de variabilidad climática relevante para la gestión de riesgo asociada a la variabilidad climática es la Oscilación Madden-Julian, definida como una perturbación tropical que se desplaza desde el Océano Índico al Pacífico en un ciclo de 30 a 60 días.

En general esta perturbación se genera sobre el Océano Índico y se propaga hacia el este sobre las aguas cálidas del Pacífico Occidental y central, y finalmente sobre las aguas frías del Pacífico Oriental (Figura 10). Este patrón, aunque con periodicidad definida, cuenta con resultados e implicaciones variadas sobre la temperatura y la precipitación del ecuador terrestre.

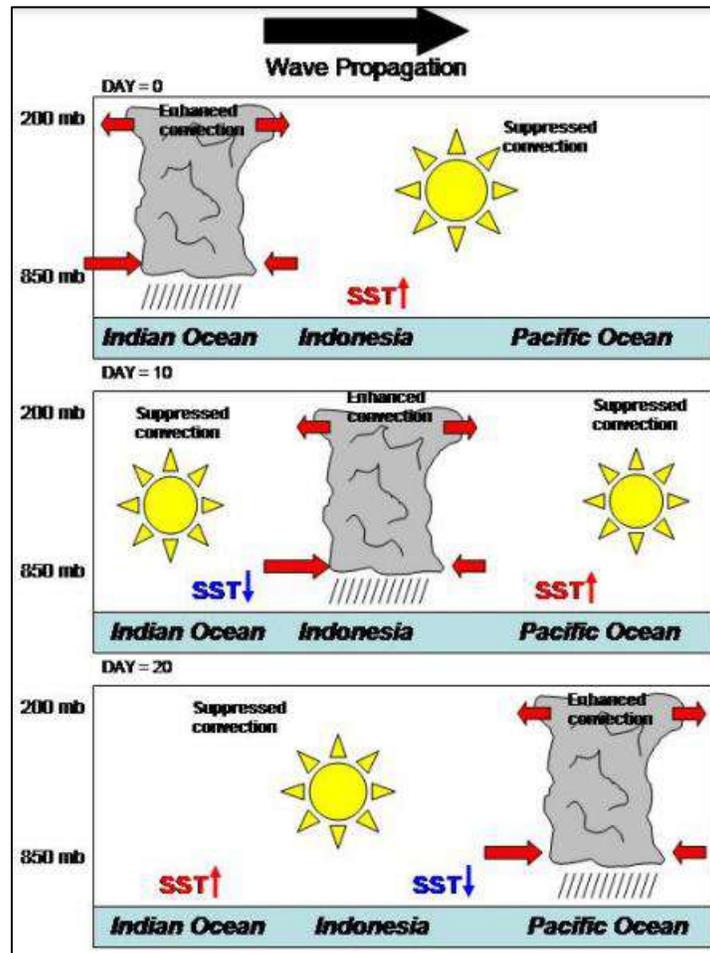
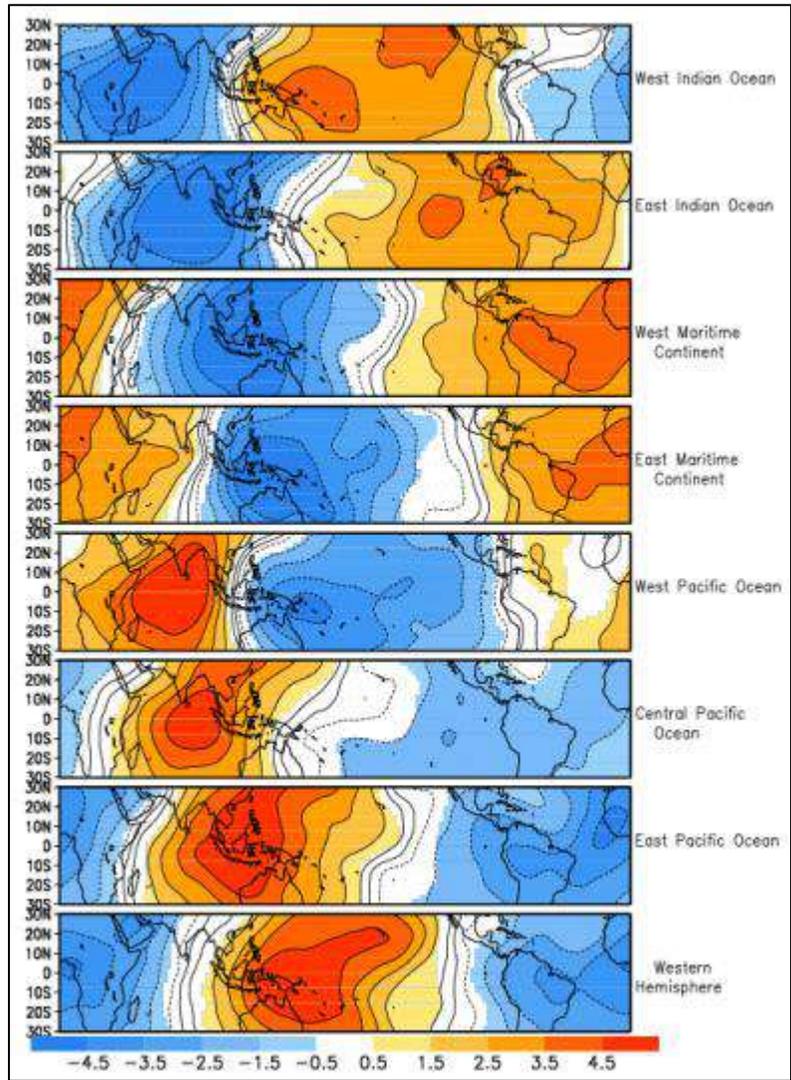


Figura 10. Sección vertical del comportamiento de la Oscilación Madden-Julian  
Fuente: NOAA, 2021

Además de su perfil vertical, es importante entender su movimiento en el plano horizontal para evaluar la dinámica atmosférica sobre el territorio colombiano cuando la Oscilación Madden-Julian se localiza en el Pacífico Oriental (Figura 11).



**Figura 11.** Velocidad Potencial a 200hPa promedio de Noviembre a Marzo  
**Fuente:** NOAA, 2021

Cuando existe una anomalía negativa en la velocidad potencial sobre Suramérica (colores azules de la Figura 11), se genera una fase de no divergencia que propicia la aparición de lluvias durante un mes aproximadamente en el territorio colombiano. En adición a esto, este proceso ha sido



relacionado con los fenómenos ENOS en cuanto a fortalecer y retroalimentar los eventos La Niña y El Niño, haciendo relevante su comprensión y análisis para determinar su relación con la generación de procesos degradativos en el territorio comprendido por el municipio de Cajicá.

La OMJ se ha estudiado en Colombia mediante la correlación de los índices Madden Julian (IMJ) y el índice de precipitación estandarizada (SPI), donde se determinaron anomalías de precipitación dadas las fases extremas de la OMJ, donde se encuentran señales de correlación entre ambas variables en periodos de 30 días.

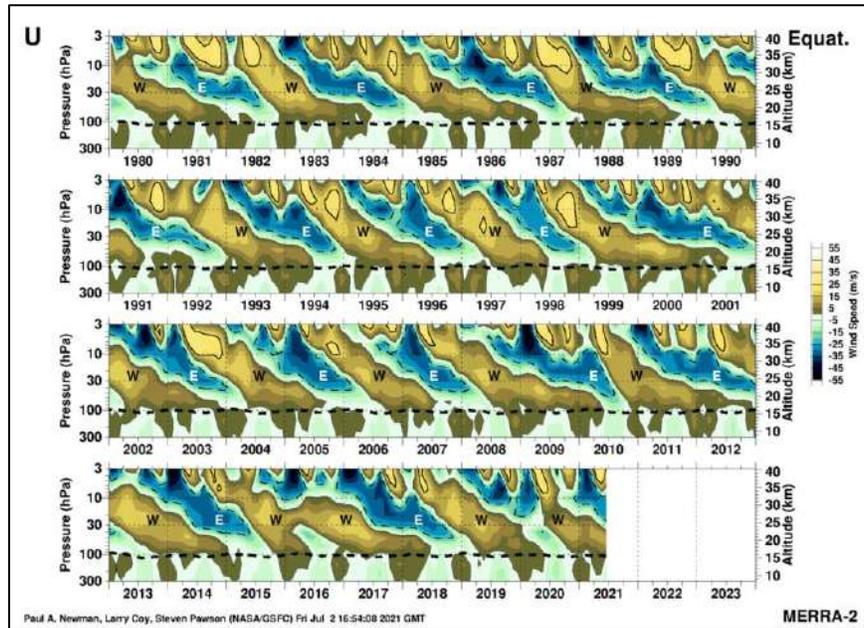
En adición a esto, se han establecido anomalías en el comportamiento de la temperatura ambiente, precipitación, humedad relativa y otras variables climáticas en un lapso de 30-60 días sobre el caribe colombiano. Dinámica atribuida a la OMJ y teniendo implicaciones incluso en la surgencia y salinidad del océano.

### 3.1.9.1.5 Oscilación Cuasi-bienal

Dentro del territorio colombiano, además de la respuesta del régimen de lluvias dados los fenómenos ENOS y OMJ, se encuentran variaciones de lluvias en un periodo de 24 a 30 meses aproximadamente, atribuidos a la presencia (o ausencia) de la Oscilación Cuasi-Bienal o QBO.

La Oscilación Cuasi-bienal (QBO) se define como un fenómeno atmosférico de fluctuación en la dirección de los vientos zonales (este – oeste) en la estratósfera, generando así mismos cambios en la temperatura, dadas las inversiones de los vientos, sobre el ecuador terrestre. Esta dinámica se origina sobre la altura geopotencial de los 10hPa y desciende a razón de 1km por mes hacia la tropósfera, generando perturbaciones en la parte baja de la atmósfera y en su interacción con la superficie.

A partir de datos mensuales promedios del proyecto MERRA-2 de la NASA, es posible observar el perfil vertical de los vientos zonales en el ecuador durante el periodo de 1980 y 2021 para evaluar la dinámica atmosférica sobre la estratósfera (arriba de las líneas punteadas negras que representan la tropopausa) y analizar el comportamiento de la Oscilación Cuasi-Bienal (Figura 12).



**Figura 12.** Perfil vertical de la atmósfera en el ecuador  
Fuente: NASA, 2021

Existe la clara variación de los vientos zonales de la estratósfera entre el oeste y el este en un periodo de menos de 3 años en el ecuador terrestre. Sobre el territorio colombiano se presentan anomalías positivas de precipitación cuando se presentan altas velocidades de estos vientos, es especial cuando se dirigen al oeste. Caso contrario, cuando existen vientos zonales débiles en la estratósfera, se presentan en general déficits del recurso hídrico en el territorio.

Se han establecido correlaciones de la ocurrencia de este fenómeno atmosférico con el aumento en el régimen de precipitaciones en Bogotá en un 11 a 14% respecto a su promedio climatológico, contando con un retardo en las señales de aproximadamente 11 a 12 meses dadas las diferentes fases de la oscilación, registrado mediante la medición de caudales de los embalses que proporcionan el recurso hídrico a la ciudad. Además, se concluyó que, aunque esta Oscilación influye en un menor grado que los fenómenos ENOS en los eventos extremos de precipitación, es imperativa su caracterización a detalle para estudios hidrometeorológicos en la región.

La OCB ha sido estudiada a su vez mediante análisis de correlaciones simples entre la ocurrencia de este proceso atmosférico y las precipitaciones en 11 estaciones de Colombia, donde en principio no se han encontrado anomalías significativas en el régimen de lluvias dado el fenómeno



en cuestión, sugiriendo que la detección de señales de la OCB requiere de estudios de correlación más detallados y complejos para determinar cómo influye en los patrones de lluvias estudiados.

### 3.1.9.2 Cambio climático

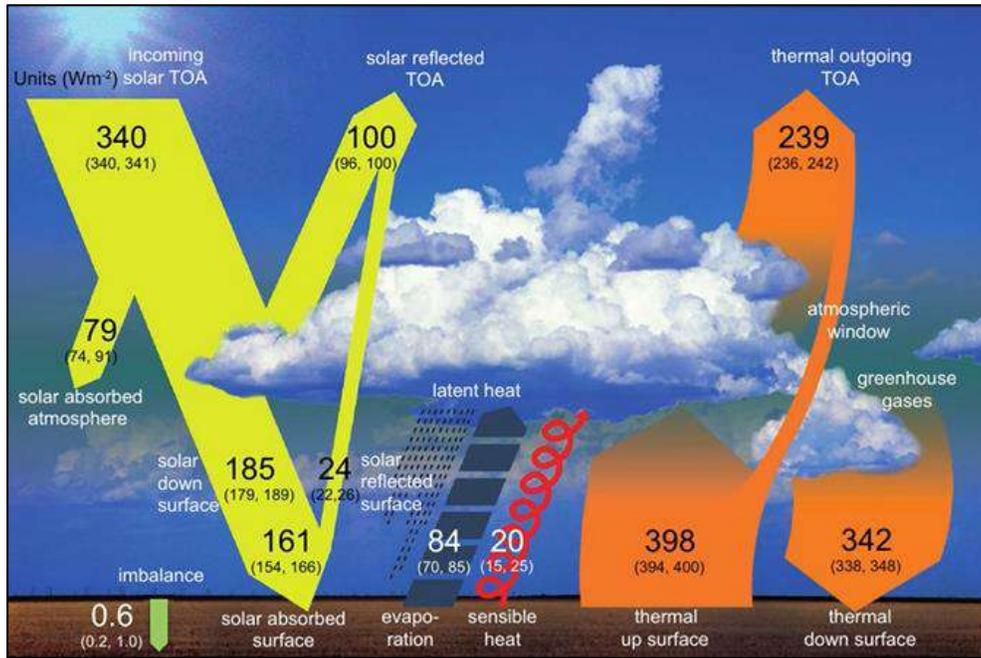
Cuando existen cambios o tendencias en las condiciones climáticas predominantes de una región en un largo plazo, de siglos o milenios, se le denomina cambio climático. Un ejemplo son los periodos de hielo y deshielo característicos de los últimos 2 millones de años (Periodo Cuaternario), relacionado a los ciclos astronómicos de oblicuidad, excentricidad y precesión que presenta la tierra; denominados ciclos de Milankovich.

Dentro de este marco, la excentricidad terrestre es definida cómo la variación de la órbita terrestre alrededor del sol, cambiando de una trayectoria elíptica a una semicircular y viceversa en un periodo de 80.000 a 90.000 años. Este proceso influye directamente en la cercanía del planeta al sol y, por tanto, en la cantidad de radiación solar que recibe el planeta, repercutiendo en ciclos de enfriamiento (glaciación) y calentamiento (desglaciación) de la Tierra.

Teniendo en cuenta que el último periodo glacial terminó hace 18.000 años aproximadamente, donde la excentricidad fue máxima, la órbita terrestre ha cambiado de forma elipsoidal a semicircular gradualmente en los últimos miles de años, tendencia que se mantendrá por varios siglos y miles de años, y que genera un calentamiento progresivo del planeta.

Este proceso genera un paulatino aumento de la temperatura, cuyas consecuencias a mediano plazo son el derretimiento de los casquetes glaciares, aumento del nivel del mar, desertificación de regiones, entre otras; sugiriendo un escenario de calentamiento global.

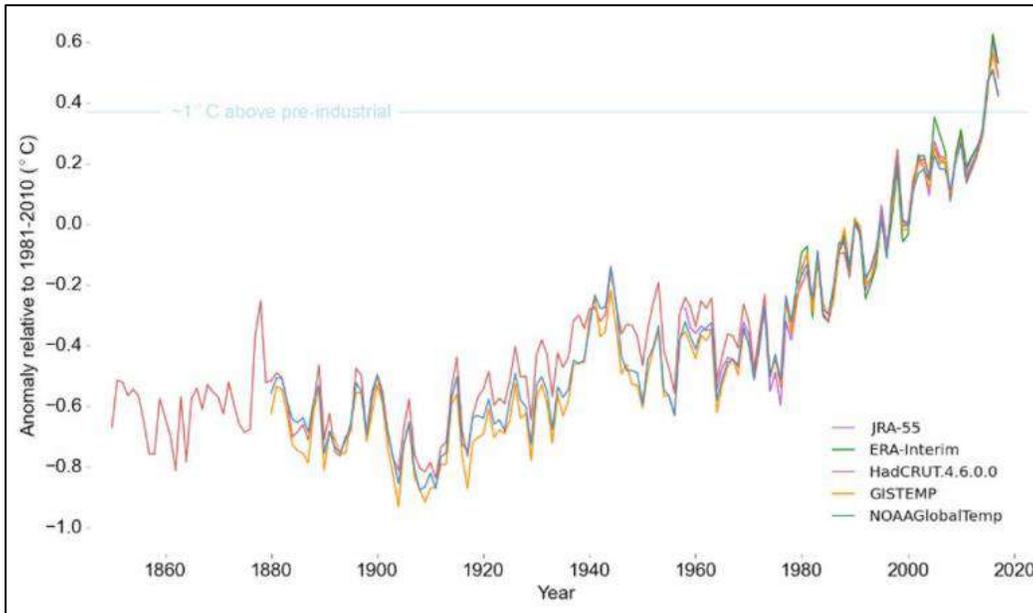
Por otra parte, el balance energético y radiativo de La Tierra (Figura 13), donde se evalúa la radiación solar entrante (onda corta) y terrestre saliente (onda larga) junto con las interacciones físicas con las nubes, cuenta con una fracción de  $0.6 \text{ W/m}^2$  de densidad de flujo calor o irradiancia que se acumula en la superficie terrestre, lo que ha ocasionado un progresivo aumento de temperatura en La Tierra.



**Figura 13.** Balance energético global  
Fuente: IPCC, 2013

Teniendo esto en cuenta, el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero dadas las actividades antropogénicas, genera un incremento en la radiación de onda larga (tonalidades naranjas de la Figura 13) que se refleja con las nubes y regresa a la superficie terrestre, intensificando el desbalance energético del planeta y favoreciendo el aumento del proceso de calentamiento global en una tasa cada vez mayor.

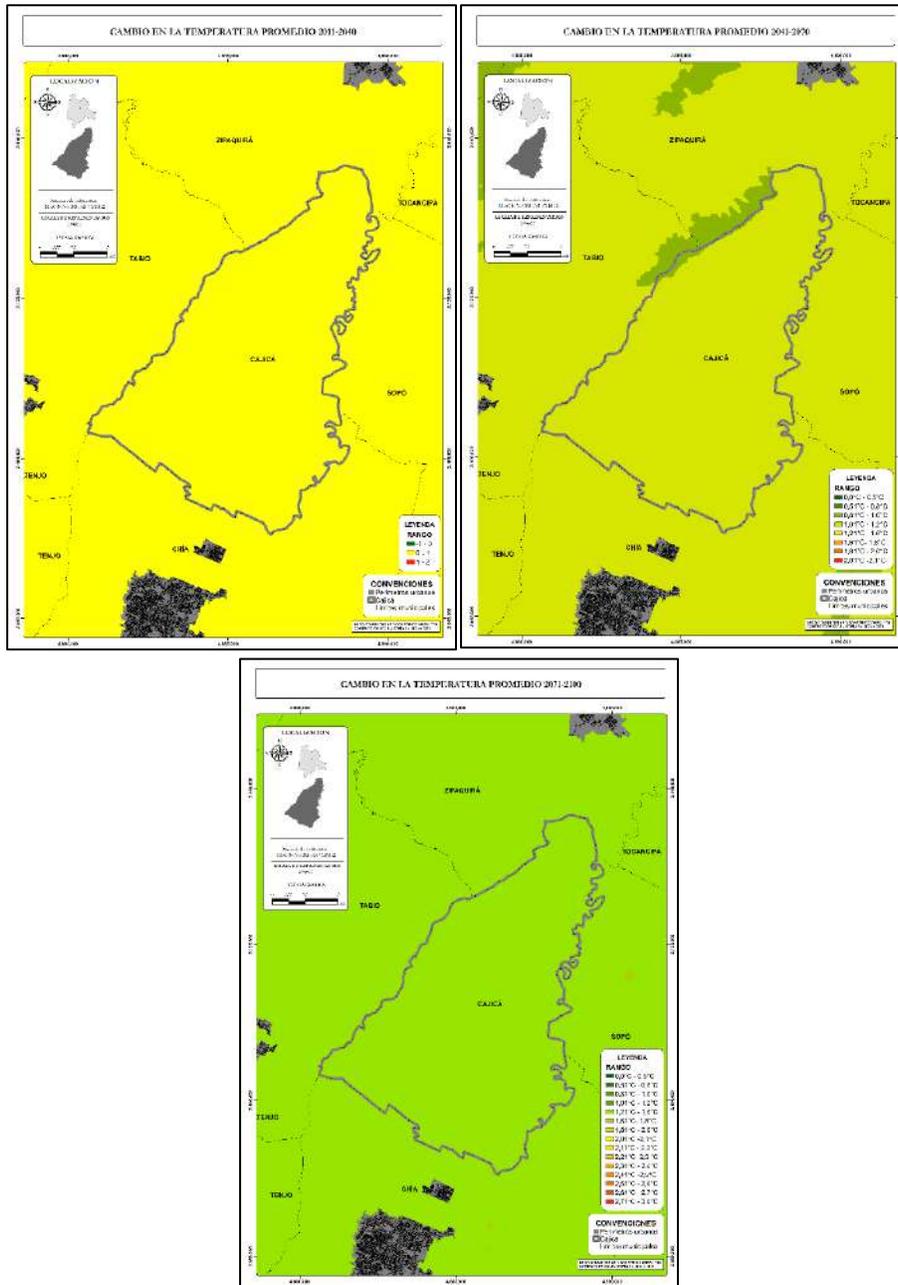
Por tanto, este proceso se ha agudizado con la retroalimentación positiva del calentamiento por efecto de las acciones antrópicas durante los últimos 3 siglos, donde existe una dramática liberación de gases de efecto invernadero, como Dióxido de Carbono y Metano a la atmósfera que intensifican el aumento de temperatura en todas las regiones del mundo. La Figura 14 muestra el registro de temperatura del aire, medido por distintas entidades, donde se evidencia un calentamiento desmesurado en los últimos 50 años, tendencia que continúa en ascenso en la actualidad.



**Figura 14.** Anomalía de la temperatura global en el período 1886-2017 referenciada al período 1980-2010, según las diversas aproximaciones de procesamiento de las mediciones de la temperatura del aire

**Fuente:** IDEAM – UNAL, 2018

Teniendo en cuenta el panorama global y en diversos lapsos temporales respecto al cambio climático, y dentro del marco de la tercera comunicación nacional de Colombia a la convención del marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (2017), se ha pronosticado la variación de temperatura para los escenarios de 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100, cuyos resultados para el municipio de Cajicá se muestran en la Figura 15.



**Figura 15.** Mosaico de pronósticos de temperatura en el municipio de Cajicá para los lapsos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

Modificado de: SIAC e IDEAM, 2017



Los pronósticos regionales de la variación de temperatura esperada para el municipio de Cajicá, exhiben un aumento progresivo en los registros de temperatura en el territorio, esperándose un incremento promedio del orden de los 2°C a finales del siglo.

El incremento de temperatura en el municipio puede tener diferentes repercusiones en la dinámica hidrológica del municipio. Es posible que el aumento de la temperatura repercuta en un cambio significativo en la oferta hídrica del municipio de Cajicá, debido a que estos incrementos de temperatura tienen influencia directa en el incremento de la evapotranspiración potencial de agua en la región y, por tanto, pueden ocasionar un descenso en el almacenamiento de agua útil en los cauces y acuíferos que abastecen de agua la zona.

Por otra parte, el aumento de la temperatura de la atmósfera genera una expansión del volumen de la misma y un descenso en la presión (derivado de la ecuación de los gases ideales). Este fenómeno implica que la atmósfera contaría con un mayor potencial de almacenamiento de gotículas de agua, favoreciendo la formación de nubes y el consecuente aumento en las precipitaciones de la región. A partir de la ecuación de Clausius Clapeyron se estima que cada grado que aumenta la atmósfera repercute en un 7% de vapor de agua que puede ser almacenado en la misma.

Dentro de los posibles escenarios planteados desde la Tercera Comunicación nacional de Colombia a la convención del marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, se ha establecido el incremento o descenso porcentual de las precipitaciones en escala 1:100.000, cuyo resultado se muestra en la Figura 16.



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

SUELO RURAL

ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN

CAJICÁ

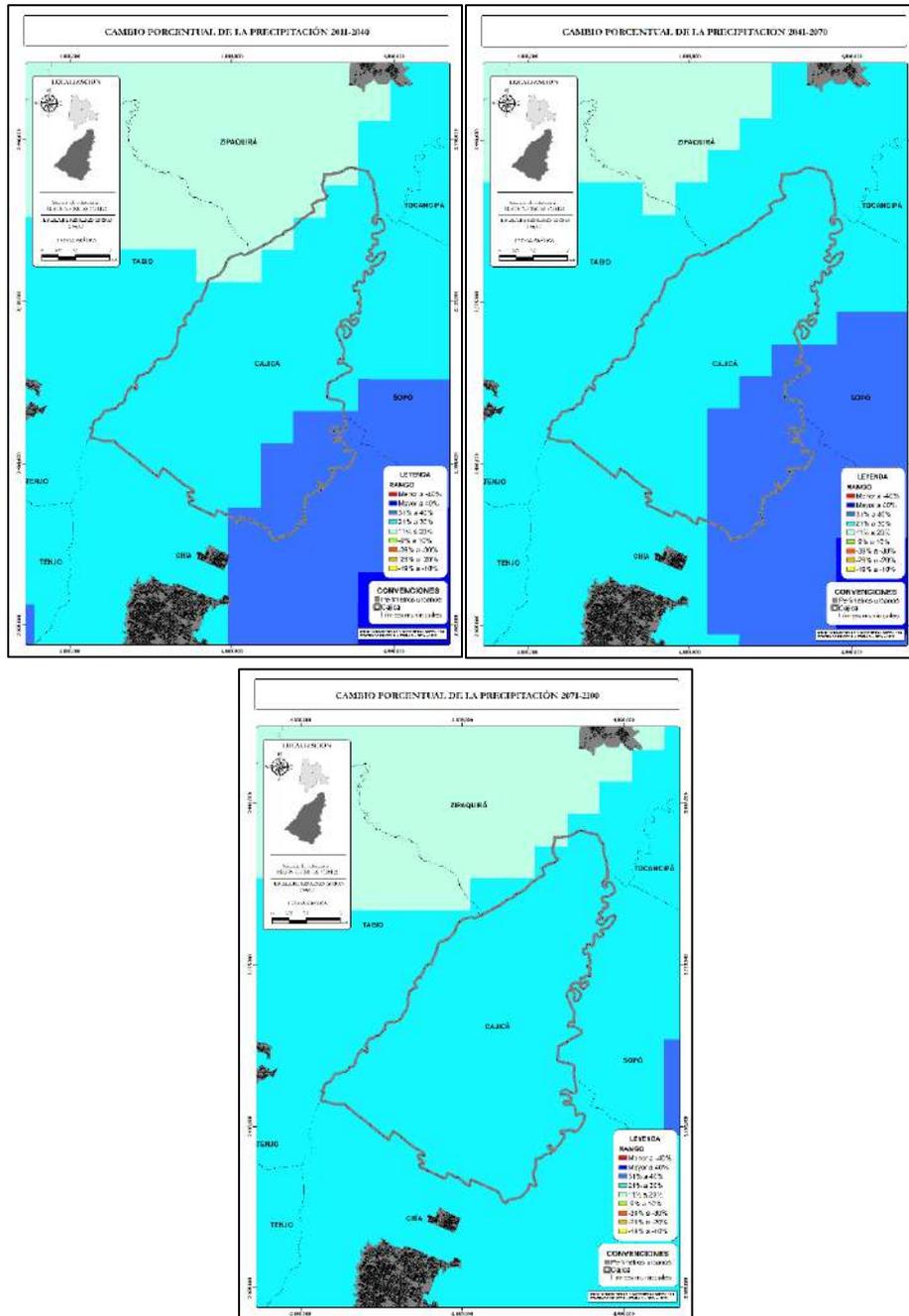


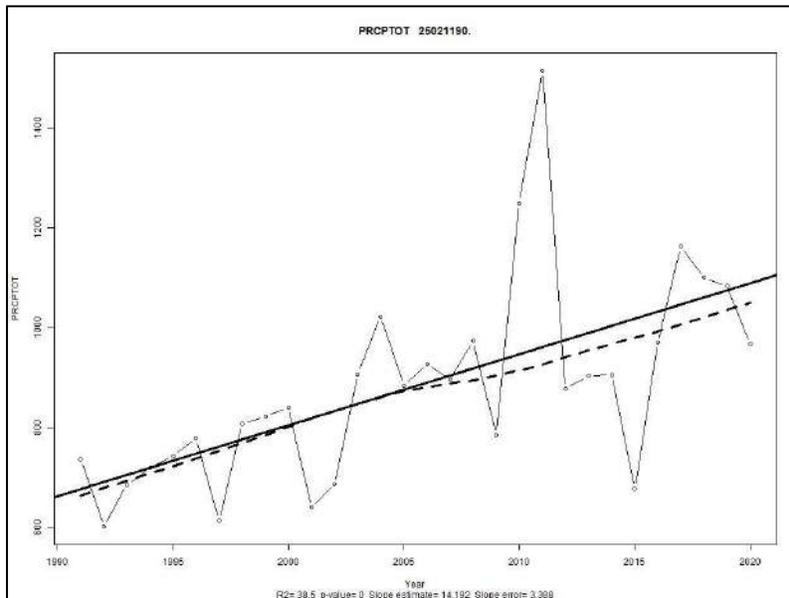
Figura 16. Mosaico de pronósticos de precipitación en el municipio de Cajicá para los lapsos 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100.

Modificado de: SIAC e IDEAM, 2017

Para el territorio comprendido por el municipio de Cajicá se espera un aumento entre el 21 y el 30% del volumen de precipitaciones respecto a las condiciones actuales, sugiriendo la mayor probabilidad de ocurrencia de eventos de lluvias extremos que potencialmente detonen inundaciones en el municipio.

En los lapsos de 2011-2040 y 2041-2070 se pronostican incrementos mayores al 30% de las precipitaciones promedio observadas en la actualidad, principalmente en cercanías del Río Bogotá en la margen oriental del municipio, factor que favorece la ocurrencia de inundaciones en el municipio principalmente.

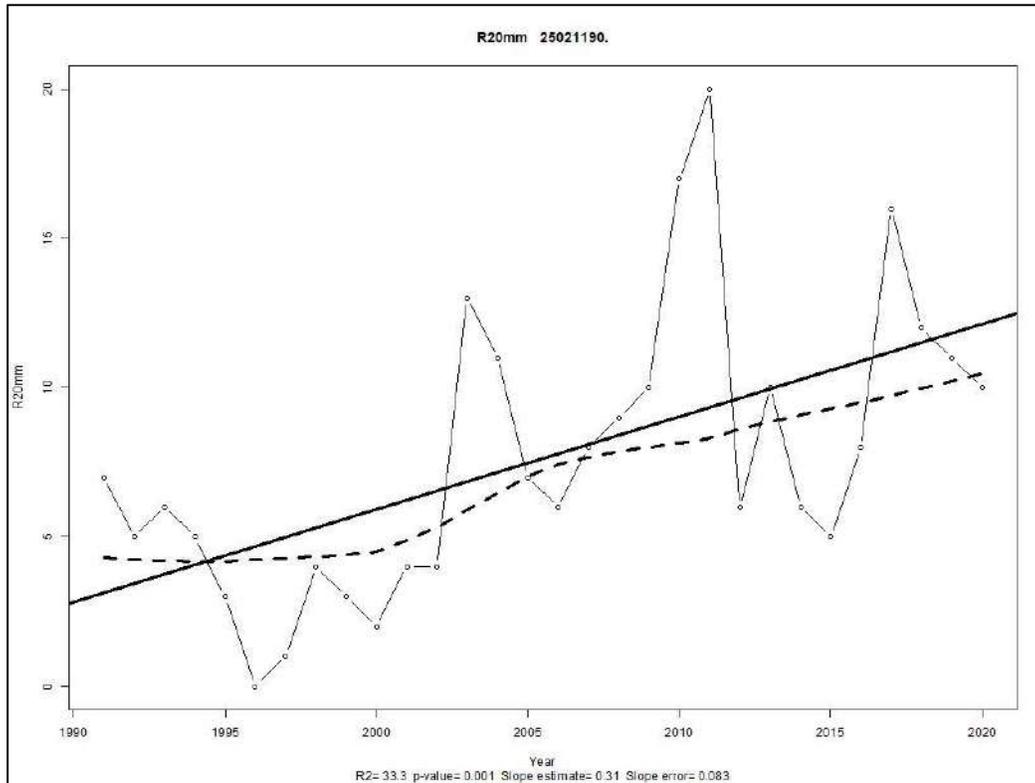
Realizando una evaluación de los efectos del cambio climático en la dinámica hidrológica del municipio, haciendo uso de los registros de precipitación diaria (1991-2020) de la estación “LA COSECHA - AUT [21205910]”, localizada en el extremo norte del municipio de Cajicá, y apelando a la herramienta “RCLIMDEX” desarrollada por el IDEAM en el año 2007, se establecieron tendencias de cambio climático, en general sugiriendo un incremento en los volúmenes de agua que se depositan sobre el territorio (Figura 17).



**Figura 17.** Tendencia de la precipitación total anual  
**Fuente:** ARCO C&C, 2021

Los resultados exhiben el aumento de la precipitación anual desde 1991 a 2020 con una tendencia a continuar en ascenso y con un porcentaje de error de cerca del 0% (p-valor=0), siendo concordante con los escenarios propuestos por el IDEAM para el municipio de Cajicá.

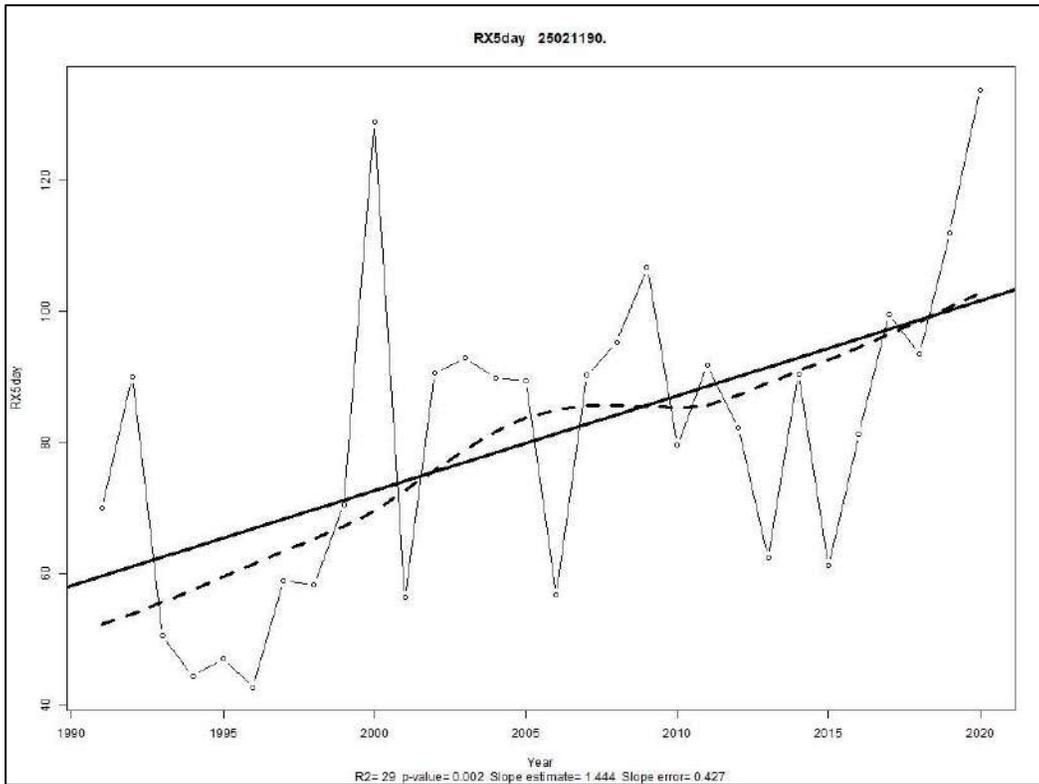
Teniendo en cuenta el incremento anual de la precipitación, es imperativo estudiar la tendencia de la región a presentar precipitaciones diarias considerables (mayores a 20mm en 24 horas), cuyo resultado se observa en la Figura 18 para la estación evaluada.



**Figura 18.** Número de días en un año con lluvia mayor a 20mm  
**Fuente:** ARCO C&C, 2021

Conforme los resultados observados, y con un porcentaje de error del 1%, existe un claro aumento en la cantidad de eventos de lluvia superiores a 20mm en el municipio de Cajicá, implicando un incremento en los eventos de precipitaciones considerables en el territorio que puedan potencialmente desencadenar procesos degradativos.

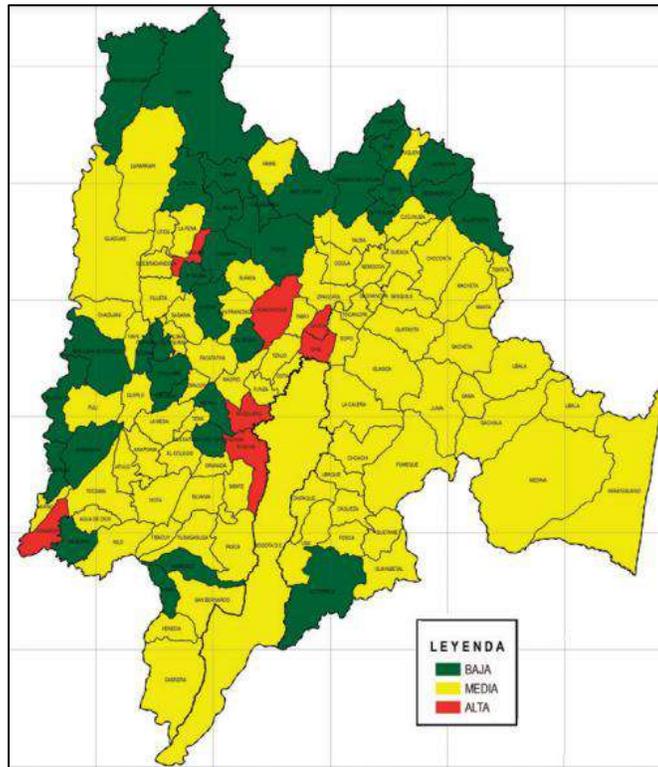
Por otra parte, para evaluar la acumulación paulatina de agua en el subsuelo que pueda sobrepasar el potencial almacenamiento del subsuelo, la Figura 19 muestra la tendencia de la región a presentar lluvias máximas durante 5 días consecutivos.



**Figura 19.** Máximo anual de precipitación en 5 días consecutivos  
**Fuente:** ARCO C&C, 2021

El aumento de la probabilidad de ocurrencia de lluvias máximas durante 5 días consecutivos implica posibles escenarios de sobresaturación del suelo dados los eventos de precipitaciones continuos, proceso que favorece la materialización de amenazas de origen hidrometeorológico en el municipio.

Finalmente, y haciendo uso de la información hidrológica, aumento poblacional y exposición de la comunidad a inundaciones, remociones en masa y demás procesos degradativos, se estableció la vulnerabilidad integral del municipio de Cajicá ante el cambio climático y sus repercusiones (Figura 20).



**Figura 20.** Vulnerabilidad integral para (a) los municipios de Cundinamarca.

**Fuente:** IDEAM y OTROS, 2014

El municipio de Cajicá cuenta con una alta vulnerabilidad ante los efectos de cambio climático para el futuro, donde el aumento de la temperatura, régimen de humedad y densidad poblacional aumentan la probabilidad de presentar eventos amenazantes que puedan afectar a la comunidad asentada.



### 3.1.10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Gran parte de la afectación por inundación sobre el municipio de Cajicá se debe a la intervención a la cual han sido sometidos los diferentes canales o vallados que, debido al crecimiento poblacional y desarrollo urbanístico, han variado el comportamiento natural del sistema de drenaje, lo que por consecuencia ante eventos de precipitación máximas provocarán como resultado un nivel de amenaza latente a inundaciones como se evidencia sobre los registros históricos, con reportes de colapso del sistema de alcantarillado, vallados cerrados por construcciones de vías, obstruidos o canalizados con diámetros que no cumplen la capacidad hidráulica, canales que no tiene conexión con el sistema de vallados, recepciona aguas lluvias locales y como no tiene conexión cuando llueve, se supera su capacidad de almacenamiento colmatándose, desborda sus aguas e inundando sus áreas adyacentes.

Caso específico de este tipo de afectaciones se presenta sobre el predio La Balsa en la vereda Rio Grande, zona colindante del Rio Bogotá, a lo largo de la vía Cajicá-Hatogrande, donde inicialmente el cuerpo de agua era un vallado, el cual con el tiempo aumentó su ancho hasta adquirir características de humedal presentado una alta colmatación de material vegetal, lo que produce un estancamiento en temporadas invernales debido a la precipitación y captación de la escorrentía provenientes de la vía. Revisando las condiciones antecedentes, de cómo era el comportamiento natural de este cuerpo se tiene que este se conectaba mediante un meandro en dirección del Río Bogotá, actuando como un regulador hídrico que con el tiempo fue desconectado por acciones antrópicas. Actualmente no tiene donde descargar las aguas que se recolectan por lo que se inunda periódicamente, por lo que como medida provisional se utilizan motobombas para evacuar las aguas hacia el Río Bogotá. Al no ser un cuerpo claramente catalogado como humedal, vallado o canal, las medidas de intervención se ven limitadas a las acciones de la comunidad.

Sobre la vereda Rio Grande se tiene vallados cerrados, sin conexión por construcción de la vía lo que hace un sector potencialmente inundable. Aguas abajo de estos vallados se tiene cuerpos artificiales de agua que solo se alimenta de aguas lluvias, por tanto, están susceptibles a desaparecer en épocas de baja pluviosidad.

Otra afectación de inundación por acciones antrópicas se da en la Quebrada de la Cruz, afluente en el cual se ha reducido el volumen de la descarga debido a su desviación por lo que como medida hidráulica ha sido ampliada su sección mediante retroexcavadora para aumentar la capacidad hidráulica. Aguas abajo se tiene una planta de tratamiento de aguas residuales donde se separa la recolección de aguas lluvias y las residuales y posteriormente vuelven a unirse, lo que indica que la medida es parcial y no eficaz, porque el objetivo es tratar solo las aguas residuales,



no las pluviales, lo que genera un costo adicional disminuyendo la capacidad de tratamiento de aguas residuales de la PTAR al incluirle el caudal generado por lluvias.

En la vereda Chuntame localizada al noroccidente del municipio de Cajicá, se presenta problemas en el sistema de alcantarillado debido a que estos son canalizados con condiciones hidráulicas que no son adecuadas para los niveles de escorrentía generados, además de la construcción de viviendas sobre la ronda de protección de los cauces, generando obstrucción y problemas de inundación. Se sugiere caracterizar el cuerpo hídrico para construir ronda de protección.

Por último, en la Verena Calahorra se tienen canales sin conexión al sistema de vallados, por lo que al captar las aguas lluvias locales y al no tener conexión, cuando llueve se supera su capacidad de almacenamiento colmatándose y desbordando sus aguas hacia las áreas adyacentes. Por otra parte, cuando ocurren estos fenómenos es necesario extraer el agua de los vallados y devolverla hacia el Río Bogotá con una motobomba, dado que los encharcamientos se conservan por largos periodos de tiempo y la conexión hasta la corriente principal no es posible debido que la CAR adquirió estos predios colindantes para hacer una zona de amortiguamiento, de tal manera que se mitigue la amenaza inundación del Río Bogotá.

Se debe establecer la diferencia y normativa correspondiente entre drenajes naturales y vallados dentro del inventario de los cuerpos de agua ante todas las entidades competentes, dado que si se reconoce un cuerpo de agua como fuente natural es posible definir la ronda hídrica (30 metros respecto al centro del cauce) con la cual se puede garantizar su comportamiento fluvial estableciendo áreas de protección ante fenómenos de inundación que no afecten a comunidades e infraestructuras aledañas ante eventos máximos a los que el cauce puede ser sometido. Mientras que los canales y/o vallados no son considerados como fuentes hídricas naturales, debido a que constituyen estructuras antrópicas. La falta de reconocimiento de estos cuerpos de agua ha generado que, sobre propiedades privadas estos vallados sean cerrados o intervenidos de manera inapropiada, reduciendo la capacidad de transporte de flujo de la escorrentía ante eventos máximos por lo que se recomienda analizar estos cuerpos con medidas de mitigación totales donde se tenga en cuenta todo el sistema y no con intervenciones parciales que si bien solucionan los problemas de inundación a corto plazo, podrían generar mayores afectaciones sobre otras zonas, trasladado de esta manera las áreas de afectación.

Los fenómenos de variabilidad y cambio climático generan cambios en las condiciones climáticas normales que en general pueden favorecer la ocurrencia de inundaciones en el municipio, dadas las anomalías en las precipitaciones y temperatura promedio.



El fenómeno de variabilidad climática que genera cambios más significativos en las precipitaciones promedio es el ENOS en sus periodos El Niño y La Niña, donde su fase fría genera un incremento considerable de eventos y magnitudes de lluvias en el municipio. Así mismo, existe una correlación entre el fenómeno de La Niña y la ocurrencia de inundaciones en el territorio nacional, por lo cual se sugiere el análisis de las variaciones en los volúmenes de precipitación y los registros de temperatura en el municipio por la influencia de este fenómeno.

La Oscilación Madden Julian y Oscilación Cuasi-Bienal genera perturbaciones en el régimen de precipitación en el territorio, por tanto, es imperativo el análisis de la fluctuación de los mismos, para conocer y pronosticar los lapsos temporales donde probablemente se desarrollen eventos de lluvia extrema que puedan desencadenar fenómenos erosivos.

Los efectos del cambio climático global se manifiestan en el incremento de la temperatura promedio en el municipio de Cajicá. Esta dinámica genera una expansión de la atmósfera y permite un mayor almacenamiento de gotículas de agua, favoreciendo la formación de nubes y repercutiendo en una tendencia a incrementar los volúmenes de precipitaciones promedio en la región.

El aumento del régimen de lluvias en el municipio incrementa la probabilidad de ocurrencia de eventos meteorológicos intensos y/o prolongados que desencadenen procesos degradativos en el área. Por tanto, es imperativa la planificación y gestión del recurso hídrico a mediano y largo plazo en la región.

Es necesario realizar acciones de prevención ante el probable aumento de las precipitaciones en el municipio, como la protección de la cobertura vegetal, programas de reforestación y demás recursos que aporten resistencia mecánica a los suelos y amortigüen los impactos de los procesos degradativos en el municipio, junto con el monitorio constante de los reportes de amenazas potenciales del IDEAM.

Es imperativa la conservación de caudales ecológicos, para con esto conservar la dinámica natural del Río Bogotá y Frío, y los demás drenajes principales del municipio, y evitar la desestabilización de los cauces que puedan favorecer la ocurrencia de eventos amenazantes.

Las medidas de conservación y manejo adecuado de los ecosistemas estratégicos y de la vegetación son vitales para facilitar la regulación natural de los ciclos hidrológicos y la conservación de suelos en el territorio, por lo cual deben tratarse como una prioridad en el ordenamiento territorial para la reducción del riesgo.



Es precisa la realización de estudios de detalle de variabilidad y cambio climático, buscando contar con insumos para la reubicación de la población vulnerable. Así mismo, es importante respetar la ronda hídrica y las zonas de alta amenaza del municipio mediante el control de construcción y perturbación del medio natural en estas regiones.

Se sugiere a la población de Cajicá poner en práctica el principio de autoconservación, estipulado en la Ley 1523 de 2012, buscando salvaguardar el medio ambiente ante cualquier acción o intervención desde una perspectiva de solidaridad social.

### 3.1.11 DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CON CONDICIÓN DE AMENAZA Y CON CONDICIÓN DE RIESGO

#### 3.1.11.1. 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:

“**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).

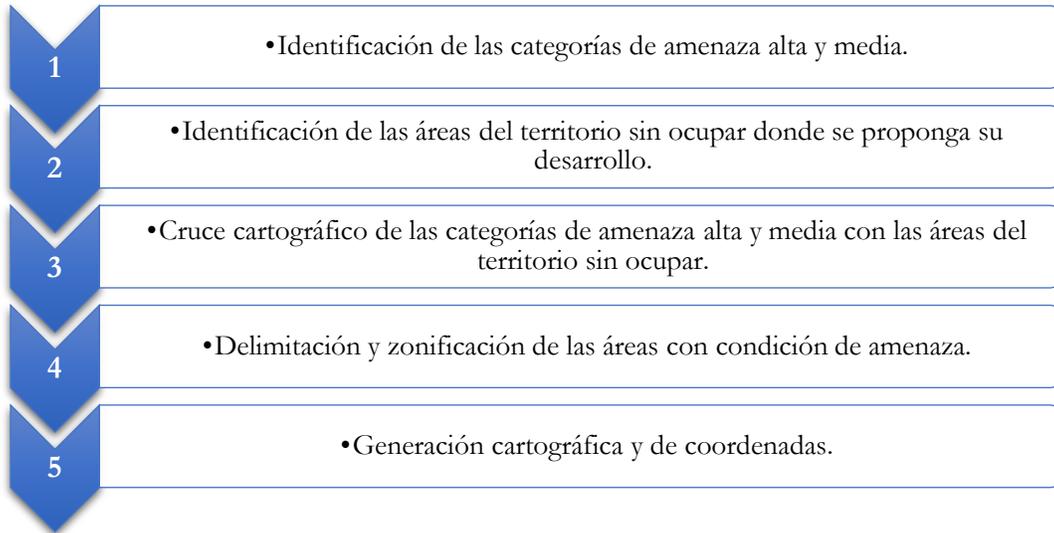
“Con fundamento en la delimitación y zonificación de amenazas, se delimitan y zonifican aquellas áreas sin ocupar del suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales en las que en la revisión o en la expedición de un nuevo POT se proponga su desarrollo.”

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 57.** Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de amenaza.

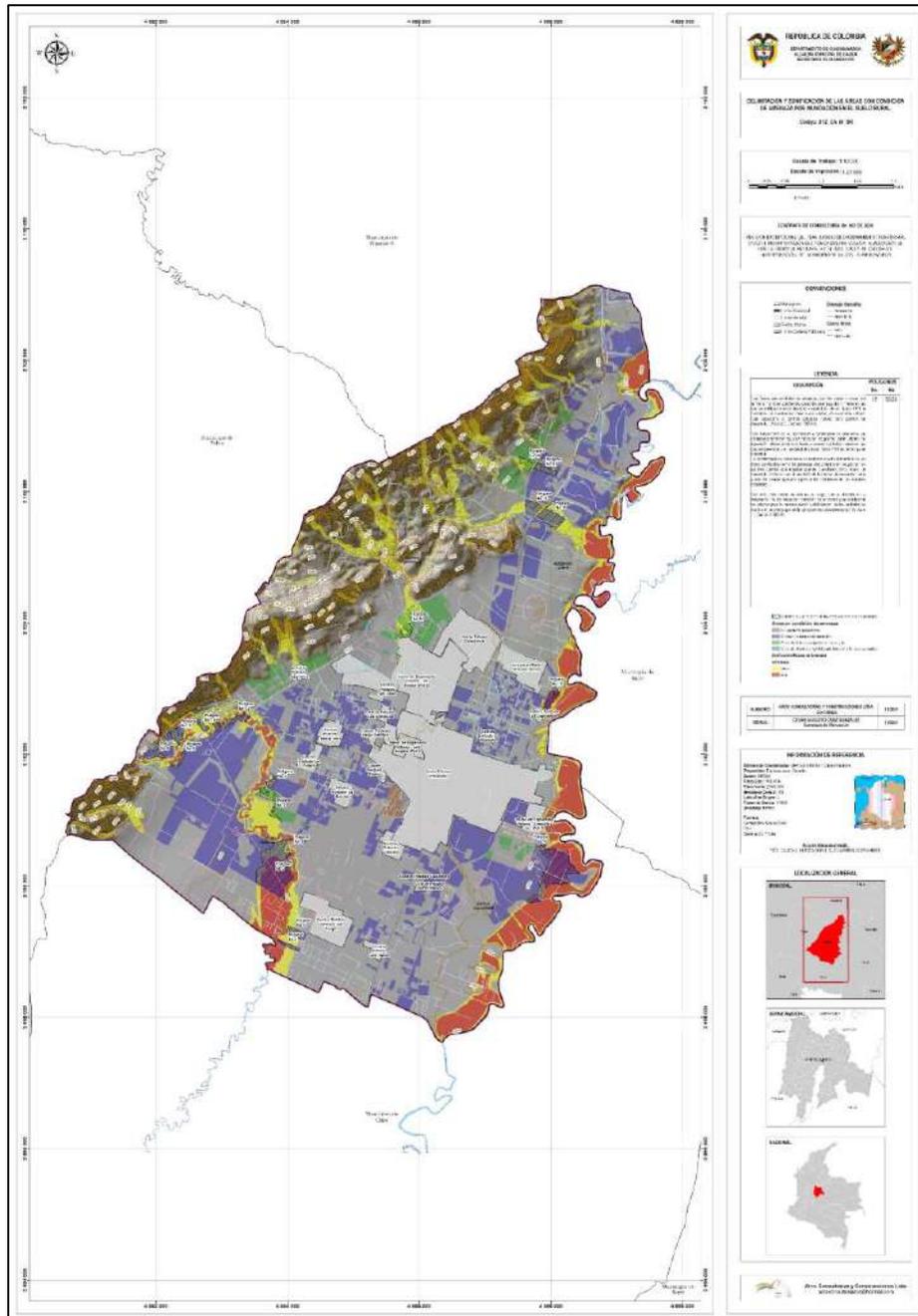
**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2021)

1. Se identifican las categorías de amenaza MEDIA y ALTA resultado de la ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA del fenómeno natural.
2. Se identifican 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, que para el suelo rural obedecen a aquellas áreas del territorio propuestas en el ordenamiento como suelo rural suburbano “con la definición de la unidad mínima de actuación y el señalamiento de los índices máximos de ocupación y construcción, los tratamientos y usos principales, compatibles, condicionados y prohibidos.” (Decreto 1077 de 2015, art. 2.2.2.2.1.4).
3. Se realiza el cruce cartográfico mediante el uso de sistemas de información geográfico teniendo en cuenta las categorías de amenaza alta y media junto con las áreas del territorio sin ocupar identificadas en el paso anterior.



4. Se delimitan y zonifican las áreas con condición de amenaza, zonificando los diferentes polígonos producto del cruce cartográfico mediante un código único (ID\_POL), así mismo se delimitan mediante vértices con coordenadas e identificadas con un código único (ID\_COORD); información cartográfica en formato feature class de ESRI en la geodatabase del fenómeno (IN\_SR.gdb) y listado de coordenadas por polígono en formato Excel.
5. Se representan cartográficamente los polígonos productos del paso anterior, en primera instancia mediante un plano general donde se identifiquen todos los polígonos de las áreas con condición de amenaza “**Plano DYZ\_CA\_IN\_SR**” (Ilustración 58), adicional se generan los planos específicos para todos los polígonos donde se incorporan las coordenadas de cada vértice “**DYZ\_CA\_IN\_SR**”.

“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 sean objeto de estudios detallados.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.4).



**Ilustración 58.** Zonificación de las áreas con condición de amenaza.

**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022)



En cuanto al resumen del total de polígonos y sus áreas:

**Tabla 18:** Resumen de las áreas con condición de amenaza.

No. Total, de polígonos	Área del territorio (ha)	Porcentaje del área total (%)
18	95,93	2,06%

**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022)

Con un total de 18 polígonos de áreas con condición de amenaza que suman un total de 95,93 hectáreas que significan un 2,06% del área total del Suelo Rural, siendo estos polígonos las áreas que serán objeto de estudios detallados (Artículo 2.2.2.1.3.2.1.4 del Decreto 1077 de 2017).

### 3.1.11.2. Delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo

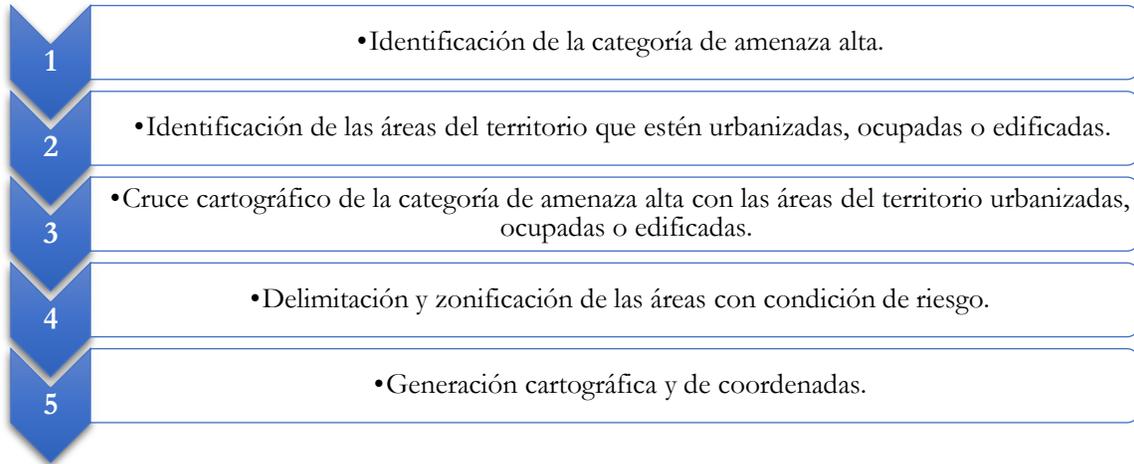
Conforme a lo señalado en el Decreto 1807 de 2014 (compilado en el Decreto 1077 de 2015), las áreas con condición de riesgo se definen bajo los siguientes lineamientos:

“**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:



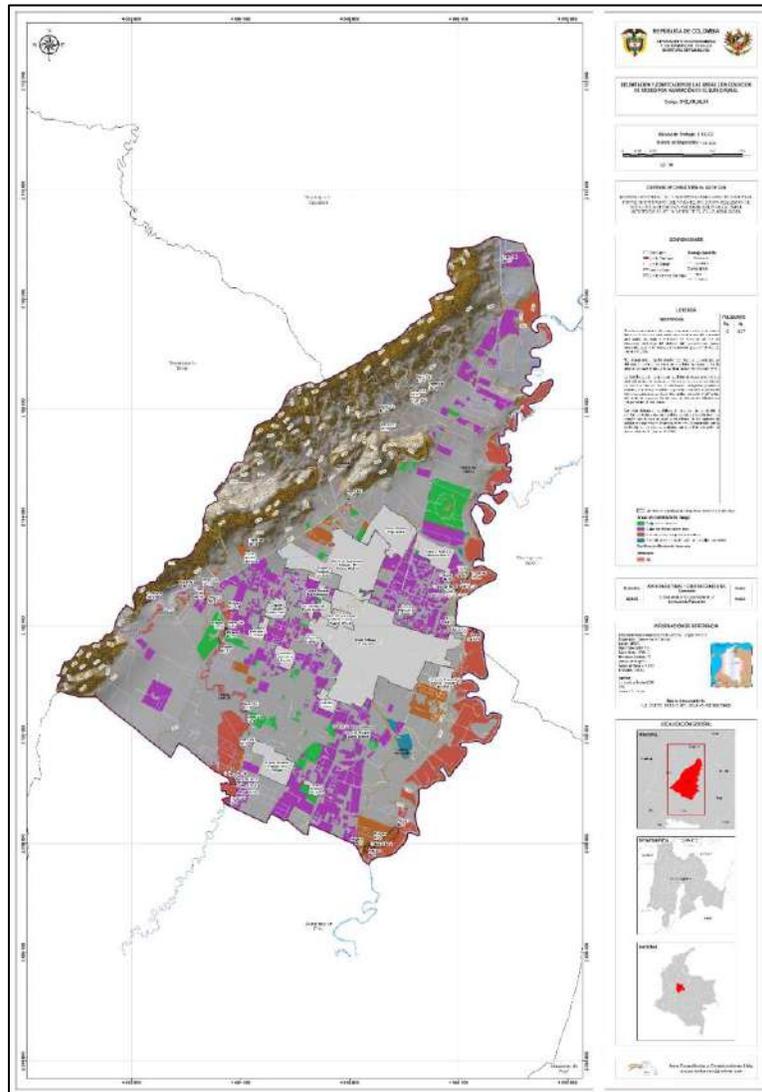
**Ilustración 59.** Proceso metodológico empleado para la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo.

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

1. Se identifican la categoría de amenaza ALTA resultado de la ZONIFICACIÓN BÁSICA DE AMENAZA del fenómeno natural.
2. Se identifican las áreas del territorio que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas, que para el suelo rural obedecen a aquellas áreas del territorio que en el ordenamiento territorial estén clasificadas como elementos del sistema vial, equipamientos e infraestructura de servicios públicos (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.1.3, Parágrafo 1).
3. Se realiza el cruce cartográfico mediante el uso de sistemas de información geográfico teniendo en cuenta la categoría de amenaza alta junto con las áreas del territorio urbanizadas, ocupadas o edificadas identificadas en el paso anterior.
4. Se delimitan y zonifican las áreas con condición de riesgo, zonificando los diferentes polígonos producto del cruce cartográfico mediante un código único (ID\_POL), así mismo se delimitan mediante vértices con coordenadas e identificadas con un código único (ID\_COORD); información cartográfica en formato feature class de ESRI en la geodatabase del fenómeno (IN\_SR.gdb) y listado de coordenadas por polígono en formato Excel.
5. Se representan cartográficamente los polígonos productos del paso anterior, en primera instancia mediante un plano general donde se identifiquen todos los polígonos de las áreas con condición de riesgo “Plano DYZ\_CR\_IN\_SR” (Ilustración 60), adicional se generan los planos específicos para todos los polígonos donde se incorporan las coordenadas de cada vértice “DYZ\_CR\_IN\_SR”.



“Con esta información se elabora el mapa con la delimitación y zonificación de las áreas con condición de riesgo y se establecen los criterios para la caracterización y delimitación de las unidades de análisis que dependen del fenómeno a estudiar y la priorización para la realización de los estudios detallados que permitirán categorizar el riesgo.” (Decreto 1077 de 2015, art 2.2.2.1.3.2.1.5).



**Ilustración 60.** Zonificación de las áreas con condición de riesgo.

**Fuente:** Arco Consultorías y Construcciones Ltda. (2022).



En cuanto al resumen del total de polígonos y sus áreas:

**Tabla 19.** Resumen de las áreas con condición de riesgo.

	<b>No. Total de polígonos</b>	<b>Área del territorio (ha)</b>	<b>Porcentaje del área total (%)</b>
Predios	16	12,02	0,259%
Sistema Vial	27	4,05	0,087%

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

Para los predios de la base catastral IGAC se identificó que con un total de 16 polígonos de áreas con condición de riesgo que suman un total de 12,02 hectáreas que significan un 0,259% del área total del Suelo rural, del sistema vial de la base cartográfica se identificó un total de 27 polígonos de áreas con condición de riesgo que suman un total de 4,05 hectáreas que significan un 0,087% del área total del Suelo Rural; siendo estos polígonos las áreas que serán objeto de estudios detallados que permitan categorizar el riesgo (Artículo 2.2.2.1.3.2.1.5 del Decreto 1077 de 2017).

### **3.1.12 MEDIDAS DE INTERVENCIÓN ORIENTADAS A ESTABLECER RESTRICCIONES Y CONDICIONAMIENTOS MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE NORMAS URBANÍSTICAS**

Los resultados de la zonificación corresponden a una aproximación simplificada para un momento determinado de un fenómeno natural altamente complejo y dinámico en el tiempo, ya que, al ser un prototipo estático de la realidad no tiene en cuenta las variaciones espacio - temporales que puedan experimentar las variables que influyen dentro del desarrollo del fenómeno, entendiéndose que, debido a la interacción del hombre con el medio y su capacidad para transformarlo, así mismo los resultados de esta zonificación deben irse actualizando. De igual forma la evaluación se presenta bajo un escala de trabajo definida y una metodología heurística definida, con lo cual la exclusión o inclusión de nuevas variables podría alterar los resultados obtenidos. Por último, se debe tener en cuenta que el riesgo sobre la amenaza objeto de estudio es derivada de los procesos de uso y ocupación del territorio, es por lo anterior que se hace necesario el establecimiento de medidas que permitan un control para la disminución del riesgo, con lo cual se propone tener en cuenta las siguientes sugerencias:



1. Como medida de intervención y mitigación se recomienda tener presente el acuerdo correspondiente al artículo 1 del Decreto 1449 de 1977, en donde se considera establecer medidas de recuperación, conservación y preservación del recurso hídrico como recurso natural renovable. La ley 79 de 1986 que define las rondas de protección y conservación de la vegetación determinados para nacimientos de aguas permanentes o intermitentes correspondiente a los cien (100) metros a cada lado de la fuente hídrica, medidos a partir del nivel máximo de aguas y el artículo 83 del decreto 2811 de 1974 que delimita una faja paralela de hasta 30 metros como máximos determinados a partir del nivel máximo de aguas para los cauces permanentes y aquellos que determine las entidades ambientales que tenga competencia dentro de la jurisdicción como área de protección o conservación aferentes según el artículo 206 de la ley 1450 de 2011.
  
2. Como medida no estructural, se propone generar acciones de prevención por parte de los entes gubernamentales encargados de la gestión del riesgo que aumente el nivel de conocimiento y de conciencia en la materia de riesgo entre los habitantes y las entidades competentes. Para ello se plantea:
  - a. Implementación de la demanda del conocimiento en gestión de riesgo dando la oportunidad obtener datos suficientes y robustos que puedan ser posteriormente analizados para crear soluciones factibles a los problemas históricos y actuales que posee el municipio, e implementarse en políticas dentro del plan de desarrollo, Plan de Gestión de Riesgo y Plan de Contingencia. Esto implica inversión en proyectos que genere conocimiento enfocado a recolectar información detallada de los eventos (se recomienda tener un formato de reporte que permita ingresar información básica del desarrollo de fenómeno como: profundidad de la lámina de agua (tirante), área afectada, tomar una huella de inundación mediante sensores remotos, daños y afectaciones, duración del eventos, factores condicionantes, factores detonantes, etc.), si se estandariza y unifica la información esta permitirá tener un tratamiento y aprovechamiento de forma más óptima.
  - b. Un sistema de alerta temprana, con un monitoreo a través de sensores de niveles localizados aguas arriba de todas las zonas urbanas y suburbanas al encontrarse en amenaza alta y media.
  - c. Construcción de estaciones hidrometeorológicas para las cuencas que conforman la zona occidental del municipio, ya que presenta ausencia de información espacial sobre la zona. La incorporación de nuevas estaciones mejora las predicciones de



las condiciones climatológicas para el municipio de Cajicá, la localización de las nuevas estaciones debe hacer bajo un diseño de muestreo que garantice la captura de la variabilidad espacial de las variables climáticas.

- d. Creación de proyectos que generen concientización de la población a través de la divulgación del conocimiento desde las escuelas hasta las asociaciones comunitarias, charlas participativas con la comunidad, campañas de divulgación y mallas informativas para que la población este constantemente alerta de las potencialidades afectaciones que el municipio puede atravesar.
3. Se recomienda realizar acciones y estrategias de concientización mediante capacitación, incentivación, seguimiento y evaluación con las familias rurales para que adopten prácticas de buen manejo y uso productivo del recurso natural renovable, con miras de lograr una agricultura sostenible y disminución de exposición al riesgo (disminución de la vulnerabilidad). Actividades como:
    - a. Concientizar a la comunidad para preservar los corredores de vegetación nativa que protegen las riberas de los cauces. La protección de la vegetación ríparia juega un papel fundamental en la regulación hidrológica, reduce los procesos de evaporización superficial del río, especialmente en tiempos de sequía; frena de igual forma a violencia de las crecidas al mantener permeabilidad y capacidad de desagüe en los suelos; ayuda a estabilizar las márgenes de los ríos reduciendo la erosión lateral de estos, el arrastre de material y favoreciendo los procesos de sedimentación.
    - b. Incentivar a la construcción de obras civiles eco-sostenibles y de protección de los taludes de las márgenes de las fuentes hídricas, que sea ambientalmente sostenibles y no generen un impacto sobre la dinámica fluvial.
    - c. Actividades de reforestación en las partes altas de las cuencas con vegetación nativa, permitiendo la regulación de flujo de agua lluvia de forma más eficiente, reduciendo los niveles extremos de los caudales y la capa freática, disminuye la posibilidad de generar inundaciones tanto por encharcamiento como por desborde de cauces.
    - d. Concientizar a la gente de no construir cerca de las riberas de los ríos, quebradas y demás fuentes de agua loticos, con el fin de reducir la exposición ante las amenazas presentes.



4. Ya que el municipio cuenta con instrumentos de planificación para la gestión de riesgo como lo es el plan municipal para la gestión de desastres y estrategias municipales a emergencias, se recomienda su actualización constante, ya que se espera que dicho instrumento genere reducción del riesgo al tener un buen protocolo de actuación ante un evento que se presente, recordando que la preparación ante los eventos permite salvaguardarse.
5. De igual forma, se espera un empoderamiento o apropiamiento de los entes territoriales ante los eventos que se presentan dentro del municipio, teniendo presente el fortalecimiento de las intercomunicaciones con las diferentes entidades como CMGRD, IDEAM, CAR y gobernación de Cundinamarca en la actuación antes, durante y después de las emergencias.
6. Se debe mantener la cultura de fortalecimiento en el conocimiento y prevención a partir de la evaluación y capacitación permanente de los entes territoriales sobre la temática de gestión de riesgo y disposición de los mismo.
7. Como medidas urbanísticas en zonas calificadas con condición de amenaza y riesgo se recomienda:
  - a. Los desarrollos urbanísticos que se deseen realizar en los predios que se encuentren ubicados en zonas clasificadas como suburbanas con condición de amenaza media o alta estarán sujetos a la realización de estudios detallados (aplica para todas las zonas suburbanas ya que están condicionadas por la amenaza a inundación). Estos estudios detallados deberán dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1077 de 2015 o a la norma que la modifique, adicione y/o sustituya, y deberán ser realizados y debidamente firmados por el profesional idóneo en la materia.
  - b. De igual forma para la construcción de edificaciones, infraestructura convencional de apoyo a los procesos productivos o infraestructura de: servicios públicos, equipamientos comunales, educativos y/o recreacionales, sobre terrenos en condición de amenaza deberán realizar los estudios técnicos detallados cumpliendo lo establecido con el Decreto 1077 de 2015. Mientras no se realice los estudios detallados y las obras o medidas de mitigación a que haya lugar, estos predios no podrán ser objeto de intervención.

 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
	SUELO RURAL	ESTUDIO BÁSICO DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	CAJICÁ	

- c. Se recomienda que los equipamientos que se encuentren en zonas con condición de riesgo por inundación, sean objeto de elaboración de estudios de detalle por parte del municipio, con fin de estimar el nivel de riesgo en estas áreas. La priorización puede realizarse en función la recurrencia del evento y el tipo de inundación.
  - d. Otra variable para incluir la forma de priorización de los estudios, puede ser agregar variables para discernir la vulnerabilidad como lo es número de estudiantes y/o pacientes, etc.
  - e. 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 y es deber de planeación municipal verificar la construcción de las obras.
  - f. Continuar con el mantenimiento de continuo y permanente de los canales, quebradas y ríos. De igual forma se deben realizar estudios que determinen causales y estado de las estructuras hidráulicas del municipio y con ello generar medidas de reforzamiento, o rediseño de las obras que así lo requieran, teniendo presente la funcionalidad, ya que estas deben soportar los volúmenes según el diseño del análisis hidrológico del sector y se debe mantener una adecuación y evaluación de su funcionamiento ya que las condiciones son cambiantes en el tiempo.
8. Los estudios a realizar deben efectuarse bajo un enfoque físico regional que son las soluciones reales a largo plazo de los problemas del Municipio de Cajicá, mientras que la soluciones que se plantean y se han venido realizando solo solucionan problema locales son funcionales a corto plazo, eficaces de forma puntual pero dado que las corrientes hídricas son sistemas dinámicos puede que evolucionen consecuencias indeseables aguas abajo, lo que aumenta la presión del sistema como ha ocurrido y no suele ser la solución óptima.
  9. Al oriente de Cajicá se presenta pendientes muy planas, cuyos suelos se conforman de materia orgánica y de arcillas, muchos de ellos de estos terrenos están a una cota inferior que los cauces adyacentes, y geomorfológicamente corresponde a zonas de amortiguación hidráulica. Sobre estas zonas se requiere realizar estudios para determinar las áreas deprimidas que bajo las condiciones topográficas, morfométricas, edafológicas,



geológicas y de clima presentan limitaciones del terreno debido a la baja capacidad de evacuación de los excesos hídrico, lo que generan inundaciones por largos periodos de tiempo y niveles freáticos superficiales, estas zonas anegadas pueden tener un manejo:

- a. Ambiental (de conservación)
  - b. Agrohidrológico para el aprovechamiento de los excesos hídricos a través de circuitos hidrológicos que pueden alimentar lugares menos productivos o ser almacenada para tiempos de déficit, permitiendo una evacuación contralada sin repercutir la dinámica aguas abajo. Es una forma de rehabilitar los campos deprimidos resolviendo los problemas de anegamiento al tener un uso eficiente del agua y teniendo presente las prácticas de mejoramiento y remediación de suelos, adaptación de especies nativas e implementadas y seguridad en la planificación de las actividades agropecuarias
  - c. Para los suelos considerados suburbanos como es el suelo que encuentra dentro de la zona geomorfológicamente identificada como anegadas, se considera tener estudios detallados que indiquen si el riesgo es mitigable y de ser mitigable que medidas estructurales y no estructurales deben ser incorporadas para la viabilidad de este uso de suelo.
- 10.** Si se disponen de estudios detallados que al evaluarse cumplen con los lineamientos expedidos en el Decreto 1807 de 2014, deberán añadirse al Documento Técnico de Soporte, y en consecuencia incorporarse durante la revisión y/o actualización del POT.



### 3.1.13 REFERENCIAS

Amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones en el Valle de Aburrá. Formulación de Propuestas de gestión del riesgo, Facultad de Arquitectura, Universidad nacional de Colombia, junio 2009.

Aristizábal, V. M. (2013). Modelos hidrológicos e hidráulicos de zonificación de la amenaza por inundación en el municipio de La Dorada Caldas. Manizales: CORPOCALDAS.

Acuerdo N° 16 de 2014 “Por el cual se adopta la revisión general del plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Cajicá adoptado mediante el acuerdo número 08 de 2000 y modificado por los acuerdos municipales 009 de 2002, 007 de 200, 21 de 2008”.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA. Ajuste del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Bogotá. 1998 a 2018 (febrero).

Evaluación y zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de san Rafael - oficina de control estratégico – CORNARE – 2.006

Monsalve G., "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Santafé de Bogotá D.C., julio de 1995

Remeneiras G., "Tratado de Hidrología Aplicada", Editores Técnicos Asociados S.A., Barcelona, España, 1974.

Hjelmfelt, Jr. A., Cassidy, J. J., "Hydrology for Engineers and Planners", Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1976.

Chow, Ven Te., "Handbook of Applied Hydrology", McGraw Hill Book Company, 1984.

Chow V.T., Maidment D.R., Mays L.W., "Applied Hydrology", McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series, New York, U.S.A., 1988.

Plan Municipal de la Gestión del Riesgo (PMGR). Consorcio Consultoría Cajicá. Abril de 2019.

Maza Álvarez José A., García Flores Manuel, "Manual de Ingeniería de Ríos", Capítulo 12, Estabilidad de Cauces, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Proyecto 8310, México, septiembre 1989.



Maza Álvarez José A., “Socavación en Cauces Naturales”, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, junio de 1968.

Flórez, A. y Suavita, M. 1997. Génesis y manifestación de las inundaciones en Colombia. En: Cuadernos de Geografía, Vol. VI, No. 1-2. p. 60-110

Zonificación de inundaciones, movimientos en masa y avenidas torrenciales con fines de ordenamiento territorial en Bogotá. IDIGER. 2017.

SCG. (2015b). ANEXO A, GLOSARIO DE TÉRMINOS GEOMORFOLÓGICOS. Bogotá.

SGC. (2012). Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza, Escala 1:100.000. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

SGC. (2015a). Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa a escala detallada.