

**Análisis espacial del riesgo por inundación en el municipio de Chía:
Identificación de áreas críticas y afectaciones potenciales**

Claudia Ximena Gómez Vanegas cxgomezv@unadvirtual.edu.co
Sebastián Danilo León Oliveros sdleono@unadvirtual.edu.co
Laura Angélica Rojas Morales larojas@unadvirtual.edu.co
Andrea Estefanía Díaz Suarez adiazs@unadvirtual.edu.co
José Gregorio Segura Tao jgsegurat@unadvirtual.edu.co

Resumen

Este estudio realiza una evaluación espacial del riesgo de inundación en Chía, Cundinamarca, utilizando herramientas de análisis en ArcGIS Pro. Su objetivo es identificar las zonas con mayor susceptibilidad a inundación, para apoyar los procesos de planificación territorial y gestión del riesgo. Para ello, se emplearon como insumos principales el Modelo de Elevación Digital (DEM), así como capas ráster de pendientes, y vectoriales del municipio y el departamento.

El análisis incluyó la corrección del Modelo Digital de Elevación mediante el llenado de depresiones, la generación de capas de dirección y acumulación de flujo, así como la delimitación de los drenajes. Posteriormente, se realizó la reclasificación del índice de acumulación para establecer cinco niveles de riesgo. Finalmente, los resultados fueron convertidos a formato vectorial y se calcularon las áreas correspondientes a cada categoría.

Los resultados muestran que las zonas de riesgo muy alto y alto se encuentran principalmente en áreas de bajas pendientes próximas a los ríos Bogotá y Frío. Por el contrario, las zonas elevadas del municipio presentan un riesgo bajo. Esto determina la importancia de integrar el análisis espacial a la planificación territorial y al diseño de estrategias para la reducción de vulnerabilidad frente a inundaciones en el municipio.

Palabras claves: Riesgo de inundación; modelación espacial; ordenamiento territorial; pendientes; gestión del riesgo.

Introducción

El cambio climático se ha convertido en uno de los retos más complejos de la actualidad, no solo por la forma en que altera los sistemas naturales y las dinámicas sociales, sino también porque amplifica la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos, entre ellos las inundaciones, que afectan de manera directa la seguridad, la calidad de vida y las posibilidades de desarrollo sostenible de las comunidades. Distintos reportes científicos, tanto a escala global como nacional, han mostrado cómo el incremento de la temperatura media del planeta se relaciona con la intensificación de episodios extremos de lluvia. En el Sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) se expone que el calentamiento del sistema climático, provocado principalmente por las emisiones de gases de efecto invernadero de origen humano, ha contribuido al aumento en la frecuencia y en la intensidad de fenómenos como lluvias torrenciales, inundaciones, sequías y tormentas. En particular, el IPCC (2021, 2022) indica que el cambio climático ya está modificando dónde, con qué frecuencia y con qué severidad se presentan las inundaciones, y señala además que por cada grado Celsius adicional de temperatura, la atmósfera tiene capacidad para almacenar alrededor de un 7% más de vapor de agua, lo cual favorece eventos de precipitación más fuertes y prolongados (Torres M. 2018). Esta intensificación del ciclo hidrológico se ha constatado en diferentes regiones del planeta, incluyendo América Latina y Colombia, donde los registros recientes evidencian un aumento tanto en la magnitud como en la frecuencia de eventos extremos de precipitación en las últimas décadas.

En el caso colombiano, el IDEAM, como autoridad meteorológica nacional, ha reportado que cerca del 90% de las emergencias ocurridas entre 1998 y 2011 se asociaron con fenómenos de origen hidroclimatológico, y que durante los episodios de “La Niña” se presentó un incremento

notable de los desastres vinculados a lluvias intensas e inundaciones (IDEAM, 2014; IDEAM, 2015). A esto se suma que las proyecciones climáticas para el país indican que, bajo diferentes escenarios de cambio climático, se prevén incrementos en la temperatura y en la precipitación, especialmente en la región Andina y en el altiplano cundiboyacense, lo que supone una mayor amenaza de inundaciones para municipios como Chía (IDEAM, 2015; IPCC, 2022).

En este escenario, Chía, en el departamento de Cundinamarca, se constituye en un ejemplo claro de alta vulnerabilidad frente al riesgo de inundación. Su ubicación en el valle aluvial de los ríos Bogotá y Frío, la escasa pendiente en la zona central del municipio y el rápido proceso de urbanización han incrementado la exposición de la población, de las infraestructuras y de las actividades económicas a posibles desbordamientos y anegamientos. Durante la ola invernal de 2010-2011, asociada al fenómeno de La Niña, se registraron inundaciones que afectaron más de 1.800 predios en el municipio, generando daños en viviendas, redes viales, bienes de producción y servicios públicos, además de importantes pérdidas económicas y sociales para los habitantes (Pérez A, Vanegas L. 2016). Diversos estudios técnicos, así como el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Chía, han identificado áreas de alta amenaza y riesgo, en particular en veredas y sectores urbanos próximos a los cauces de los ríos, donde la presión sobre el uso del suelo y la falta o insuficiencia de obras de control hidráulico han agudizado la problemática. Por ello, la gestión del riesgo de inundación en el municipio se vuelve un eje prioritario para proteger la vida de las personas, preservar la infraestructura y garantizar la continuidad de las actividades productivas, todo esto en un contexto marcado por el crecimiento demográfico y el cambio climático.

En este proceso, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han consolidado como herramientas clave para el análisis integral del riesgo. Su uso permite integrar y estudiar de forma espacial variables físicas, sociales y ambientales, elaborar mapas de amenaza y vulnerabilidad y apoyar la toma de decisiones en planificación territorial y gestión del riesgo (Burgos A, Reina C. 2015). A través de los SIG es posible delimitar áreas prioritarias de intervención, actualizar la zonificación de riesgo e identificar zonas donde debería evitarse la expansión urbana o nuevos asentamientos por estar sometidas a alta amenaza de inundación (Palacios M. 2016). De esta manera, el empleo de SIG contribuye a orientar políticas y acciones que apunten a la construcción de territorios más seguros y resilientes frente a los impactos del cambio climático y la creciente variabilidad hidrometeorológica (Alcaldía Municipal de Chía, 2020-2023).

Objetivos

General

Analizar espacialmente el riesgo por inundación en el municipio de Chía mediante la identificación de áreas críticas, la clasificación del nivel de amenaza y la comparación con registros históricos de afectaciones, con el fin de evaluar los impactos potenciales sobre las comunidades, la infraestructura, los sistemas agropecuarios y los ecosistemas presentes en el territorio.

Específicos

- Procesar, clasificar y ponderar las capas ráster y vectoriales (DEM, pendiente, precipitación, distancia a drenajes y cobertura de tierras) mediante técnicas de análisis multicriterio en ArcGIS Pro, para generar el modelo espacial de riesgo por inundación del municipio de Chía.
- Delimitar y cuantificar las áreas resultantes según los niveles de riesgo (bajo, medio, alto y muy alto), identificando espacialmente las zonas críticas de inundación dentro del municipio y evaluando su coherencia con los patrones hidrológicos y geográficos del territorio.
- Comparar el mapa de riesgo obtenido con registros históricos, evidencias documentadas y afectaciones previas por inundaciones en Chía, con el fin de interpretar los impactos potenciales sobre comunidades, infraestructura, actividades agropecuarias y ecosistemas locales, sustentando el análisis con bibliografía técnica.

3. Identificación del caso de estudio

3.1. Ubicación geográfica y división político-administrativa de Chía

De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial, el municipio está en Cundinamarca, en la provincia de la Sabana Centro, a 35 km al norte de Bogotá. Su cabecera urbana se localiza a los 4° 52' Latitud Norte y 74° 04' Longitud Oeste, a una altitud aproximada de 2.550 msnm (POT Chía, 2018).

Límites:

De acuerdo con la Ordenanza 36 de 1954 (y con la Ordenanza 15 de 1941 en el caso del límite con Cota), el municipio de Chía limita con:

- **Norte:** Cajicá
- **Oriente:** Sopó
- **Sur:** Bogotá D. C.
- **Occidente:** Tenjo, Tabio, y con Cota (según la Ordenanza 15 de 1941).

Chía tiene una extensión aproximada de 78,6 km², de los cuales 72, 6 km² corresponden a suelo rural y 6 km² a suelo urbano. Su territorio está conformado principalmente por zonas de ladera ubicadas en los cerros orientales y occidentales y en menor proporción por el valle, donde

predominan los terrenos planos. El municipio tiene 8 veredas: Bojacá, Yerbabuena, Fusca, La Balsa, Cerca de Piedra, Fonquetá, Tíquiza, Fagua y dos zonas urbanas.

3.2. Fisiografía

Chía está delimitada por una zona montañosa, destacando los cerros de La Valvanera al occidente y el Pan de Azúcar al oriente. El relieve presenta pendientes que oscilan entre 0 y 15 % en el valle asociado a los ríos Bogotá y Frío, mientras que en los cerros orientales y occidentales superan el 50 %. La cota máxima alcanza aproximadamente 3.230 m.s.n.m. Durante la temporada de lluvias, la escorrentía desciende por estas laderas y se acumula en las zonas planas del valle, aumentando la susceptibilidad a inundaciones.

3.3. Precipitación

Chía tiene un régimen de precipitación bimodal, con dos temporadas de lluvia al año: una entre abril y junio, y otra entre septiembre y noviembre. Entre diciembre y principios de abril, la región se encuentra bajo la influencia del sistema tropical del alisio noreste, lo que determina un período seco con baja ocurrencia de lluvias. Entre junio y julio se presenta un verano menos intenso. Los meses más lluviosos se registran entre abril y octubre, con un promedio de 101 mm por mes, mientras que el mes más seco es enero con 27 mm.

Para la fase 4 del análisis se empleó la precipitación correspondiente al mes de octubre ya que es uno de los períodos de mayor intensidad lluviosa en el régimen bimodal del municipio.

3.4. Sistema hidrográfico

El sistema hidrográfico del municipio está definido en el oriente por la cuenca del Río Bogotá y en el occidente por la subcuenca del Río Frío, que nace en el Páramo de Guerrero, a 3.600 m.s.n.m. La cuenca se localiza sobre la Cordillera Oriental y está delimitada al norte por las serranías del Páramo de Guerrero, al sur por el valle del río Bogotá, al oriente por cimas como Loma las Tres Patas y Alto de los Tres Cruces, y al occidente por cerros y valles que conectan con la cuenca de Chicú.

La cuenca se divide en dos áreas: la zona alta, con pendientes que superan el 100 %, y la zona plana, que incluye Chía y Cajicá, con pendientes inferiores al 5 %. La altitud oscila entre 2.550 y 3.600 m.s.n.m., y su clima es frío andino con temperaturas promedio entre 10,5°C y 13,5°C, y presencia de heladas en diciembre, enero y febrero. La precipitación media multianual varía entre 800 y 1.200 mm, con dos épocas lluviosas principales (abril-mayo y octubre-noviembre) y periodos secos marcados. El Río Frío, principal fuente de agua superficial, recorre 65 km hasta desembocar en el río Bogotá, drenando un área de 195,6 km²

3.5. Geología

El municipio de Chía está conformado por dos tipos principales de materiales del suelo. En algunas zonas, especialmente hacia las laderas y partes altas, afloran materiales antiguos conocidos como la Formación Guaduas, compuestos por arcillas, limos y areniscas, que son suelos poco permeables y que dificultan la infiltración del agua. En la parte plana del municipio predominan sedimentos más recientes asociados a la Formación Chía, formados por depósitos aluviales y

lacustres de grano fino (principalmente arcillas y limos) que se acumularon por la acción del río Bogotá y antiguos cuerpos de agua de la Sabana. Estos materiales finos retienen agua fácilmente y favorecen la saturación del terreno durante las temporadas lluviosas, lo que incrementa la susceptibilidad a inundaciones en el valle.

4. Metodología

4.1 Selección del área de estudio.

El área de estudio seleccionada correspondió al municipio de Chía, localizado en el departamento de Cundinamarca, en la Sabana de Bogotá. Es una región caracterizada por la presencia de planicies aluviales y drenajes naturales, por lo que ha sido históricamente un municipio con eventos de inundación debido a sus condiciones geomorfológicas asociadas a la cercanía del río Bogotá y sus afluentes.

Los límites del municipio se definieron a partir del archivo vectorial *Municipios*, suministrado por el director del curso. Para el procesamiento de la información geoespacial se estableció como sistema de coordenadas de referencia **MAGNA-SIRGAS / CTM 12**, con el fin de asegurar la consistencia espacial y la precisión de los datos usados en el análisis.

4.2 Preparación de datos.

Para la modelación del riesgo de inundación se emplearon capas geoespaciales de carácter físico y ambiental, provenientes de entidades oficiales como el IDEAM y el IGAC. Todas las capas fueron proyectadas al mismo sistema de coordenadas y recortadas al límite municipal de Chía. Se hizo necesario utilizar el archivo Ráster llamado Riesgo de inundación generado en la fase 4 del curso, para luego generar la conversión de datos ráster a vectorial mediante el geoprocesamiento y el uso de la herramienta “Ráster to Polygon”, posteriormente se aplicó el procedimiento de suavizado de polígonos llamado “Smooth Polygon” con interpolación Bezier para mejorar la calidad cartográfica. Posteriormente, se ejecutó el geoproceso Dissolve para simplificar la información y agrupar las categorías de riesgo.

Para la modelación del riesgo de inundación, se utilizaron las siguientes capas geoespaciales:

Tabla 1. *Criterios selección variables.*

VARIABLE	RESOLUCIÓN/ ESCALA	FUENTE
Modelo Digital de Elevación (DEM)	30 m	IDEAM
Pendiente (derivada del DEM)	30 m	IDEAM
Distancia a drenajes	Promedios multianuales	IDEAM
Precipitación	Promedios multianuales	IDEAM
Cobertura de suelos	Escala 1:100.000	IGAC
Límite municipal	Escala 1:100.000	IGAC

Fuente: Autoría propia.

El DEM con resolución espacial de 30 metros fue utilizado como insumo principal para la derivación de la pendiente, dada su influencia directa en la acumulación y escorrentía superficial del agua.

4.3 Clasificación del riesgo.

La clasificación del riesgo de inundación se hizo a partir de la reclasificación de cada variable temática en categorías cualitativas de susceptibilidad: muy baja, baja, media, alta y muy alta. Esta reclasificación permitió estandarizar las variables, facilitando así su integración al análisis multicriterio.

Los criterios de reclasificación fueron definidos con base en principios técnicos que se emplean comúnmente en estudios de riesgo de inundación en zonas de planicie aluvial. A este respecto se consideró que la proximidad a cuerpos de agua incrementa la probabilidad de desbordamientos, que las pendientes bajas favorecen la acumulación de agua y su permanencia en el terreno, que niveles altos de precipitación aumentan los caudales y la escorrentía superficial, que las coberturas del suelo con baja permeabilidad reducen la infiltración y que las zonas de menor elevación presentan mayor susceptibilidad a inundaciones.

Una vez obtenida la reclasificación de las variables, se procedió a asignar pesos relativos a cada una, teniendo en cuenta su influencia en la ocurrencia de inundaciones, como se ve en la Tabla 2. La distancia al drenaje recibió el mayor valor porcentual debido a que tiene relación directa con los procesos de desbordamiento, seguida por la pendiente y la precipitación. La cobertura del suelo y la elevación, recibieron valores menores, ya que se considera su influencia indirecta en la dinámica del fenómeno.

Finalmente, los resultados del proceso fueron representados en un mapa temático que incluye la visualización del municipio, las categorías de riesgo, leyendas, escala gráfica y numérica y una cuadrícula de coordenadas, para una correcta interpretación cartográfica.

Tabla 2. *Peso y justificación de las variables analizadas*

VARIABLE	CRITERIO DE RECLASIFICACIÓN.	NIVEL	PESO%
Distancia a drenajes	Cercanía a cuerpos de agua incrementa el riesgo de desbordamiento	Muy bajo – Muy alto	30
Pendiente	Pendientes bajas favorecen la acumulación de agua	Muy bajo – Muy alto	25
Precipitación	Mayores precipitaciones aumentan caudales y escorrentía	Muy bajo – Muy alto	20
Cobertura de suelos	Suelos impermeables generan mayor escorrentía	Muy bajo – Muy alto	15
Elevación	Zonas bajas presentan mayor susceptibilidad a inundación	Muy bajo – Muy alto	10
Total			100

Fuente: Autoría propia.

4.4 Análisis espacial.

El análisis de riesgo de inundación se desarrolló mediante un enfoque de análisis multicriterio basado en suma ponderada, donde se integraron distintas variables físicas y ambientales que inciden en la ocurrencia de inundaciones. Este enfoque parte de la premisa de que el riesgo no depende de un solo factor, sino de la interacción de múltiples condiciones del territorio, que tienen diferente influencia relativa.

Para el análisis se asignaron pesos a cada variable con base en un criterio técnico, teniendo en cuenta su influencia directa o indirecta en los procesos de inundación en el municipio de Chía. En este caso, la variable “drenajes” obtuvo el mayor peso (30%), debido a que la cercanía a cuerpos de agua incrementa significativamente la probabilidad de que se presenten desbordamientos. La pendiente recibió una ponderación de 25%, debido a que las pendientes bajas reducen la velocidad de la escorrentía y favorecen la acumulación de agua, especialmente en zonas de planicie aluvial como es el caso del municipio de Chía.

La precipitación tiene un peso del 20%, ya que representa el principal aporte de agua al ciclo hidrológico, pero su efecto sobre la inundación depende de las condiciones del terreno. En cuanto a la cobertura del suelo, recibió un peso del 15%, debido a que en las superficies impermeables o con baja cobertura vegetal, se incrementa la escorrentía superficial. Por último, la elevación se ponderó con un 10%, considerando que las zonas más bajas presentan mayor susceptibilidad a la acumulación de agua, no obstante, esta influencia es complementaria frente a otras variables.

La suma de los pesos asignados a las variables corresponde al 100%, garantizando la coherencia del modelo de integración. La combinación espacial de las variables se realizó utilizando herramientas de análisis en ArcGIS Pro, lo que permitió identificar áreas con diferentes niveles de riesgo de inundación dentro del municipio.

4.5. Elaboración del mapa de riesgo

Una vez integrado el modelo, el resultado fue convertido de formato ráster a vectorial mediante la herramienta *Raster to Polygon*. Posteriormente, se aplicaron los procesos de *Smooth Polygon*, utilizando interpolación Bezier, y *Dissolve*, con el propósito de mejorar la representación cartográfica y agrupar las categorías de riesgo.

Finalmente, se elaboró el mapa temático del municipio de Chía, el cual incluye los elementos cartográficos básicos como leyenda, escala, orientación y localización, facilitando su interpretación y posterior análisis.

5. Resultados

5.1. La integración de datos.

Las variables reclasificadas y ponderadas, permitió obtener el mapa final de riesgo por inundación, el cual fue clasificado en cinco categorías cualitativas: Muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Figura 1. Mapa de riesgo de inundación, Municipio de Chía. Diseño de mapa 2025

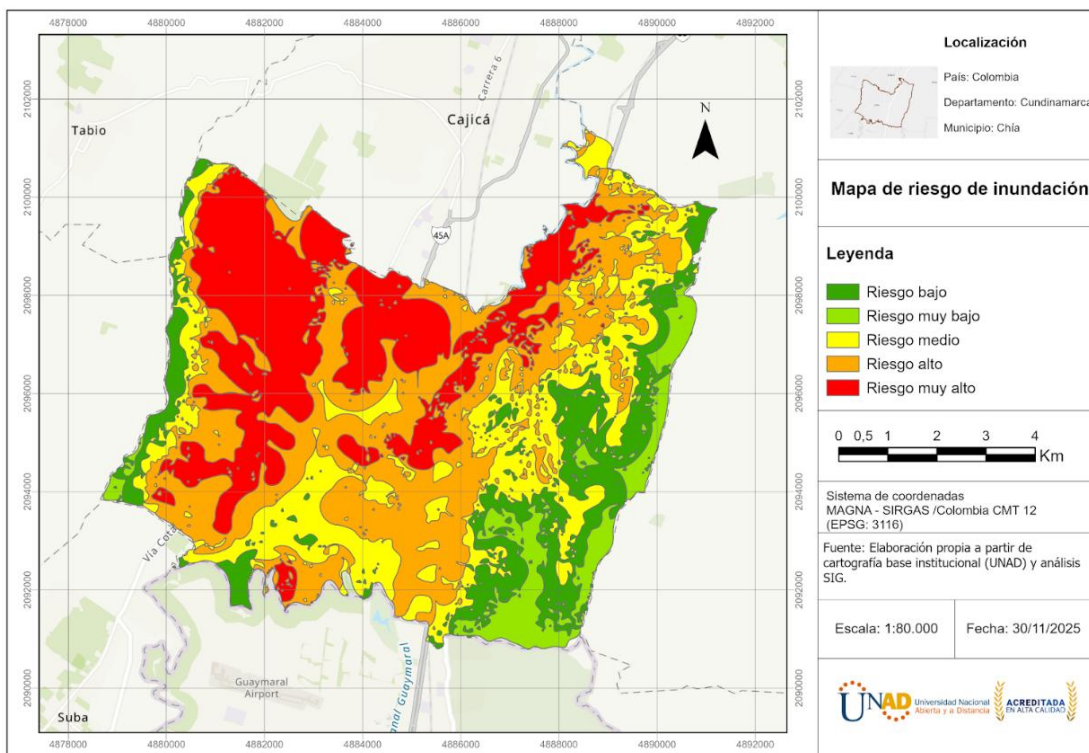


Tabla 3 Porcentaje de riesgo de inundación por categorías

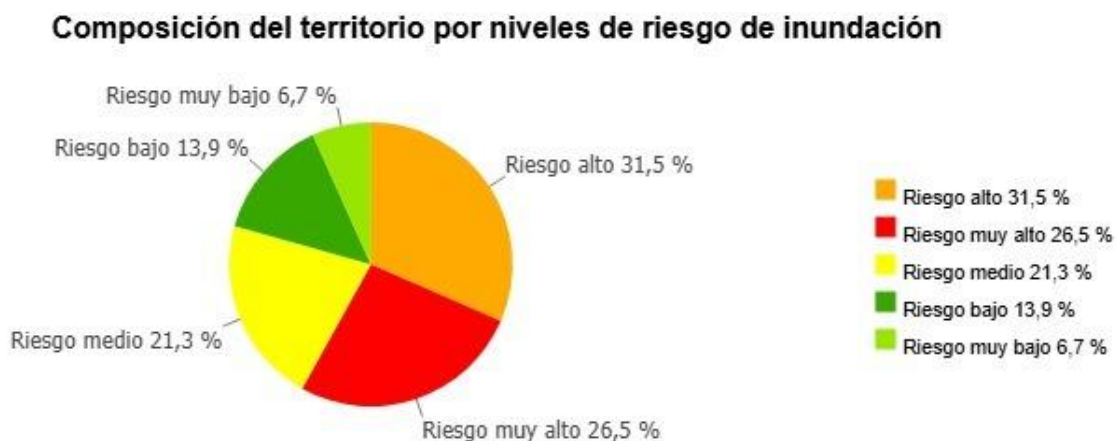
CATEGORÍA DE RIESGO	ÁREA (km ²)	PORCENTAJE %	COLOR
Muy alto	20,9	26,5	
Alto	24,8	31,5	
Medio	16,7	21,3	
Bajo	10,9	13,9	
Muy bajo	5,3	6,7	

Fuente. Autoría Propia.

Las áreas correspondientes a cada categoría de riesgo se expresan en kilómetros cuadrados (km²), con el fin de mantener coherencia con la escala municipal y facilitar la interpretación de los resultados.

Figura 2. Composición del territorio por niveles de riesgo de inundación, Municipio de Chía.

Gráfico de pastel 2025.



Fuente. Autoría Propia

De acuerdo con los resultados de la figura 1, se pueden identificar zonas de mayor riesgo de inundación presentes en el occidente y norte del municipio. Existe un riesgo muy alto sobre todo para los municipios de Fonquetá y Cerca de piedra por la presencia del resguardo indígena Muisca, quienes poseen cultivos de maíz, yuca, plátano y frijol, además, de animales de pastoreo y faenas de corral, así como perros y gatos domésticos, pertenecientes a las 285 familias presentes en el área rural. Segura et al. (2021)

La interpretación de estos resultados permite establecer que el 79,3 % del territorio municipal presenta una exposición espacial media, alta o muy alta frente al riesgo de inundación. Este porcentaje representa la proporción de superficie territorial susceptible desde el punto de vista hidrológico, y no la probabilidad directa de ocurrencia de eventos en un periodo determinado. Sin embargo, esta elevada proporción de territorio expuesto constituye un indicador relevante para la gestión del riesgo, ya que evidencia la magnitud del área afectada bajo condiciones de lluvia extrema.

Las zonas de Riesgo muy alto se presentan como áreas extensas y continuas en el occidente del municipio, lo que las convierte en las áreas críticas de mayor relevancia territorial. Su continuidad espacial implica una mayor exposición de comunidades, infraestructura y sistemas productivos, incrementando el impacto potencial frente a escenarios de inundación. Por su parte, las zonas clasificadas con Riesgo alto se distribuyen como franjas de transición que rodean y se extienden desde las áreas de riesgo muy alto, reflejando sectores donde las condiciones físicas reducen parcialmente la susceptibilidad, pero mantienen una amenaza significativa.

Desde una perspectiva territorial, la localización de zonas de alto y muy alto riesgo en áreas donde se concentran comunidades rurales, infraestructura vial y sistemas agropecuarios incrementa la vulnerabilidad del municipio frente a inundaciones. En particular, la presencia de actividades agrícolas y pecuarias en estas zonas implica un alto potencial de pérdidas económicas asociadas a la anegación de suelos, la afectación de cultivos y la interrupción de la conectividad vial. Al mismo tiempo, las áreas clasificadas con riesgo bajo y muy bajo, que presentan mejores condiciones de drenaje natural, adquieren relevancia como zonas estratégicas para la planificación del uso del suelo y para la conservación de ecosistemas que actúan como reguladores hídricos.

En conjunto, el análisis de resultados evidencia que la modelación espacial del riesgo de inundación constituye una herramienta técnica eficaz para identificar áreas críticas, cuantificar la exposición territorial y orientar la toma de decisiones en el marco del ordenamiento territorial y la gestión del riesgo. La integración de información topográfica, hidrológica y cartográfica permite generar insumos objetivos que complementan los estudios históricos y normativos existentes, aportando una base sólida para la formulación de estrategias de prevención y mitigación frente a eventos de inundación en el municipio de Chía.

Adicionalmente, se hace presente en gran medida el color naranja lo cual es indicativo de riesgo alto a lo largo y ancho de la zona de estudio. Por otra parte, en las zonas que corresponden al oriente y suroriente de Chía, se presentan niveles bajos de riesgo al igual que el extremo oeste y suroeste, allí podemos encontrar pequeñas poblaciones donde existen zonas de bosques y extracción minera, se caracterizan por ser zonas de suelos con fertilidad moderada y con contenidos bajos de nutrientes importantes tales como el fósforo, el potasio y el calcio por lo cual la presencia de cultivos es poca (Mendoza, 2014, p 3). Las categorías de menor susceptibilidad, Riesgo bajo (verde claro) y Riesgo muy bajo (verde oscuro), se localizan predominantemente hacia el sector nororiental y en los extremos del área de estudio. Estas zonas corresponden a áreas topográficamente más elevadas o con mejores condiciones de drenaje natural, lo que limita la acumulación de agua y se traduce en una menor afectación potencial frente a inundaciones. Son zonas en su mayoría de altas pendientes y por ende los niveles de riesgo de inundación son bajos y muy bajos de acuerdo con la clasificación ya establecida en las convenciones del diseño del mapa.

Por su parte, la figura 2 nos muestra los porcentajes existentes y establece que el 79,3% del municipio, presenta un riesgo de inundación ya sea medio, alto o muy alto frente a un 20,6% donde la probabilidad de ocurrencia es baja o muy baja, situación que debe alertar a las autoridades competentes y población en general con el fin de no volver a presentar situaciones como las que se presentaron en el año 2006 cuyos desbordamientos e inundaciones causaron afectaciones a 800 familias de la zona (Uribe,2006)

El análisis cartográfico del riesgo por inundación para el municipio de Chía se realizó a partir de la reclasificación ráster a vectorial, siguiendo la metodología establecida en la guía de la Fase 6, lo que permitió categorizar el territorio en cinco niveles de riesgo. se facilitó el cálculo preciso del área para cada clase de riesgo, un elemento esencial para la interpretación territorial.

El cálculo del área en kilómetros cuadrados permite cuantificar la exposición territorial frente al riesgo de inundación y constituye un insumo fundamental para la interpretación de los impactos potenciales. Una vez tabulados los resultados, y considerando la extensión significativa de las áreas clasificadas con riesgo muy alto y riesgo alto, es posible interpretar las implicaciones territoriales del fenómeno en distintos componentes del sistema municipal.

5.2. Distribución Espacial y Áreas Críticas

La distribución del riesgo muestra que las áreas con **Riesgo muy alto** (representadas en color rojo) y **Riesgo alto** (naranja) se localizan principalmente en la **franja centro-occidental** del municipio. Se deduce que la zona, tiene áreas bajas o cercanas a cuerpos de agua importantes, como se observa en la proximidad a lo que serían los sistemas de drenaje y corredores viales principales Vía Cota. Estas zonas constituyen las **áreas críticas** donde el impacto potencial sobre infraestructura, comunidades y sistemas agropecuarios es máximo.

Riesgo muy alto: Estas áreas, al ser las más extensas y continuas en el occidente, representan la mayor preocupación

Riesgo alto: Se distribuyen como zonas de transición, rodeando y extendiéndose desde las áreas de riesgo muy alto

En resumen, las clases de menor riesgo, **Riesgo bajo** (verde claro) y **Riesgo muy bajo** (verde oscuro), se localizan hacia el sector nororiental y en los extremos del área de estudio. Estos hallazgos indican zonas más elevadas o con mejores condiciones de drenaje natural, lo que se traduce en una menor afectación potencial

De esta manera se identificaron las áreas críticas con mayor y menor riesgo de inundación con el fin de comparar los resultados con registros históricos y evidencias de afectaciones en el municipio de Chía Cundinamarca. Posteriormente se interpretaron los impactos potenciales sobre comunidades, infraestructura, sistemas agropecuarios y ecosistemas, empleando tablas y gráficos para complementar la interpretación de resultados.

Los resultados obtenidos son coherentes con estudios previos desarrollados a escala nacional y regional. De acuerdo con el IDEAM, la sabana de Bogotá presenta alta susceptibilidad a inundaciones debido a su topografía predominante plana, la intervención antrópica y el incremento en la intensidad de eventos de precipitación, condiciones que coinciden con las zonas de riesgo alto y muy alto identificadas en el presente análisis.

Asimismo, el IPPC advierte que el cambio climático incrementa la frecuencia e intensidad de eventos extremos de precipitación, lo que refuerza la necesidad de incorporar el análisis del riesgo por inundación en la planificación territorial de municipios como Chía.

A nivel local, el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Chía reconoce la presencia de áreas inundables asociadas a los principales drenajes, lo que valida la localización espacial de las zonas críticas identificadas en el mapa de riesgo elaborado

5.3. Interpretación del Impacto Potencial

El cálculo del área en km² permite cuantificar la exposición. Una vez tabulados los resultados, si se confirma que las áreas de **Riesgo muy alto** y **Riesgo alto** son significativamente extensas, la interpretación es la siguiente

Comunidades: La concentración de riesgo en el centro-occidente impacta directamente zonas de desarrollo urbano y conectividad. Los históricos de inundaciones en la Sabana de Bogotá confirman la vulnerabilidad de esta franja, donde la expansión urbana se superpone a antiguos humedales o llanuras de inundación. El riesgo potencial incluye la interrupción de vías principales (como la Vía Cota), daños a viviendas y servicios esenciales

Sistemas Agropecuarios: Dado el carácter agroambiental del estudio, las áreas de alto y muy alto riesgo representan pérdidas significativas para la producción agrícola y pecuaria al estar sujetas a la anegación prolongada y la saturación de los suelos

Ecosistemas: Los ecosistemas en zonas de riesgo medio a muy bajo, especialmente aquellos que actúan como zonas de amortiguación o recarga hídrica, deben ser priorizados para su conservación como estrategia natural de mitigación.

6. Conclusiones

1. El proceso de modelación cartográfica, a través de la conversión de ráster a vectorial y la aplicación de geo procesos como **Suavizar Polígono** y **Disolver**, demostró ser una metodología robusta para la construcción de productos cartográficos digitales que representan fenómenos agroambientales.
2. El municipio de Chía presenta una distribución heterogénea del riesgo por inundación, con una marcada concentración de las clases de **Riesgo muy alto** y **Riesgo alto** en su sector centro-occidental, coincidente con la llanura de inundación de la Sabana de Bogotá, lo cual evidencia una alta vulnerabilidad en esta porción del territorio
3. La categorización cualitativa del riesgo y la cuantificación del área en km² son esenciales para el análisis técnico, ya que permiten identificar con claridad y precisión las áreas críticas (rojas y naranjas) donde se deben enfocar las acciones de ordenación territorial y gestión del riesgo.
4. El uso de herramientas SIG y el análisis permitieron identificar con precisión las áreas más vulnerables a inundaciones en el municipio, demostrando que la integración de variables como pendiente, distancia a drenajes, uso del suelo y tipo de suelo es fundamental para comprender el comportamiento del riesgo. Estos resultados proporcionan información confiable que puede servir de base para la toma de decisiones en la gestión territorial y la prevención de desastres.
5. El estudio evidencia que gran parte del territorio evaluado presenta condiciones que favorecen la ocurrencia de inundaciones, lo que resalta la necesidad de implementar medidas de mitigación y planificación más estrictas. La identificación de zonas críticas no solo facilita la priorización de intervenciones, sino que también contribuye a fortalecer el municipio frente a eventos climáticos cada vez más frecuentes por efectos del cambio climático.

7. Recomendaciones

1. Intervenciones prioritarias en la franja centro-occidental (riesgo alto y muy alto)

Las áreas clasificadas con riesgo alto y muy alto, localizadas principalmente en la franja centro-occidental de Chía, cercanas a la Vía Cota y a los drenajes asociados a los ríos Bogotá y Frío, se recomienda la ejecución de obras hidráulica específicas, tales como la ampliación de canales de drenaje, mantenimiento de cauces y mejora del sistema de drenaje pluvial, con el fin de reducir el desbordamiento en eventos de alta precipitación. Adicionalmente, se recomienda restringir o regular el crecimiento urbano en estas zonas mediante el POT, evitando nuevas edificaciones en la llanura natural de inundación.

2. Protección y manejo del suelo en zonas ribereñas de riesgo muy alto.

Según los resultados de la modelación, en las áreas cercanas a los drenajes principales, especialmente en los sectores de Fonquetá y Cerca de Piedra, el mapa evidencia riesgo muy alto (zonas rojas del mapa) asociado a la cercanía a drenajes principales, se recomienda delimitar y reforzar franjas de protección hídrica, controlando usos agrícolas y urbanos incompatibles. Estas zonas deben destinarse preferiblemente a coberturas vegetales protectoras, restauración de rondas hídricas y control de ocupación informal, reduciendo así la exposición directa de comunidades rurales y sistemas productivos.

3. Manejo hídrico en áreas de baja pendiente y alta acumulación de flujo.

Las zonas planas del occidente de Chía, caracterizadas por pendientes bajas y alta acumulación de escorrentía, mostraron mayor vulnerabilidad, por lo tanto, requieren estrategias específicas de manejo hídrico, tales como canales alternos o canales de alivio, mejora del drenaje superficial y aplicación de soluciones basadas en la naturaleza (zanjas de infiltración, parques inundables y humedales artificiales). Estas medidas son especialmente relevantes en áreas urbanas y periurbanas del occidente de Chía, donde la impermeabilización del suelo incrementa el riesgo de inundación.

4. Ajuste del uso del suelo agropecuario en zonas de riesgo medio, alto y muy alto.

Para las áreas agrícolas donde la modelación mostró riesgo medio, alto o muy alto, principalmente en el occidente y norte del municipio, se recomienda promover cultivos tolerantes a encharcamiento o alternativas agroecológicas adaptadas, promover la conservación de suelos, barreras vivas y curvas a nivel. Asimismo, se sugiere reubicar infraestructura agropecuaria vulnerable (corrales, bodegas, insumos) fuera de las zonas críticas y afectaciones a las comunidades rurales.

5. Fortalecer los sistemas de alerta temprana y la educación comunitaria en barrios y veredas ubicados en zonas de riesgo alto y muy alto.

Según los eventos históricos de inundación que se han presentado en el municipio de Chía, los barrios y veredas ubicadas dentro de las zonas de riesgo alto y muy alto, especialmente en el centro-occidente del municipio, se recomienda: Instalar sistemas de alerta temprana como sensores de nivel en drenajes principales, actualizar protocolos de evacuación en zonas con riesgo alto y

muy alto específicamente, capacitaciones comunitarias sobre rutas seguras, puntos de encuentro y gestión de emergencias.

6. Realizar monitoreo continuo y actualización periódica del modelo de riesgo en las zonas críticas.

Dado que la variabilidad del clima y el crecimiento urbano cambian, se recomienda actualizar el modelo de riesgo por inundación al menos cada 3–5 años, priorizando las zonas donde el mapa muestra mayor concentración de riesgo. Esta actualización permitirá evaluar cambios en el uso del suelo, nuevas infraestructuras y eventos recientes; de esta manera se fortalece la planificación agroambiental, al igual que la toma de decisiones para estos territorios en especial.

8. Referencias bibliográficas

- Alcaldía Municipal de Chía. (2016). *Documento técnico de soporte del Plan de Ordenamiento Territorial de Chía (Acuerdo 100 de 2016)*.
<https://www.chia-cundinamarca.gov.co/POT/Acuerdo100de2016/DTS%20%20FINAL>
- Burgos Galindo, A. L., & Reina Cuervo, S. X. (2015). *Análisis de los escenarios de riesgo por fenómenos amenazantes para el municipio de Chía, Cundinamarca* [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2010). *Estudio hidrológico e hidráulico de la cuenca del río Frío en el municipio de Chía*.
<https://1library.co/document/yr31odjy-estudio-hidrologico-hidraulico-cuenca-rio-frio-municipio-chia>
- Gálvez, M. (2021). *IPCC: Fenómenos meteorológicos y climáticos extremos*. Futuro Verde.
<https://futuroverde.org/2021/08/ipcc-fenomenos-meteorologicos-y-climaticos-extremos>
- Mendoza L., M. (2014). *Identificación del conflicto de uso del suelo en la vereda Yerbabuena, municipio de Chía* [Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada].
<https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/cee65cf7-5707-49ff-a247-476bd7cbe41e/content>
- Moreno Palacios, C., & Bermúdez Ordoñez, O. A. (2016). *Análisis del riesgo por inundación utilizando herramientas SIG para la cuenca del río Quito* [Trabajo de grado, Universidad de Manizales].
- Rodríguez Torres, M. (2018). *Caracterización de eventos extremos de precipitación diaria en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].

- Segura, A. (2021). *Caracterización socioeconómica del resguardo indígena muisca de Fonquetá y Cerca de Piedra*. EFAID.
<https://www.chiacundinamarca.gov.co/2022/Caracterizacion%20socio%20economica%20resguardo%20indigena>.
- Uribe, C. (2006). *Inundación afectó a 800 casas en Chía*. *El Tiempo*.
<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/mam-2013026>

Enlace de sustentación: <https://youtu.be/PWwddbDEz-0>