

ANÁLISIS DE RIESGO DE INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE CAJICÁ – CUNDINAMARCA A TRAVÉS DE LA HERRAMIENTA DE ARCGIS PRO

Diego Andrés Rojas Estrada – darojase@unadvirtual.edu.co

Edwin Alexander Hernández Pedraza - eahernandezpe@unadvirtual.edu.co

Docente asesor - Yetfersson Arley Serrato Velosa

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo modelar el riesgo de inundación en el municipio de Cajicá, Cundinamarca, mediante un análisis multicriterio espacial apoyado en Sistemas de Información Geográfica. La metodología integró variables físicas e hidrológicas como elevación, pendiente, precipitación, distancia a drenajes y cobertura del suelo, las cuales fueron estandarizadas, ponderadas y combinadas para generar un mapa de susceptibilidad a inundaciones. Los resultados permitieron clasificar el territorio municipal en cinco niveles de riesgo, evidenciando que aproximadamente el 47 % del área analizada se concentra en las categorías de riesgo alto y muy alto, principalmente en zonas planas, cercanas a drenajes naturales y áreas históricamente intervenidas. Esta condición representa una alta exposición para la infraestructura urbana, los sistemas productivos agropecuarios y la población asentada en estos sectores. El análisis confirma la utilidad de los SIG como herramienta para la identificación de áreas críticas y la toma de decisiones en procesos de planificación territorial y gestión del riesgo, constituyéndose en un insumo técnico relevante para la formulación de estrategias de prevención y adaptación frente a eventos de inundación en el municipio.

Palabras claves: Modelación espacial; Riesgo de inundación; Análisis multicriterio; Zonas bajas. Gestión hidrológica; vulnerabilidad territorial; cartografía ambiental; dinámica fluvial.

Introducción

El incremento en la frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos se ha consolidado como uno de los principales retos ambientales a escala global y local. En particular, las inundaciones representan uno de los fenómenos naturales con mayor impacto sobre la población, la infraestructura y los sistemas productivos, especialmente en territorios donde las condiciones geomorfológicas y los procesos de ocupación del suelo incrementan la vulnerabilidad (IDEAM, 2023, pp. 49–52).

En Colombia, los escenarios de cambio climático proyectan un aumento en la variabilidad de las precipitaciones y en la ocurrencia de eventos de lluvia intensa, lo que exige incorporar criterios de riesgo en los procesos de planificación territorial (IDEAM, 2024, pp. 12–18). En este contexto, municipios de la Sabana de Bogotá, como Cajicá, presentan una alta susceptibilidad a inundaciones debido a su localización en superficies planas, la presencia de antiguos humedales y la transformación progresiva de los sistemas naturales de drenaje (CAR Cundinamarca, 2022a, pp. 37–39).

El análisis del riesgo de inundación constituye un insumo fundamental para la gestión del territorio, ya que permite identificar zonas críticas, priorizar acciones preventivas y orientar la toma de decisiones en instrumentos como el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. En este sentido, los Sistemas de Información Geográfica se han consolidado como herramientas clave para la integración de información espacial y la aplicación de metodologías de análisis multicriterio, facilitando la elaboración de mapas de susceptibilidad con alto nivel de detalle y coherencia territorial (Malczewski, 1999, pp. 79–85).

El propósito de este estudio es aplicar un modelo de análisis multicriterio en SIG para generar un mapa de riesgo de inundación del municipio de Cajicá, identificando las zonas más susceptibles y aportando insumos técnicos que contribuyan a la planificación y gestión del riesgo a escala municipal.

Objetivos

General

Modelar el riesgo de inundación en el municipio de Cajicá – Cundinamarca, mediante técnicas de análisis multicriterio en sistemas de información geográfica, con el fin de evaluar el impacto ambiental y paisajístico del fenómeno y aportar insumos cartográficos para la ordenación agroambiental del territorio.

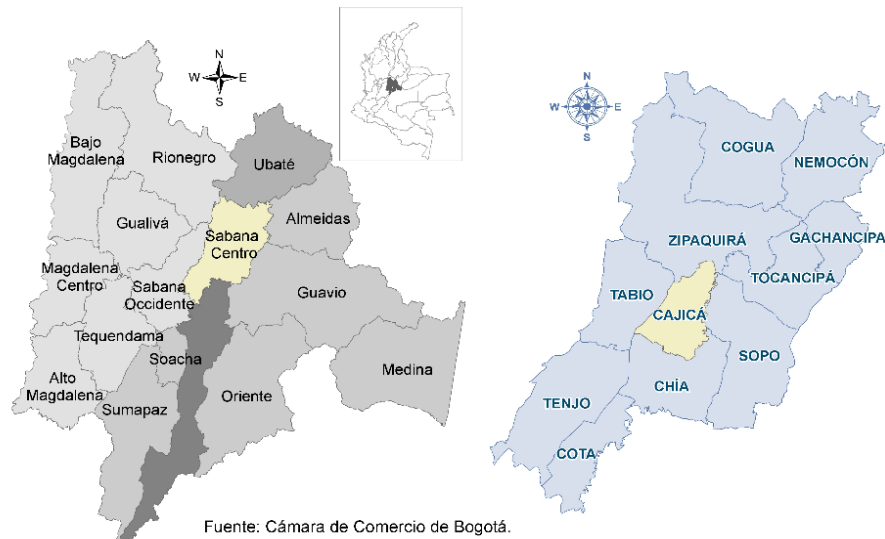
Específicos

1. Analizar metodologías de evaluación del impacto ambiental relacionadas con el riesgo de inundación, argumentando la aplicación de técnicas de modelación espacial como herramienta para el ordenamiento agroambiental del territorio.
2. Construir productos cartográficos digitales en ArcGIS Pro a partir de la integración de variables topográficas, hidrológicas y de uso del suelo, representado espacialmente las zonas de susceptibilidad a inundaciones en el municipio.
3. Aplicar los fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica al análisis del territorio rural y sus sistemas productivos, interpretando las áreas vulnerables a inundaciones y su relación con el uso agroambiental del suelo en Cajicá.

Identificación del caso de estudio

El municipio de Cajicá se localiza en el departamento de Cundinamarca, dentro de la provincia de Sabana Centro, a aproximadamente 39 km al norte de Bogotá D.C. Presenta una extensión territorial cercana a los 52,8 km², una altitud promedio de 2.558 metros sobre el nivel del mar y una temperatura media anual aproximada de 14 °C, condiciones características del piso térmico frío de montaña. Limita al norte con el municipio de Zipaquirá, al sur con Chía, al oriente con Sopó y al occidente con Tabío (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2023; Gobernación de Cundinamarca, 2022).

Figura 1. Ubicación geográfica Cajicá



Nota: En la imagen se puede ver la ubicación espacial del municipio de Cajicá

El territorio municipal está conformado por un área urbana relativamente reducida, cercana a los 2,7 km², que ha experimentado un crecimiento sostenido en las últimas décadas, y por una amplia zona rural distribuida en varias veredas. Desde el punto de vista fisiográfico, Cajicá se ubica en el altiplano andino, presentando sectores predominantemente planos combinados con áreas de pendientes moderadas, las cuales influyen directamente en la dinámica de la escorrentía superficial. Zonas como el sector de La Cumbre evidencian cómo estas pendientes condicionan el flujo del agua y la concentración de escorrentías, especialmente durante eventos de precipitación intensa (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2021).

Históricamente, el municipio contaba con una red de drenajes naturales conocidos localmente como *vallados*, los cuales cumplían una función clave en la evacuación de aguas superficiales y en la mitigación de procesos de inundación. Sin embargo, la expansión urbana y la transformación del uso del suelo han generado la ocupación y, en algunos casos, la obstrucción o eliminación de estos sistemas de drenaje, alterando el comportamiento natural de los cauces y aumentando la vulnerabilidad frente a eventos de acumulación hídrica, particularmente en zonas urbanizadas sobre antiguos corredores de drenaje (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR], 2020).


La red hídrica del municipio se ha visto afectada por el avance de la frontera urbana, agrícola y ganadera, lo que ha reducido significativamente las áreas de infiltración natural del suelo. Esta situación favorece la acumulación superficial de agua durante las temporadas de lluvia y la formación de zonas inundables, especialmente en áreas bajas y en sectores donde convergen canales naturales y artificiales de drenaje (CAR, 2020; Alcaldía Municipal de Cajicá, 2021).

Desde el punto de vista climático, Cajicá presenta un clima clasificado como templado húmedo de montaña, con precipitaciones distribuidas a lo largo del año y una precipitación media anual cercana a los 1.493 mm. Los mayores valores de precipitación se registran generalmente durante el primer semestre del año, con

picos importantes en el mes de abril, mientras que los niveles más bajos suelen presentarse en el mes de agosto. Este patrón pluviométrico, en conjunto con las características topográficas y los cambios en el uso del suelo, genera condiciones propicias para la ocurrencia de eventos de inundación en zonas agrícolas, áreas urbanas en expansión y sectores asociados a antiguos drenajes naturales (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2022).

En este contexto, la combinación entre la forma del relieve, la altitud, el régimen de lluvias y las transformaciones del paisaje hace de Cajicá un municipio con una susceptibilidad relevante frente al riesgo por inundaciones. Comprender estas características resulta fundamental para la planificación territorial, la gestión adecuada del crecimiento urbano y rural, y la implementación de medidas orientadas a la protección de los sistemas naturales de drenaje, con el fin de reducir la exposición de la población ante eventos hidrometeorológicos extremos.

Figura 2. Datos municipio de Cajicá

Eventos históricos 

Fundación: 5 de marzo de 15371, Gonzalo Jiménez de Quesada
Superficie Total: 51 km²
Altitud – Media: 2558 m s. n. m.
Distancia: 17 km a Bogotá
Gentilicio: Cajiqueño, -a
NIT: 899.999.465-0
Código DANE: 25266

Nota: Información Cajicá, Sitio Oficial del Municipio

Metodología de investigación

Para el desarrollo del proyecto, se empleó un análisis multicriterio en el cual se establecieron diferentes etapas o fases, cada una de ellas relacionada con los diferentes objetivos específicos de nuestra investigación.

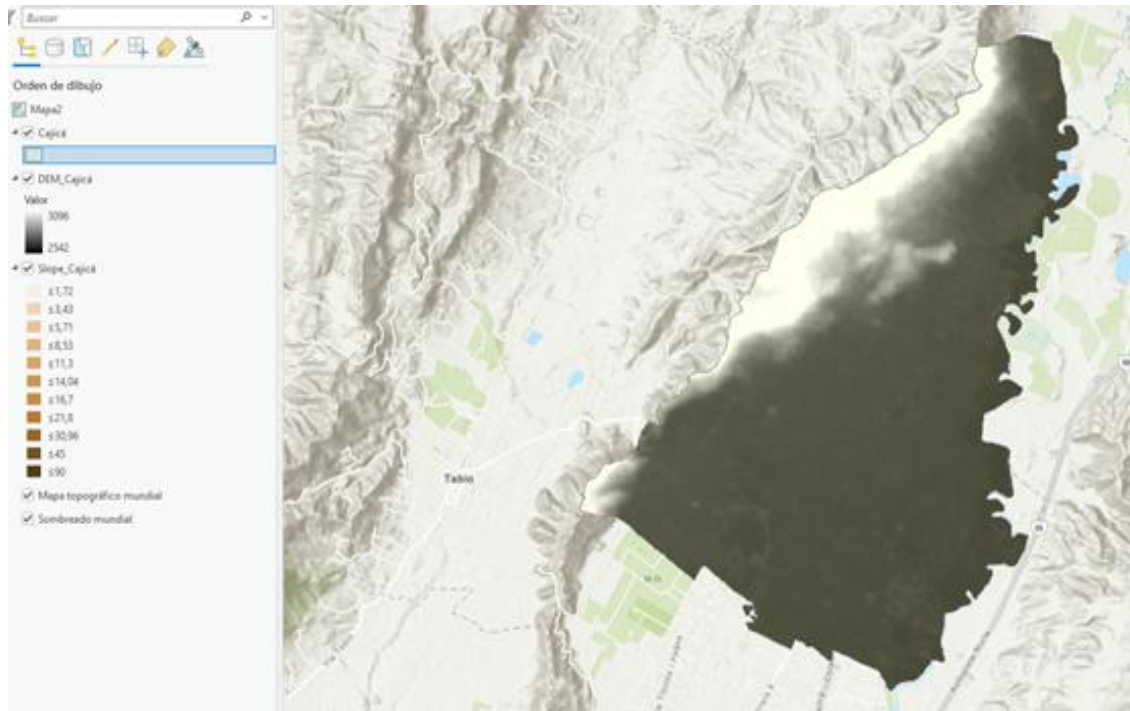
Fase 1. En esta fase realizamos un planteamiento del cómo paso a paso podemos identificar el riesgo de inundación para el municipio de Cajicá, para lo cual se establece el programa Arcgis Pro como mejor opción y con él, realizar la modelación agroambiental del territorio del municipio, analizando su comportamiento según las siguientes condiciones planteadas, que a su vez sirvieron para determinar los riesgos de inundación a través de un producto cartográfico:

- a. Creación de un proyecto nuevo en el aplicativo ArcGIS pro, en el cual se establece el mapa del municipio de Cajicá y posterior a ello agregaremos el DEM (modelo de elevación digital). Vale la pena resaltar que todo esto se trabaja con el mismo sistema de coordenadas Magna sirgas 12 y se desarrolla con la finalidad de identificar el territorio geofísico del municipio e ir analizando los

posibles comportamientos de las escorrentías y las zonas más bajas, pues pueden llegar a ser las más susceptibles.

En la siguiente imagen podemos observar lo mencionado anteriormente:

Figura 3. Mapa de Cajicá y DEM ArcGIS Pro

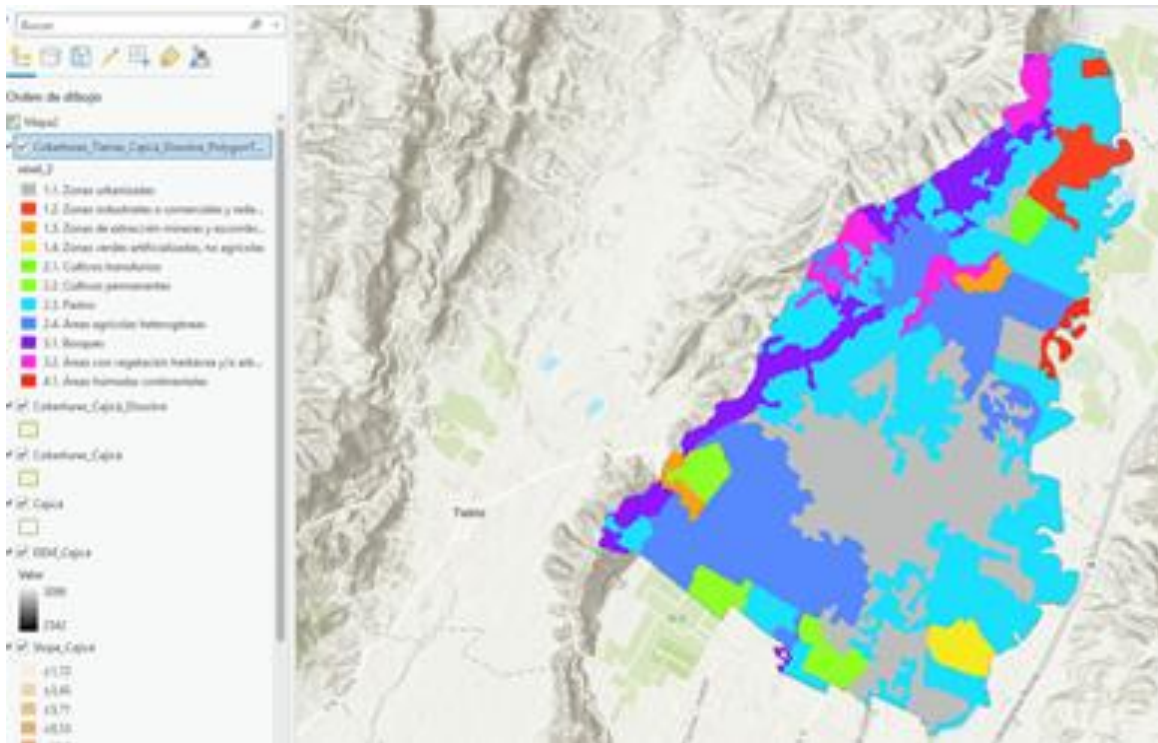


Nota: Esta capa nos permite identificar zonas altas y bajas del municipio

- b. Teniendo ya cargado el modelo de elevación y las pendientes del municipio, procedemos a incorporar la información de la cobertura de tierras del municipio, pero teniendo en cuenta que nuestras bases de datos eran de regiones más grandes, empleamos una geo herramienta de proceso para recortar únicamente la información correspondiente al municipio seleccionado.
- c. Posterior a ello se realiza otro geo proceso llamado disolver, con el fin de tener datos más fáciles de trabajar y en una cantidad inferiormente significativa.
- d. En este paso lo que se realiza es la transformación de nuestra parte vectorial a raster, con el fin de tener una mayor cobertura de las zonas del municipio ya habladas. (Esto se hace empleando la geo herramienta de polígono a ráster).
- e. Posterior a ello se incorpora una capa en la cual nos indica la cantidad y el comportamiento de las precipitaciones en la región donde se encuentra Cajicá durante el mes de abril. Aquí vale la pena aclarar, que según el IDEAM el mes más lluvioso es noviembre, pero según fuentes municipales y las constantes alertas naranja en el municipio por inundación, son del mes de abril, por ello seleccionamos dicho mes.
- f. Extracción por máscara, nuevamente empleamos este geoproceto para recortar únicamente la información correspondiente a nuestro municipio.

En la siguiente imagen, podemos ver nuestro mapa de las precipitaciones municipales en el mes de abril, con todas las demás capas que se llevan hasta el momento cargadas, este mapa nos permite analizar el comportamiento hídrico del municipio e identificar zonas con niveles superiores de precipitaciones y empezar a determinar comportamientos del recurso hídrico:

Figura 4. Capa de precipitaciones mes de abril en Cajicá

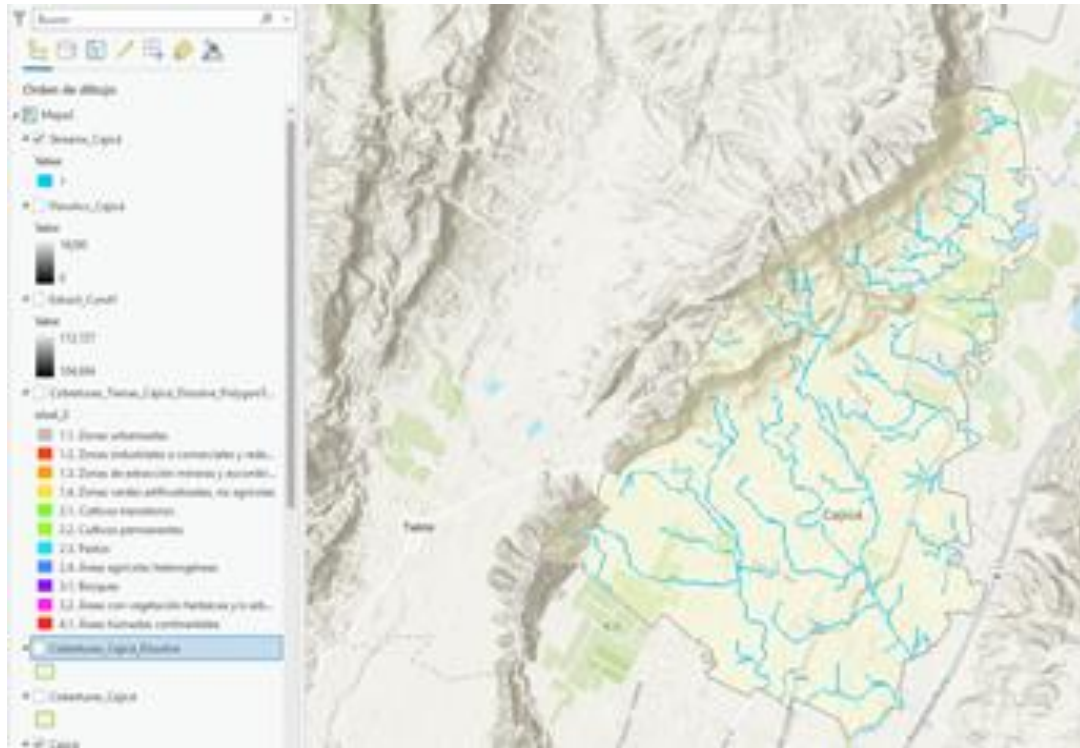


Nota: el estudio se desarrolla en el mes de abril y la capa nos permite identificar el comportamiento de este mes.

- g. Se continúa haciendo un proceso muy similar con una capa llamada acumulación de flujo municipal, la cual nos deja ver los drenajes, pero al ser demasiados, procedemos a emplear otra herramienta de geo proceso llamada reclasificar por máscara y allí, meteremos solo los valores que deseemos ver y descartamos los más bajos ya calculados previamente. Este paso es de vital importancia, pues generalmente en las cercanías a los drenajes, vamos a encontrar zonas inundables y riesgos mayores, además nos permite ver una clara relación entre zonas bajas y principales drenajes.

En la siguiente imagen podrán ver el resultado del geoproceto.

Figura 5. Drenajes del municipio de Cajicá



Nota: En esta ilustración vemos la acumulación de drenajes principales del municipio de Cajicá

Fase 2. Modelación del riesgo de inundación:

a. Se inicia reclasificando todas las capas a valores en común y para ello se emplean los siguientes valores:

Tabla 1. Reclasificación de capas

CLASIFICACIÓN CUALITATIVA	VALORES
Riesgo muy bajo	2
Riesgo bajo	4
Riesgo medio	6
Riesgo alto	8
Riesgo muy alto	10

Vale la pena mencionar que esta reclasificación también se realizó con una herramienta de geoprocésamiento en el programa ArcGIS Pro y se hizo de manera independiente la de:

- DEM – Diseño de elevación digital
 - Slope – Pendiente
 - Precipitación mes de abril
 - Distancia de drenajes.
 - Cobertura de tierras
- b. Teniendo en cuenta todas las capas reclasificadas, se realiza una suma ponderada, esto se realiza a través de otra herramienta de geoprocésamiento llamada “Suma Ponderada”. Allí como raster de entrada seleccionamos los cinco ya reclasificados, asignamos valores calculados a cada uno anteriormente y daremos ejecutar.
- c. Finalmente se hace una reclasificación del raster de ponderación en cinco clases, utilizando la información de la tabla que veremos a continuación, para asignar una simbología de color que represente los diferentes niveles de riesgo y se hable un mismo idioma en el análisis de los resultados:

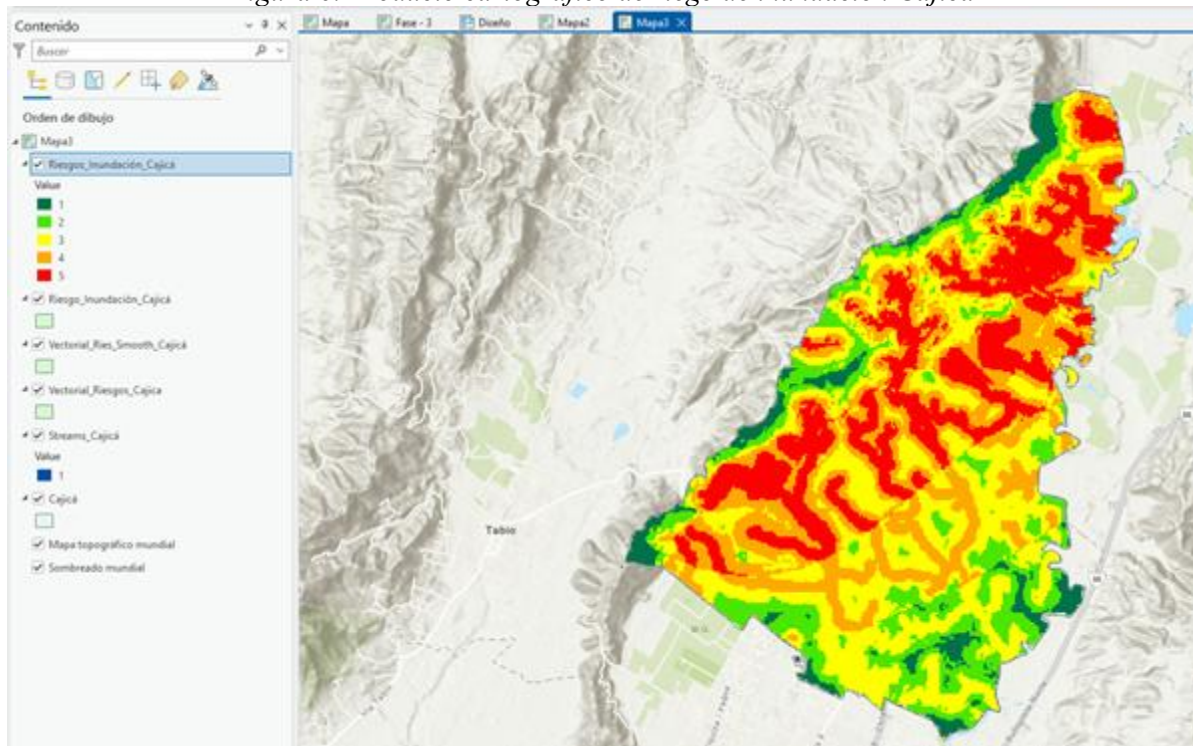
Tabla 2. Simbología para cada tipo de riesgo de inundación

VALORES	SIMBOLOGÍA
1	
2	
3	
4	
5	

Nota: esta simbología nos permite homogenizar los tipos de riesgo y asociarlos con un color respectivo

- d. Hasta este punto se logra el siguiente diseño, siendo ya evidentes ciertas regiones que se encuentran cercanas a las zonas más bajas y a los cauces de drenajes como potenciales a riesgos de inundación.

Figura 6. Producto cartográfico de riego de inundación Cajicá



Nota: identificación de zonas sensibles

Segunda etapa. Productos cartográficos

- a. Se inicia reclasificando nuevamente todas las capas a valores en común y para ello se emplean los valores mencionados en la tabla 1.

Vale la pena mencionar que esta reclasificación también se realizó con una herramienta de geoprocésamiento en el programa ArcGIS Pro y se hizo de manera independiente la de:

- DEM – Diseño de elevación digital
 - Slope – Pendiente
 - Precipitación mes de abril
 - Distancia de drenajes.
 - Cobertura de tierras
- b. Teniendo en cuenta todas las capas reclasificadas, se realiza una suma ponderada, esto se realiza a través de otra herramienta de geoprocésamiento llamada “Suma Ponderada”. Allí como raster de entrada seleccionamos los cinco ya reclasificados, asignamos valores calculados a cada uno anteriormente y daremos ejecutar.

Tabla 3. Ponderados por capa

FACTOR	PORCENTAJE	/100
Modelo de elevación digital DEM	10%	0,1
Pendientes	15%	0,15
Cobertura de tierras	10%	0,1
Precipitación	35%	0,35
Distancia entre drenajes	30%	0,3
Total	100	1

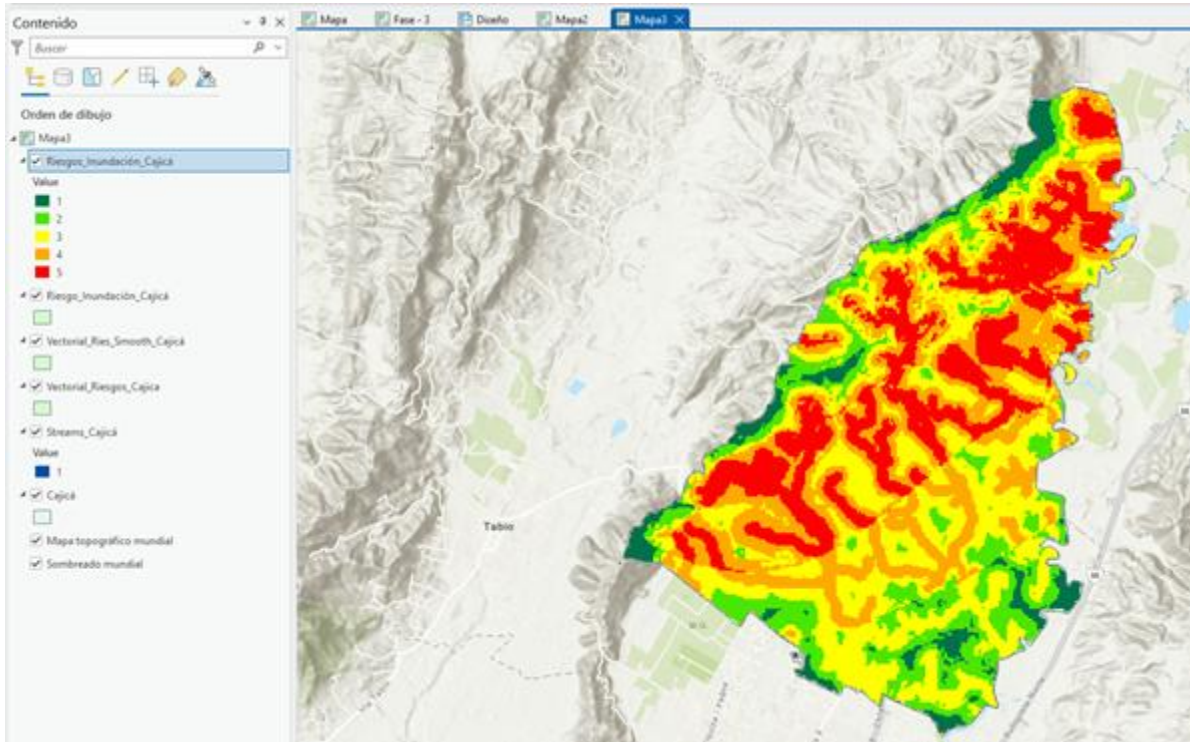
- c. Finalmente se hace una reclasificación del raster de ponderación en cinco clases, utilizando la información de la tabla que veremos a continuación, para asignar una simbología de color que represente los diferentes niveles de riesgo y se hable un mismo idioma en el análisis de los resultados:

Tabla 4. de riesgo por inundación

VALORES	SIMBOLOGÍA
1	
2	
3	
4	
5	

- d. Hasta este punto se logra el siguiente diseño, siendo ya evidentes ciertas regiones que se encuentran cercanas a las zonas más bajas y a los cauces de drenajes como potenciales a riesgos de inundación.






Figura 7. Producto cartográfico de riesgo de inundación Cajicá



Tercera parte. Construcción de producto cartográfico:

- Primero que todo, transformamos la capa obtenida en la fase anterior a una capa de polígono, para lo cual se empleó el geoproceso de “conversión de ráster a polígono”
- En el resultado del paso anterior vimos unos muy cerrados por lo cual, emplearemos otra herramienta del programa llamada suavizar polígono, posterior a ello, usaremos la herramienta dissolve para simplificar los datos.
- Teniendo este resultado, en la tabla de atributos crearemos dos columnas nuevas, una para la clase de riesgo y la otra para la extensión o área en Km cuadrados.
- En el caso de la columna de clase de riesgos asignamos valores que veremos a continuación y que son homogéneos con los que trabajamos en la fase 1:

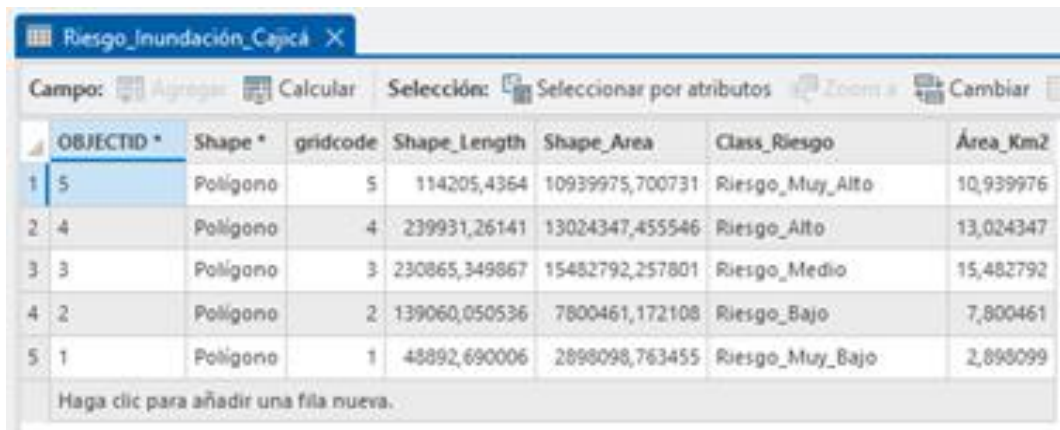
Tabla. 5. Colores Clase de Riesgo

CLASIFICACIÓN CUALITATIVA	VALORES	SIMBOLOGÍA
Riesgo muy bajo	1	
Riesgo bajo	2	
Riesgo medio	3	
Riesgo alto	4	
Riesgo muy alto	5	

e. En el caso del área de cada una de las zonas, utilizamos la calculadora del programa, la cual nos arrojará la información necesaria.

Para sustentar lo anterior, anexamos la tabla de atributos de nuestro producto cartesiano:

Figura 8. Tabla de atributos del producto cartesiano “Imagen”

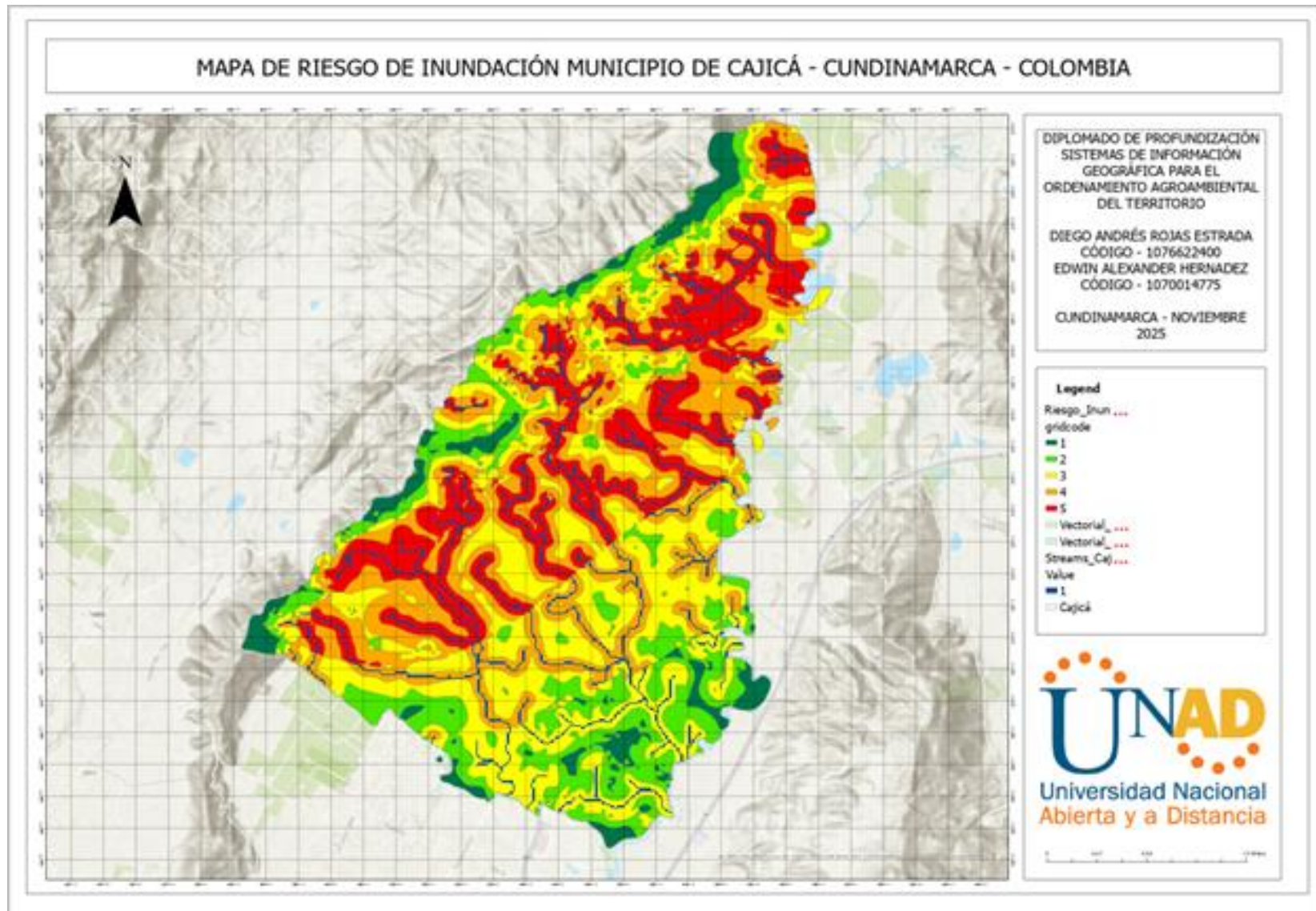


OBJECTID *	Shape *	gridcode	Shape_Length	Shape_Area	Class_Riesgo	Área_Km2
1 5	Polígono	5	114205,4364	10939975,700731	Riesgo_Muy_Alto	10,939976
2 4	Polígono	4	239931,26141	13024347,455546	Riesgo_Alto	13,024347
3 3	Polígono	3	230865,349867	15482792,257801	Riesgo_Medio	15,482792
4 2	Polígono	2	139060,050536	7800461,172108	Riesgo_Bajo	7,800461
5 1	Polígono	1	48892,690006	2898098,763455	Riesgo_Muy_Bajo	2,898099

f. Se cambia la simbología para que cada color corresponda al tipo de riesgo que se quiere expresar.

g. Se crea un mapa final con las características mínimas para su interpretación, el cual veremos a continuación:

Figura 9. Mapa de riesgos de inundación de Cajicá



Nota: "Como se observa en la figura 9, la distribución espacial del riesgo no es homogénea. Las zonas de color rojo y naranja, correspondientes a riesgo muy alto y alto, predominan en la franja central y occidental del municipio, siguiendo la trayectoria de los cauces principales y las zonas de topografía plana. Este patrón visual confirma la alta vulnerabilidad de los asentamientos ubicados sobre antiguos humedales y vallados, contrastando con las zonas periféricas montañosas (en color verde) que, por su pendiente, facilitan el drenaje natural."

Fase 3: Análisis de la información.

El mapa de riesgo evidencia que una proporción significativa del territorio del municipio de Cajicá se clasifica dentro de las categorías de riesgo alto y muy alto frente a inundaciones, representadas mediante tonalidades naranja y roja. Esta distribución no se presenta de forma puntual ni aislada, sino de manera continua y extensa, lo que permite identificar una tendencia territorial asociada a una elevada susceptibilidad a este tipo de eventos. Dicho patrón es coherente con las características hidrológicas propias de la Sabana de Bogotá, un territorio históricamente conformado por superficies planas, antiguos sistemas de humedales y una limitada capacidad de drenaje superficial (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR], 2022b).

Las zonas clasificadas como riesgo muy alto se concentran principalmente en sectores de baja pendiente, próximos a drenajes naturales y áreas que han sido reconocidas históricamente como inundables. Estas condiciones físicas favorecen la acumulación de agua durante episodios de precipitación intensa, situación que coincide con registros institucionales de eventos de emergencia ocurridos en el municipio durante los últimos años (Alcaldía Municipal de Cajicá, 2023). Por su parte, las áreas categorizadas como riesgo alto funcionan como zonas de transición alrededor de los sectores más críticos, donde la respuesta del suelo y de la infraestructura existente depende en gran medida de la intensidad y duración de los eventos meteorológicos.

El riesgo medio se distribuye como una franja intermedia entre las zonas críticas y aquellas de menor susceptibilidad, mientras que las categorías de riesgo bajo y muy bajo se restringen a sectores donde aún se conservan coberturas vegetales, pendientes ligeramente más pronunciadas o suelos que no han sido transformados de manera significativa. Según lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial, una parte considerable del territorio municipal correspondía históricamente a sistemas naturales de drenaje interconectados con humedales, los cuales fueron progresivamente canalizados, cubiertos o intervenidos durante los procesos de expansión urbana y desarrollo agropecuario (Municipio de Cajicá, 2021).

La configuración actual del riesgo es el resultado de la interacción entre factores ambientales y antrópicos. Desde la perspectiva climática, el incremento en la frecuencia e intensidad de lluvias extremas, asociado a los efectos del cambio climático, incrementa la probabilidad de eventos de inundación en áreas planas y altamente intervenidas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2023). A este fenómeno se suma la expansión urbana no planificada, el relleno de rondas hídricas y la creciente impermeabilización del suelo, procesos que reducen la capacidad natural de infiltración, almacenamiento y regulación del agua (ONU-Hábitat, 2020).

En el caso particular de Cajicá, la eliminación progresiva de los antiguos *vallados*, que cumplían una función fundamental como drenajes naturales, ha contribuido de manera significativa al incremento del riesgo observado. Este antecedente es consistente con los principios técnicos de la gestión del riesgo de desastres, los cuales reconocen que la transformación o pérdida de ecosistemas estratégicos de regulación

hídrica incrementa la vulnerabilidad del territorio frente a eventos hidrometeorológicos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

Desde el punto de vista de las implicaciones territoriales, la predominancia de áreas clasificadas como riesgo alto y muy alto implica que infraestructura vial, zonas agrícolas, desarrollos residenciales recientes y áreas con uso institucional se encuentran expuestos de forma recurrente a inundaciones. Esta condición resalta la necesidad de priorizar acciones preventivas, fortalecer los instrumentos de planeación territorial y ajustar los modelos de ocupación del suelo a la capacidad natural del ecosistema para regular el recurso hídrico.

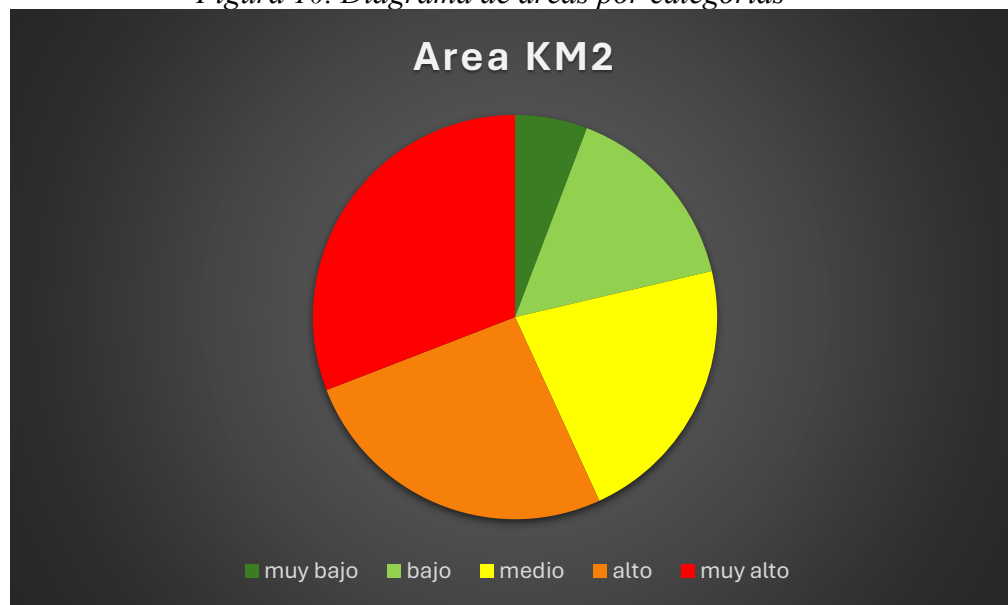
Finalmente, la coherencia entre los resultados obtenidos mediante el modelo de análisis espacial y la información documentada en estudios técnicos y reportes institucionales respalda la pertinencia de la metodología empleada. En este sentido, el mapa de riesgo se consolida como una herramienta fundamental para la formulación de estrategias de gestión del riesgo, restauración hidrológica y ordenamiento agroambiental del territorio, en concordancia con los lineamientos establecidos por la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres [UNGRD], 2020).

Resultados

Principales productos obtenidos:

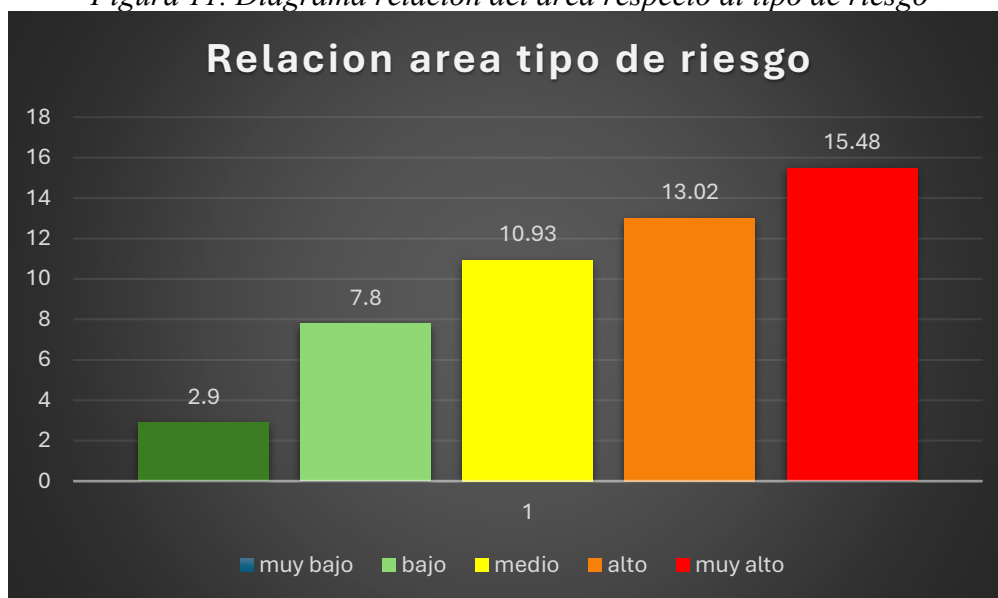
1. Mapa de riesgo por inundación del municipio de Cajicá, expuesto en la figura 9.
2. Gráfico de áreas por categoría de riesgo con información del área en km² para cada clase de riesgo cualitativa.

Figura 10. Diagrama de áreas por categorías



3. Relación área tipo de riesgo

Figura 11. Diagrama relación del área respecto al tipo de riesgo



Análisis de resultados:

Distribución espacial de los niveles de riesgo

De acuerdo con la modelación espacial realizada, se identificó que el riesgo de inundación en Cajicá no es parejo en todo su territorio, sino que responde fuertemente a la topografía y a la red hídrica.

Cuantitativamente, la sumatoria de las áreas clasificadas como Riesgo Alto y Riesgo Muy Alto abarca aproximadamente 23.95 km². Esto indica que una porción cercana al 47% del área evaluada municipal presenta un riesgo crítico ante eventos de precipitaciones intensas.

Por el contrario, las zonas de Riesgo Bajo y Muy Bajo se limitan a las áreas periféricas de mayor elevación, correspondientes a las zonas montañosas, como el sector de La Cumbre y límites con Zipaquirá y Tabio, donde las pendientes facilitan la escorrentía rápida y alejan el agua de las superficies habitables.

Relación con infraestructuras, comunidades y sistemas productivos

Las zonas identificadas en el mapa como riesgo muy alto coinciden espacialmente con dos dinámicas territoriales clave:

1. Drenajes principales y Vallados: Se observa una correlación directa entre el riesgo extremo y la proximidad a los cauces principales como lo son el Río Bogotá y el Río Frío, además de la red de vallados. La expansión urbana sobre estas áreas de amortiguación natural pone en riesgo directo a infraestructuras viales y desarrollos residenciales que han rellenado zonas bajas, perdiendo la capacidad de infiltración natural del suelo.
2. Sistemas Agropecuarios: Gran parte de la zona plana central, históricamente de vocación agrícola y ganadera, se encuentra en niveles de riesgo medio a alto. Esto implica que, en temporadas de lluvias, la seguridad alimentaria y la productividad económica del municipio son vulnerables.

Contraste con antecedentes históricos:

Los resultados del modelo cartográfico son consistentes con la realidad histórica del municipio. Según el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGRD) y los reportes de la Alcaldía de Cajicá (2021), las emergencias por inundación son recurrentes en las temporadas de abril y noviembre. Lo que quiere decir que nuestra información es válida especialmente a los antecedentes de las afectaciones reportadas en decretos de calamidad pública (como el Decreto 093 de 2021), donde se evidencia que el colapso no se debe solo al desbordamiento de grandes ríos, sino a la incapacidad de drenaje en zonas urbanizadas sobre antiguos humedales y vallados.

Conclusiones

El análisis espacial permitió evidenciar que el riesgo de inundación en el municipio de Cajicá no se distribuye de manera homogénea en el territorio, sino que presenta una concentración significativa en las categorías de riesgo alto y muy alto, de acuerdo con los resultados del modelo desarrollado. Esta condición se encuentra estrechamente relacionada con las características geomorfológicas del municipio, particularmente su baja pendiente general y la presencia histórica de humedales y corredores naturales de drenaje que, en la actualidad, han sido intervenidos, canalizados o modificados por procesos de urbanización y uso agropecuario del suelo. Este comportamiento territorial ha sido previamente documentado en estudios regionales sobre la Sabana de Bogotá, donde se reconoce la alta susceptibilidad a inundaciones asociada a la transformación de estos sistemas naturales (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR], 2022a).

La correspondencia entre los resultados obtenidos mediante el modelo espacial y los registros institucionales recientes de afectaciones ocasionadas por eventos de lluvia en el municipio refuerza la validez del análisis realizado. Informes oficiales reportan la ocurrencia recurrente de encharcamientos e inundaciones en sectores específicos de Cajicá, especialmente durante periodos de precipitación intensa, lo cual confirma que el fenómeno tiene una base territorial claramente identificable (Alcaldía Municipal de Cajicá, 2023).

El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) resultó fundamental para la integración y análisis de variables como elevación, pendiente, uso y cobertura del suelo, red de drenaje y precipitación. La aplicación de esta metodología permitió no solo visualizar, sino también cuantificar el riesgo de inundación de manera espacialmente explícita, facilitando la identificación de patrones territoriales y zonas críticas que difícilmente podrían ser reconocidas mediante análisis convencionales. En este sentido, los resultados son coherentes con lo señalado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, que destaca el uso de herramientas SIG como un soporte clave para la gestión del riesgo en municipios con dinámicas hidroclimáticas complejas y alta intervención antrópica (IDEAM, 2023).

Los hallazgos del análisis tienen implicaciones directas para la planificación territorial y la toma de decisiones a nivel local. Considerando que una proporción relevante del territorio municipal se encuentra clasificada en categorías de riesgo alto y muy alto, se hace necesario revisar los procesos de expansión urbana, las intervenciones sobre los drenajes naturales y el estado de la infraestructura existente. Este tipo de información técnica constituye un insumo fundamental para fortalecer las estrategias de adaptación al cambio climático, mejorar la gestión preventiva del riesgo y orientar instrumentos de planificación como el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, en concordancia con los lineamientos establecidos por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD, 2020).

Recomendaciones

Después de revisar el mapa y los resultados del análisis, se puede decir que en Cajicá las zonas donde el riesgo de inundación es evidente, especialmente cerca del río y en áreas planas. Por esa razón, una de las primeras recomendaciones es que el municipio tenga en cuenta esta información al momento de planear el uso del suelo. En los sectores donde el riesgo es alto, lo ideal sería evitar nuevas construcciones o ampliaciones urbanas y dar prioridad a usos que no aumenten la vulnerabilidad, como áreas verdes, corredores ecológicos o espacios de protección hídrica.

Otra recomendación es mejorar las condiciones del suelo y la cobertura vegetal en los lugares donde se identificó riesgo medio. Muchas veces la erosión o la falta de vegetación hace que el agua no filtre bien y terminan acumulándose en la superficie. Medidas como reforestación con especies nativas, mantenimiento de rondas hídricas y rehabilitación de suelos compactados pueden ayudar a reducir la acumulación de agua y mejorar el comportamiento natural del territorio durante la temporada de lluvias.

También sería útil que el municipio implemente soluciones basadas en infraestructura verde, sobre todo en zonas donde ya hay construcciones consolidadas. Sistemas como zanjas de infiltración, pavimentos permeables o drenajes sostenibles pueden ayudar a que el agua se distribuya mejor y no se estanque. Además, el mantenimiento de canales, alcantarillado pluvial y drenajes existentes es importante para evitar taponamientos, algo que suele agravar las inundaciones.

Finalmente, sería conveniente que la comunidad que vive cerca de las zonas identificadas con riesgo tenga acceso a información clara y actualizada. Procesos de educación ambiental, simulacros o campañas informativas pueden ayudar a que las personas conozcan el riesgo y sepan cómo actuar en caso de emergencia. Esto también facilita que los resultados del estudio no se queden solo en un documento, sino que sirvan como apoyo en la toma de decisiones y en la prevención de futuros daños.

Referencias bibliográficas

Alcaldía Municipal de Cajicá. (s. f.). Información general del municipio de Cajicá. <https://cajica.gov.co/informacion-general/>

Alcaldía Municipal de Cajicá. (2021). Decreto No. 093 de 2021. Declaratoria de situación de calamidad pública. <https://cajica.gov.co/fortalecimiento-del-fondo-de-gestion-del-riesgo/>

Alcaldía Municipal de Cajicá. (2023). Gestión del riesgo y atención de emergencias. <https://www.cajica.gov.co/docdown/archi/2023/Decreto/DECRETO%20No.%20093%20DE%202022-%20GESTION%20DEL%20RIESGO.pdf>

Consortio Consultoría – Secretaría de Planeación. (s. f.). Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGRD) – Cajicá. <https://pmgrd.cajica.gov.co/sigrdcajica/>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2020). Gestión integral del recurso hídrico y drenajes naturales en la Sabana de Bogotá. <https://www.car.gov.co/>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2022). Diagnósticos ambientales y gestión hídrica. <https://www.car.gov.co/transparencia/gestion-ambiental/diagnosticos-ambientales>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). Perfil territorial y demográfico de Cajicá, Cundinamarca.

https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/perfiles/25126_infografia.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2022). Atlas climatológico de Colombia: Normales climatológicas 1991–2020.

<http://atlas.ideam.gov.co/presentacion/>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2023). Análisis de eventos hidrometeorológicos extremos en Colombia.

<https://www.ideam.gov.co/>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2024). Escenarios de cambio climático para Colombia.

<http://www.ideam.gov.co/web/cambio-climatico/escenarios-cambio-climatico>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2021). Geoportal institucional: suelos y geomorfología.

<https://geoportal.igac.gov.co/>

Malczewski, J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Lineamientos para la gestión del riesgo y adaptación al cambio climático.

<https://www.minambiente.gov.co/documentos-minambiente/>

ONU-Hábitat. (2020). Ciudades resilientes y gestión del riesgo urbano.

<https://onuhabitat.org/publicaciones>

Rodríguez, E. V. (2017). Propuesta de un modelo espacial para la evaluación y gestión del territorio. Revista científica, Redalyc.

<https://www.redalyc.org/journal/4077/407755356008/>

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD). (2020). Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/>

Esri. (s. f.). Guía de referencia de herramientas de ArcGIS Pro.

<https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/main/arcgis-pro-tool-reference.htm>

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/lbFg4nYbG3Q>