

Aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) para el análisis de riesgo por inundación en el municipio de Medina, Cundinamarca

Autores

Diana Carolina Arcila Medina _ darcilam@unadvirtual.edu.co
Alexander Ballesteros Suarez _ aballesterossu@unadvirtual.edu.co
Miguel Ángel Carrillo Romero _ macarrillor@unadvirtual.edu.co
Dayany Vanessa Parra Méndez _ dvparram@unadvirtul.edu.co
Diana Alejandra Payares Castro _ dapayaresc@unadvirtual.edu.co

Tutor

John Carlos Ruiz Caicedo _ john.ruiz@unad.edu.co

Resumen

El municipio de Medina (Cundinamarca) presenta una alta vulnerabilidad frente al riesgo de inundación causadas por el aumento de las precipitaciones, la variación del clima, las características geomorfológicas del territorio y la intervención antrópica en las zonas inundables. Esta situación ha generado impactos frecuentes en la población, la infraestructura vial, las actividades productivas y el medio ambiente, especialmente durante los periodos de mayor intensidad de lluvias (octubre). Estas condiciones evidencian la necesidad de emplear herramientas técnicas que permitan identificar, analizar y delimitar espacialmente las zonas con mayor grado de vulnerabilidad.

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo principal realizar un análisis espacial multicriterio del riesgo de inundación del municipio de Medina (Cundinamarca), utilizando herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el software ArcGIS Pro.

La metodología utilizada para obtener los resultados se basa en un análisis multicriterio a partir de los geoprocursos aplicados sobre el ráster de riesgo del municipio, utilizando herramientas de ArcGIS Pro como conversión de ráster a polígono, suavizar polígonos y líneas, disolver y otros ajustes de geometría necesarios para determinar las áreas en Km². Asimismo, se ajustó la simbología con valores únicos y colores que corresponden a cinco niveles de riesgo, información plasmada en un mapa donde se evidencia las zonas clasificadas en riesgo de inundación muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

Con la información cartográfica obtenida se evidencian las zonas con mayor vulnerabilidad frente al riesgo de inundación durante los meses de mayor precipitación, resultados de gran importancia para para la elaboración y actualización del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGR), así como para la formulación de los planes de contingencia ante posibles emergencias ambientales.

Finalmente, se realiza un análisis interpretativo identificando las áreas críticas y de mayor riesgo, a partir de las cuales se dan algunas recomendaciones dirigidas a la prevención, el control del riesgo y la mitigación de los impactos ambientales relacionados con los eventos de inundación.

Palabras claves: Geoprocursos; Información; Mapa; Precipitación; Inundación; Vulnerabilidad.

Introducción

Los cambios climáticos que se presentan en las últimas décadas traen consigo incremento significativo en las precipitaciones, siendo este factor muy influyente en los sucesos de inundaciones, ya que de manera abrupta se presentan eventos climáticos imprevistos y de gran magnitud, que afectan significativamente la población (ACNUR, 2025).

Los impactos sobre la población y actividades económicas se incrementan a causa de la urbanización de áreas inundables, deforestación y otras actividades antrópicas como el uso inapropiado de coberturas de suelo y la invasión de terrenos de drenajes (Rios, 2010)

El objetivo de este artículo es presentar el análisis multicriterio con sistemas de información geográfica realizado para calcular el índice de riesgo de inundación en el municipio de Medina (Cundinamarca). Donde ríos como el Guajaray, río Borrachero, río Gazamumo, río Pirí Chiquito, río Gazaunta, entre otros, representan riesgo para la población ya que presentan socavación, deslizamientos, desviación y sus cauces se han extendido más allá de lo habitual en épocas invernales (Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2017).

La geomorfología del municipio de Medina está representada por pendientes que contribuyen a incrementar la amenaza por inundación, ya que las altas laderas que presenta la topografía del terreno facilitan el incremento y velocidad del flujo hídrico (Patarroyo, 2017). De acuerdo con el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (2012), los eventos asociados a las épocas invernales en el municipio han generado impactos significativos, ocasionando daños directos en la infraestructura de la Inspección de San Pedro de Guajaray y en la malla vial, lo que ha ocasionado cierres y el aislamiento de la población. Asimismo, fenómenos como los deslizamientos, erosiones, avalanchas y crecientes inesperadas en zonas cercanas a los sistemas de drenajes, específicamente en los ríos Gazamumo, Gazaunta, Guajaray y Borrachero, han provocado la pérdida de cultivos, afectaciones en áreas urbanas e impactado directamente sobre la economía local y la actividad agroindustrial (pp.12-18).

Según la información reportada por el IDEAM para el municipio de Medina, Cundinamarca, se presenta un pronóstico de riesgo alto por deslizamientos de tierra, el cual se basa en el monitoreo de las condiciones meteorológicas, especialmente la ocurrencia de lluvias intensas o prolongadas, así como el análisis de la susceptibilidad del terreno a la ocurrencia de movimientos en masa. Esta susceptibilidad corresponde al grado de predisposición del terreno a presentar deslizamientos, determinado por factores intrínsecos como la geología, la geomorfología, la cobertura de tierras y las pendientes del terreno (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres- UNGRD, 2025)

Teniendo en cuenta lo anterior se reconoce que utilizar Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite la recolección de datos, análisis espaciotemporales y la identificación de áreas vulnerables a inundación y caracterización de cuencas (Acosta, Martín Morales, García Rivero, Salgado, & López, 2011), por lo tanto también es fundamental aplicar el análisis multicriterio ya que permite estudiar y unificar los criterios de las variables que hacen parte de la identificación de las áreas de riesgo de inundación en el municipio de Medina (Cundinamarca) (Acosta et al., 2011).

El resultado final es un mapa multicriterio que se podrá utilizar para el ordenamiento agroambiental del territorio, permitiendo identificar las áreas más susceptibles a inundación y, así tomar las medidas preventivas y generar las recomendaciones pertinentes, en aras de favorecer la productividad y futuros impactos sobre la población y el ambiente.

Objetivos

General

Analizar el riesgo por inundación en el municipio de Medina, Cundinamarca, mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG), con el propósito de localizar las zonas de mayor vulnerabilidad y proporcionar insumos que contribuyan a la toma de decisiones en la gestión del riego.

Específicos

- Identificar y caracterizar variables hidrográficas principales que afectan el riego debido a inundaciones en el municipio de Medina, Cundinamarca.
- Desarrollar un modelo de análisis del riesgo por inundación para el municipio de Medina mediante la transformación y procesamiento de datos ráster y vectoriales, incluyendo los geoprocursos de conversión, suavizado y disolución para obtener presentaciones espaciales precisas.
- Analizar las zonas de estudio del municipio de Medina según su nivel de riesgo por inundación en categorías de vulnerabilidad muy alta, alta, media, baja y muy baja.

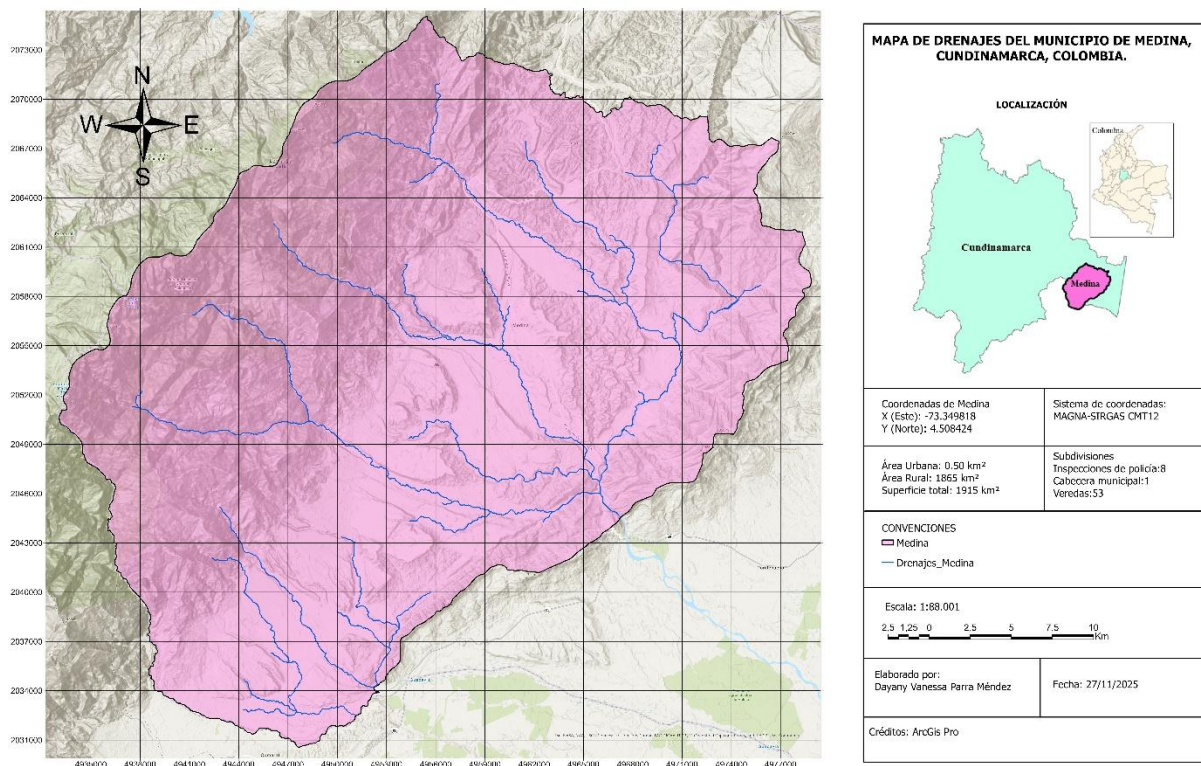
Identificación del caso de estudio

El municipio de Medina se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca (Figura 2), y junto con Paratebuena integran la provincia de Medina. El municipio de Medina es conocido como “La Puerta del Llano” y se destaca por ser el municipio con mayor extensión territorial en el departamento de Cundinamarca, cuenta con un área total de 1.915 km², de los cuales 0,50 km²

corresponden al área urbana y 1.865 km² pertenecen al área rural. La cabecera municipal tiene una altitud de 525 msnm, se encuentra localizada en las coordenadas Y (Norte): 4.508424 y X (Este): -73.349818, se encuentra a una distancia aproximada de 192 km de la capital de la República, Santafé de Bogotá (Cundinamarca) y a 7 km de Villavicencio (Meta) (Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2017). La economía de Medina se sustenta principalmente en la agricultura, destacándose los cultivos de café, plátano y cacao. Como actividad complementaria se destacan la ganadería y la producción de lácteos. Además, el municipio cuenta con pequeñas industrias y comercios locales que contribuyen a la economía del territorio (Gobernación de Cundinamarca, s. f.).

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de los geoprocetos realizados en ArcGIS Pro, el municipio de Medina presenta una amplia diversidad climática relacionada con la variación altitudinal del territorio. Las zonas de menor elevación (pendientes) registran una altitud de 300 msnm; mientras que en los sectores de mayor altura alcanzan los 3.810 msnm (ArcGIS Pro, 2025).

Figura 1.
Ubicación y drenajes del caso de estudio.



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Aunque la temperatura promedio anual de 25 °C característica del clima cálido, durante el mes más lluvioso (octubre) se registraron temperaturas entre los 6°C y 21 °C, propias de las zonas

frías y de clima medio. Según el Plan de Desarrollo Municipal, Siempre con la gente (2020), en las áreas de laderas quebradas y escarpadas predomina un clima medio pluvial que favorece el desarrollo de bosques mesófilos. Geográficamente, Medina presenta superficies planas y zonas semi-montañas donde predominan los climas cálidos semi-húmedo y frío semi-húmedo (p.97).

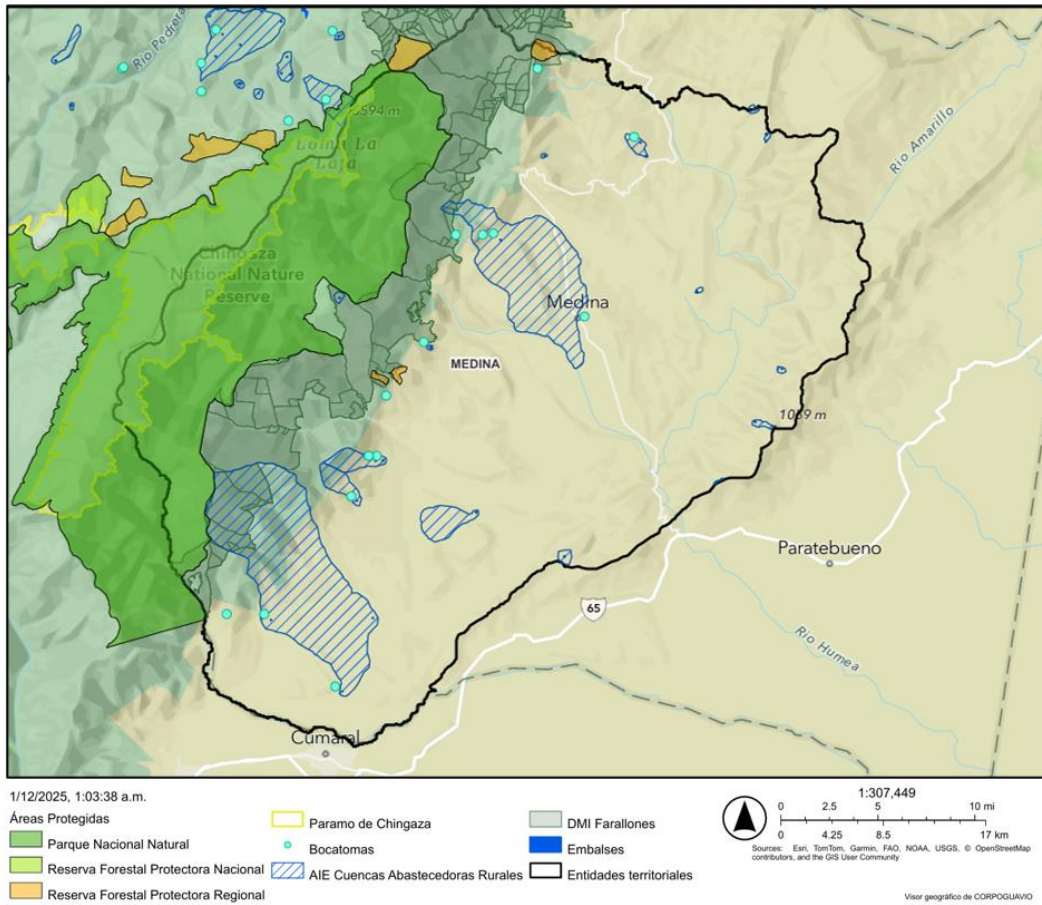
El municipio de Medina, Cundinamarca, se caracteriza por contar con una alta disponibilidad de recursos hídricos y una amplia riqueza ecosistémica y biótica, lo que lo consolida como un territorio estratégico para la conservación de la biodiversidad. En este contexto, los Farallones de Medina adquieren una importancia ambiental significativa ya que han sido integrados al área del Parque Nacional Natural Chingaza, convirtiéndolo en un espacio de alto interés para el desarrollo de investigaciones científicas de alcance nacional e internacional (Plan Municipal de Desarrollo, 2024, p.74)

En Colombia, los meses de mayor precipitación se concentran entre abril y mayo, así como entre octubre y noviembre. Para el análisis multicriterio del riesgo de inundación se trabajó con la información correspondiente al mes de octubre. Según el Plan de Desarrollo Municipal (2024), Medina está conformada por una extensa red hidrográfica, en donde las principales cuencas hidrográficas son los ríos Gazaunta, Gazamumo, Humea y Guacavia. La subcuenta del río Humea desemboca en el río Metica y posteriormente en el río Orinoco (p.74). Esta subcuenca brinda un soporte vital para el desarrollo económico de los municipios de Medina y Paratebueno (Cundinamarca) y los municipios de Cabuyaro, Puerto López y Cumaral (Meta), así como en el departamento de la Orinoquía (Andean Geological Services Ltda., 2016).

Los recursos hídricos de Medina son protegidos por La Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio) y el Parque Nacional Natural Chingaza, los cuales conservan más de 799 hectáreas mediante Reservas Forestales Protectoras (RFP), entre las que se encuentran La Reserva Forestal Protectora Regional Manantial del Jagua, La Reserva Forestal Protectora Regional Los Laureles y el conjunto de las Reservas El Maracaibo y Las Delicias (Plan de Desarrollo Municipal, Siempre con la gente , 2020, pp. 74–80). Asimismo, Corpoguavio en alianza con la Alcaldía Municipal y la Gobernación de Cundinamarca han adquirido predios destinados a la protección del recurso hídrico que abastecen a los acueductos veredales de Barandillas, Altamira, la Esperanza y el Porvenir (Plan de Desarrollo Municipal, Siempre con la gente, 2020, p.93).

Figura 2.
Áreas de interés ambiental de Corpoguavio

Zona de interés Visor Geográfico Corpoguavio



Fuente: Corpoguavio, 2025, Visor Geográfico de Corpoguavio.

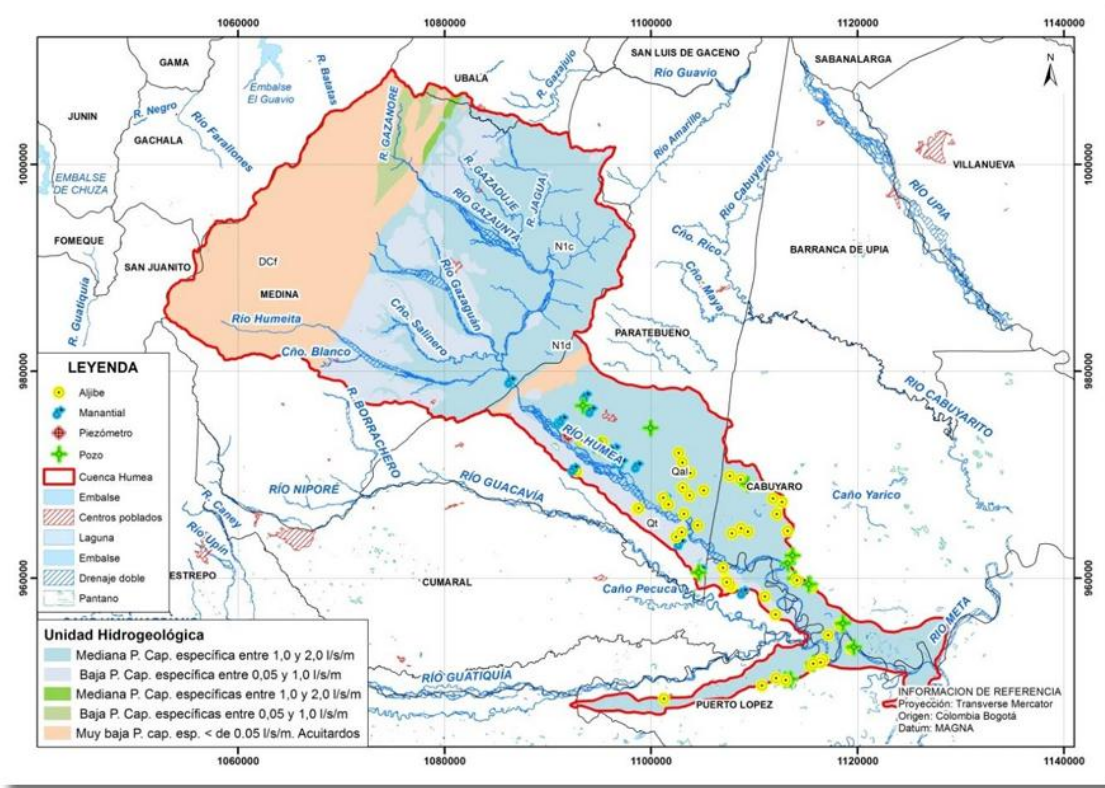
Según el Plan de Desarrollo Municipal, Siempre con la gente (2020), El Parque Nacional Natural Chingaza (PNN) abarca el 25% del municipio de Medina como zonas protegidas; las veredas que comparten jurisdicción con el PNN Chingaza son: Periquito, Santa Ana, Chorrerano, Los Medios de Humea, La Esperanza, Miralindo y Toquiza (Alcaldía de Medina, p.97)

Tabla 1.
Microcuencas del municipio de Medina, Cundinamarca.

Microcuenca	Área (ha)	Afluentes	Subafluentes
Río Gazaunta	44.365	Gazaduje La Sucia La Jagua	Caño Blanco, La Colorada, El Frijolito. Quebrada sin nombre, La Guarupaya, San Isidro, Gazacia Sur, Barbasco, La Retumbadora, El Arenal y Gazaire.
Río Gazamumo	25.530	Gazaguan Gazatavena Rio Chorrerano	Gazaguancito y Brasil. El Salinero, Caño Majagual y Caño Hondo.
Río Humea	20.774	El Salitre Caño Blanco Caño Negro Gazapi Caño Sucio Caño Romerano	
Río Guacavia	29.126	El Borrachero Guajaray Niporé	El Borrachero, Caño Sucio y Guajaraycito. El Pirí y Caño Grande.
TOTAL (Ha)	119.795		

Fuente: Zonificación Ambiental de Jurisdicción de Corpoguvio. Tomado del Plan de desarrollo, 2024.

Figura 3.
Red hidrográfica del municipio y POMCA de la cuenca del río Humea



Fuente: Corpoguavio, 2019, POMCA del Río Humea.

División político – Administrativa

Medina limita al norte con el municipio de Ubalá (Zona B); al noroeste con Gachalá, los Farallones de Gachalá y los Farallones de Medina; al Oeste con el calvario (Meta); al este con Paratebueno (Cundinamarca); al suroeste con Restrepo (Meta); y al sur con Cumaral (Meta) (Corpoguavio, 2012).

Según el Plan de Desarrollo Municipal, Siempre con la gente (2020), Medina cuenta con una población aproximada de 10.205 habitantes (p.46). Administrativamente, el municipio de Medina está dividido en 8 inspecciones de policía, la cabecera municipal y 53 veredas (Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, pp. 5–6).

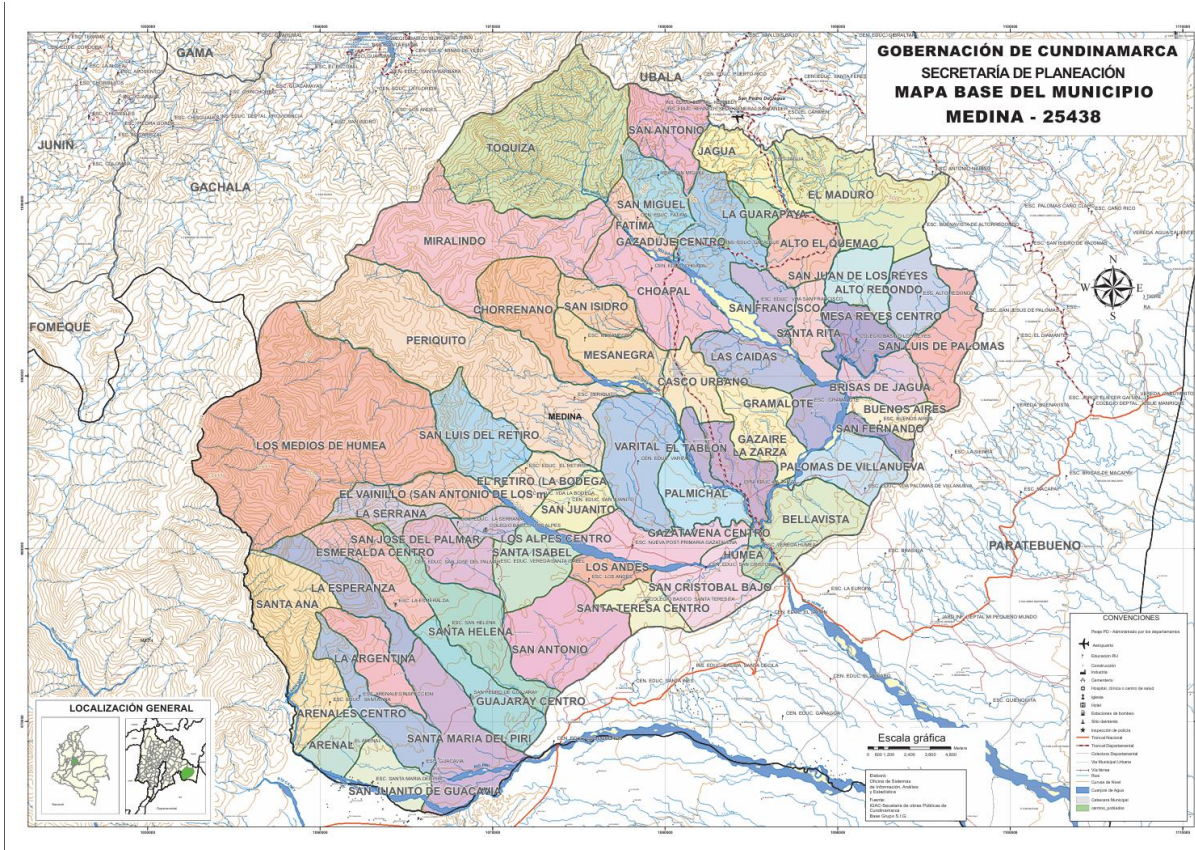
Tabla 2.

División político - administrativa del municipio de Medina.

INSPECCIÓN	VEREDAS
Medina	Casco urbano: El Tablón, Mesa Negra, San Isidro, Chorrerano, Choapal, Miralindo, Toquiza, Las caídas, Gazaire, Gramalote, Humea y La Zarza.
Gazaduje	Gazaduje Centro: Alto Quemado, Jagua, La Guarupaya, El Maduro, San Francisco, Buena Vista, San Antonio, San Miguel y Fátima.
Mesa de reyes	Mesa de Reyes Centro: Santa Rita, Alto Redondo, Brisas de Jagua, San Luís de Palomas, San Fernando, Palomas de Villanueva, Bellavista, Buenos Aires y San Juan de los Reyes.
Gazatavena	Gazatavena Centro: Palmichal, Varital, San Juanito, Periquito (Escuela de Periquito), San Luís del Retiro y El Retiro (La Bodega).
Santa Teresita	Santa Teresa Centro: San Cristóbal Bajo, San Cristóbal, San Antonio (Escuela Santa Marta) y Los Andes.
Los Alpes	Los Alpes Centro: Santa Isabel, Los Medios del Humea, San José del Palmar, La Serranía, El Vainillo (San Antonio los Medios).
Arenales	Arenales Centro: La Argentina, Arenal, San Juanito de Guacavía y Santa Ana.
La Esmeralda	Esmeralda Centro: La Esperanza.
San Pedro de Guajaray	San Pedro de Guajaray Centro: Santa Helena y Santa María del Pirí.

Fuente: Plan de desarrollo municipal, Siempre con la gente, 2020.

Figura 4.
 Mapa de la división político-administrativa de Medina



Fuente: Prieto, 2020.

Metodología

Para el presente estudio se empleó la metodología de Análisis Multicriterio (AMC) para el cálculo de riesgo por inundación en el municipio de Medina, Cundinamarca en la herramienta SIG ArcGis Pro, este modelo ampliamente utilizado en evaluación de riesgos ambientales y estudios como el de Ajjur, 2020, permitió integrar variables y a su vez ponderarlas según su influencia en la ocurrencia de inundación como se visualiza en la figura 6.

1. Recopilación y preparación de datos

Este proceso implica un examen exhaustivo de literatura para identificar los indicadores que garantizan un enfoque integral para evaluar el riesgo de inundación, lo que implicó un análisis detallado de factores como elevación, pendientes, precipitación, distancia a drenajes y coberturas del suelo cruciales para comprender las dinámicas ambientales del riesgo de inundación (Efraimidou et al., 2024).

Todas las capas fueron homogenizadas bajo el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS CMT12 garantizando interoperabilidad geométrica y precisión espacial, además de recortadas para asegurar que los insumos compartieran una misma extensión en los análisis posteriores.

Las fuentes principales de datos espaciales en SIG se muestran en la Tabla 3 que representa las referencias claves utilizadas en este proceso.

Tabla 3.
Variables para clasificar el riesgo de inundación

Datos	Fuente
Modelo de Elevación Digital (DEM)	IGAC
Ráster de pendientes	Geoproceso ArcGis Pro
Límites político-administrativos del municipio y su departamento (shapefile).	IGAC
Cartografía de cobertura de tierras (shapefile).	IDEAM
Ráster mensual de precipitación de octubre correspondiente al mes de mayor pluviosidad.	IDEAM

Fuente: Autoría propia, 2025

Cobertura de tierras: Influye en la infiltración y la escorrentía superficial del agua (Ouma et al., 2014). Las áreas con cobertura vegetal densa, como bosques y pastizales, tienen una mayor capacidad de infiltración y reducen la escorrentía superficial, mientras que las áreas urbanas y agrícolas pueden aumentar la escorrentía y el riesgo de inundación (Abdel et al., 2020).

Elevación y pendientes: Impactan en la velocidad y la dirección del flujo de agua (Ajjur et al., 2020). Las áreas con elevaciones bajas y pendientes suaves son más propensas a inundarse, mientras que las áreas con elevaciones altas y pendientes pronunciadas pueden experimentar flujos de agua más rápidos y peligrosos (Rezende et al., 2020).

Precipitación: Es el principal factor que desencadena las inundaciones (Agnihotri et al., 2019). La intensidad y la duración de la precipitación influyen en la cantidad de agua que se infiltra en el suelo y la que se convierte en escorrentía superficial.

Distancia entre drenajes: Influye en la capacidad del sistema de drenaje para manejar el flujo de agua (Balica et al., 2009). Las áreas con drenajes más densos y mejor conectados pueden reducir el riesgo de inundación, mientras que las áreas con drenajes insuficientes o mal conectados pueden aumentar el riesgo.

2. Transformación

Posteriormente de tener los datos geoespaciales cargados en el programa, pasaron por una serie de geoprocursos, la capa de coberturas de tierra fue disuelta y transformada de vectorial a ráster y estandarizada a un tamaño de píxel de 30.

La capa de precipitaciones fue parametrizada para tener un tamaño de celda igual a la del DEM.

A partir de la capa DEM se generó el preprocesamiento del ráster para corregir depresiones espurias y generar una superficie continua que permitiera simular adecuadamente el comportamiento del escurrimiento superficial. Luego, se aplicaron modelos hidrológicos rasterizados para derivar la dirección preferencial del flujo en cada celda, seguidos del cálculo de la acumulación de flujo con el fin de identificar los patrones de drenaje y las áreas de concentración de esorrentía. Estos productos intermedios constituyeron la base para determinar las redes de drenaje potenciales y establecer, de manera precisa, los límites fisiográficos de la cuenca analizada; sin embargo, para trabajar únicamente con los drenajes principales del municipio de Medina se hizo un descarte del 1%; y luego se reclasificó para aislar las zonas con mayor acumulación por método de Rupturas naturales (Jenks) en 2 clases.

Con el resultado de la capa anterior denominado Corrientes se realizó el cálculo de acumulación de distancias y se configuró el tamaño de celdas iguales a las del DEM.

3. Análisis multicriterio para determinar zonas de riesgo por inundación.

Se reclasificaron todas las capas obtenidas anteriormente teniendo en cuenta los valores de la tabla 4, primero el DEM se clasificó en 5 clases por Rupturas naturales (Jenks), en donde las elevaciones más bajas, serían las de mayor riesgo con un valor de 10 y así irían decreciendo hasta 2 siendo el valor que representa mayor elevación por lo tanto un riesgo muy bajo.

Tabla 4.

Estimación de clasificación cualitativa y cuantitativa

Clasificación cualitativa	Valores
Riesgo muy bajo	2
Riesgo bajo	4
Riesgo medio	6
Riesgo alto	8
Riesgo muy alto	10

Fuente: Guía de aprendizaje, 2025

El ráster de pendiente se configuró en 5 Rupturas naturales (Jenks), en donde las pendientes planas se representaron con un valor de 10 debido a riesgo muy alto por pendientes planas y así para las otras clases, siendo riesgo muy bajo en pendientes con mayor inclinación.

La capa de precipitaciones se clasificó en rupturas naturales de (Jenks) al igual que los otros parámetros en 5 clases, en donde las bajas intensidades fueron clasificadas con valor 2 y de manera ascendente hasta 10 las lluvias más intensas.

La distancia de drenajes se reclasifico con el método anteriormente descrito, en las 5 clases en donde el valor 1 fue remplazado por el 10 pues representa las distancias más cercanas y así hasta el valor 2 que serían las distancias más lejanas.

Para la capa de cobertura de tierras se tuvo en cuenta la tabla Clasificación de coberturas de suelo de Corine Land Cover Nivel 2; Además de tener en cuenta otras variables como la realidad del municipio.






Se realizó la suma ponderada con los criterios de análisis para el riesgo de inundación de la tabla 5 y posteriormente la reclasificación del ráster de ponderación en 5 clases por método de Rupturas naturales (Jenks), y se les asigno color según la tabla 6, es así como con esta información se construyó el Mapa de clasificación de las zonas de riesgos por inundación en Medina, Cundinamarca.

Tabla 5.
Criterios de análisis para el riesgo de inundación

Factor	Porcentaje	/100
Modelo de elevación digital DEM	10%	0,1
Pendientes (slope)	15%	0,15
Cobertura de tierras (Land cover)	10%	0,1
Precipitación	35%	0,35
Distancia entre drenajes	30%	0,3
Total	100%	1

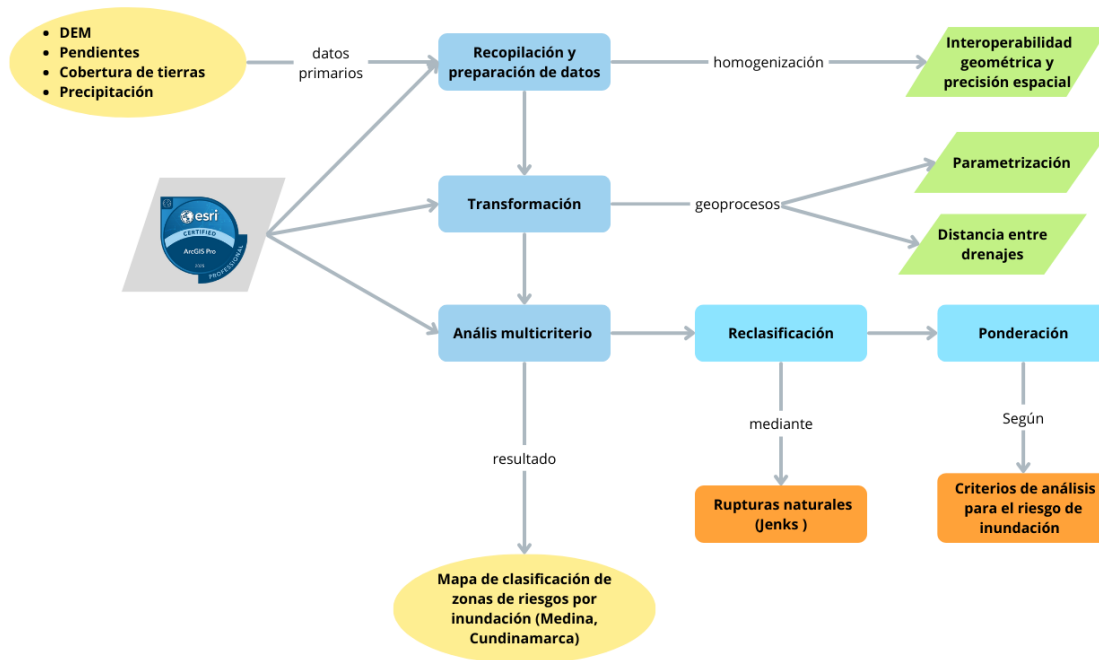
Fuente: Guía de aprendizaje, 2025

Tabla 6.
Reclasificación de riesgo por inundación

Valores	Simbología
1	
2	
3	
4	
5	

Fuente: Guía de aprendizaje, 2025

Figura 5.
Metodología del Análisis Espacial Multicriterio (AMC)

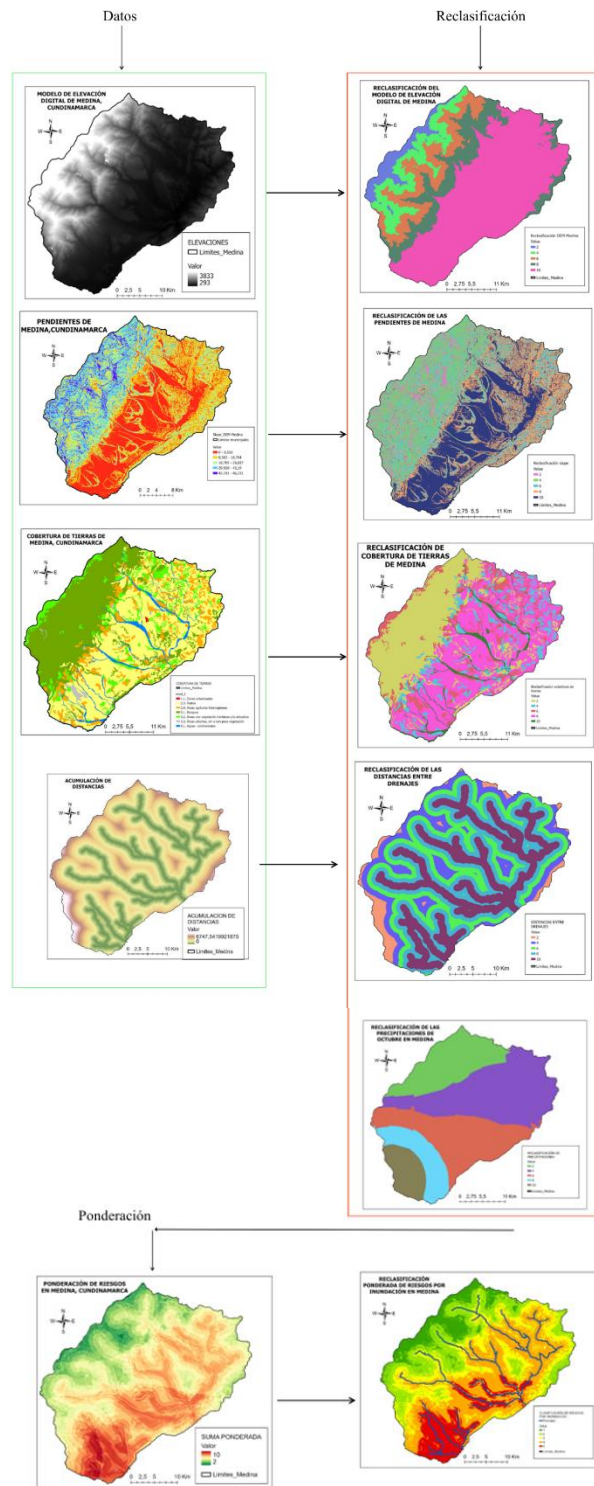


Fuente: Autoría propia, 2025

Resultados

La figura 6 presenta el desarrollo de la metodología del Análisis Espacial Multicriterio (AMC) aplicada en ArcGIS Pro para la evaluación del riesgo por inundación en el municipio de Medina, Cundinamarca. El proceso integra once mapas temáticos que correspondientes al Modelo de Elevación Digital (DEM), la reclasificación del DEM, el mapa de pendientes del municipio, la reclasificación de las pendientes, la cobertura de tierras, la reclasificación de las coberturas de tierras, la acumulación de distancias, reclasificación de las distancias entre drenajes, la reclasificación de las precipitaciones registradas en octubre, la ponderación los factores de riesgo y la reclasificación ponderada de riesgos por inundación en el municipio de Medina.

Figura 6.
Proceso de transformación de capas vectoriales hasta resultado final.



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

La figura 7 presenta los resultados de la integración de información geográfica, topográfica e hidrológica del municipio de Medina (Cundinamarca). El producto cartográfico muestra la zonificación del territorio clasificado en cinco categorías cualitativas de riesgo por inundación: riesgo muy bajo (verde claro), riesgo bajo (verde claro), riesgo medio (amarillo), riesgo alto (naranja) y riesgo muy alto(rojo). Asimismo, se evidencia la red de drenajes principales y los límites municipales.

Los datos cualitativos evidencian que en el municipio las zonas que más predominan corresponden a las zonas de riesgo alto y riesgo medio. Las zonas de riesgo alto se ubican principalmente hacia el centro y sur del municipio alcanzando un rango altitudinal entre los 300 msnm-800 msnm. Estas áreas corresponden a valles, planicies y zonas cercanas a los ríos, se caracterizan por pendientes bajas que reducen la velocidad de escurrimiento y favorecen la acumulación de humedad; por lo tanto, las zonas con relieves bajos son más susceptibles a inundaciones.

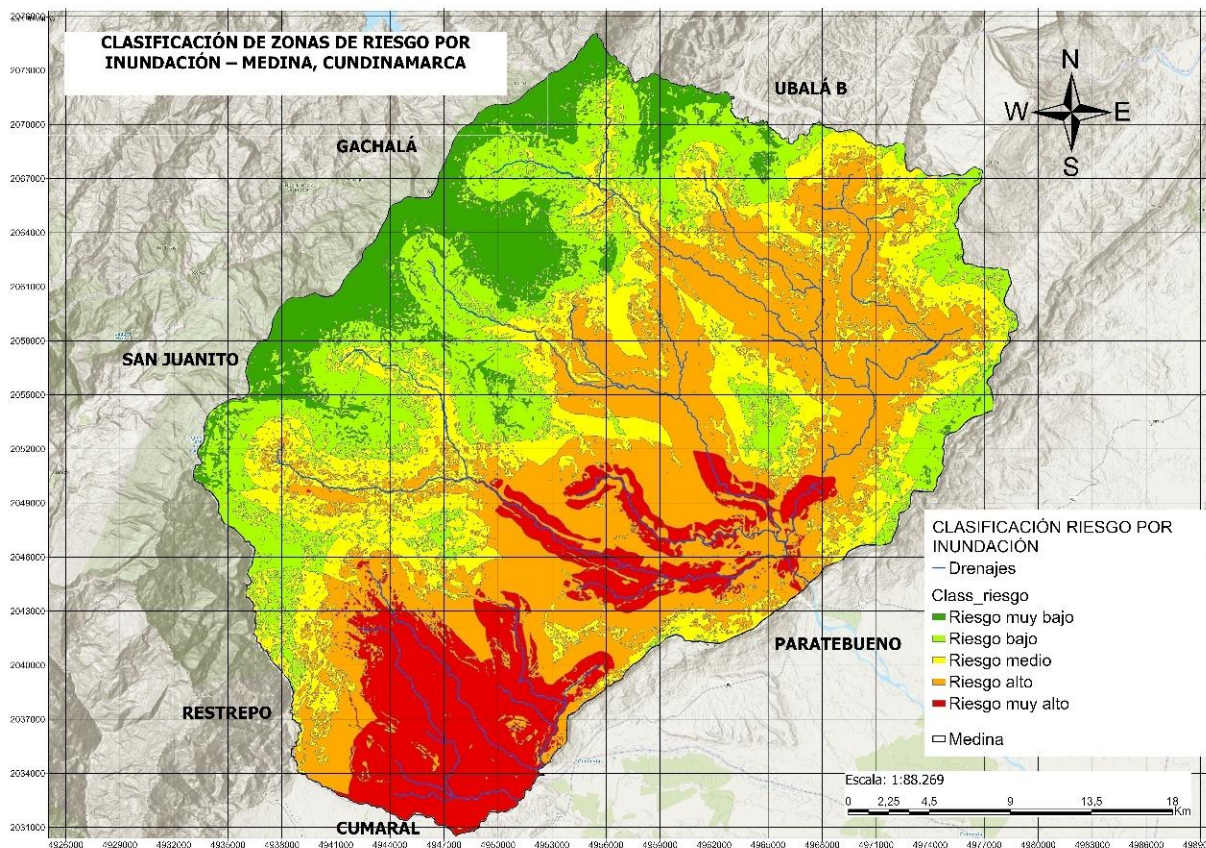
Por otra parte, las zonas de riesgo medio se distribuyen en franjas amarillas que atraviesan la mayor parte del territorio, incluido el casco urbano. Estas áreas tienen un rango altitudinal entre los 800 msnm-2000 msnm y corresponden a las zonas con laderas y piedemontes con pendientes medias, donde la mayor elevación del terreno facilita el drenaje o escurrimiento del agua y disminuye la probabilidad de inundaciones.

En general, los riesgos de inundación están relacionados con las variaciones altitudinales del municipio, que van desde los 300 msnm hasta los 3.810 msnm. La amplia diversidad altitudinal genera distintos tipos de relieve que influyen directamente en el comportamiento del agua y aumentan la probabilidad de eventos de inundación.

En conclusión, las zonas con pendientes bajas son las más vulnerables a las inundaciones, mientras que las áreas más elevadas y con pendientes más altas presentan un riesgo mínimo de inundación.

Figura 7.

Mapa de clasificación de las zonas de riesgos por inundación en Medina, Cundinamarca.



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

La tabla 7 y la figura 8 presentan la distribución espacial del municipio de Medina (Cundinamarca) clasificados en cinco categorías cualitativas de riesgo por inundación. Los resultados evidencian que la categoría con mayor extensión territorial corresponde al riesgo alto, ocupando un área de 274,13 Km² que equivale al 32,19% del total municipal. En segundo lugar se encuentran las zonas con riesgo medio que abarcan un área de 274,13 Km² (22,99 %), seguido de las zonas con riesgo bajo que ocupan un área de 248,03 Km² (20,80 %).

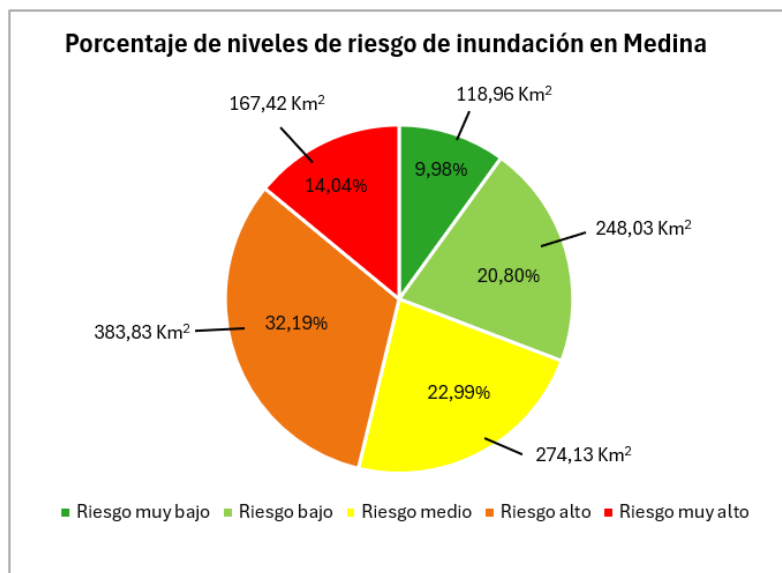
Por el contrario, las categorías con menor superficie corresponden a las zonas de riesgo muy alto con un área de 167,42 Km² (14,04%) y las zonas de riesgo muy bajo que ocupan un área de 118,96 Km² (9,98 %). Esta distribución evidencia una tendencia clara: la mayor parte del territorio se encuentra en niveles de riesgo medio y alto frente a las inundaciones, mientras que las zonas con riesgos extremos (muy alto o muy bajo) ocupan proporciones menores que el área total del municipio.

Tabla 7.
Clasificación de riesgo de inundación en Medina, Cundinamarca

Valores	Clase de riesgo cualitativo	Área (km ²)	Porcentaje (%)
1	Riesgo muy bajo	118,96	9,98
2	Riesgo bajo	248,03	20,80
3	Riesgo medio	274,13	22,99
4	Riesgo alto	383,83	32,19
5	Riesgo muy alto	167,42	14,04

Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Figura 8.
Porcentaje de los niveles de riesgo en el municipio de Medina, Cundinamarca



Fuente: Autoría propia, 2025

La deforestación para la expansión agrícola y ganadera afectan de manera directa los recursos naturales provocando que durante las temporadas de lluvia, aumenten los caudales de los ríos y se desborden, impactando las vegas, generando riesgos para las poblaciones ribereñas y pérdidas en los sistemas de producción agropecuaria (Plan de Desarrollo Municipal, 2020, p.104).

De acuerdo con el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (2012), las principales amenazas hidrológicas se concentran en varios puntos del municipio. En la Inspección de San Pedro de Guajaray, el río presenta fuertes procesos de erosión en las orillas y representa un alto riesgo para la comunidad, ya que en temporadas de lluvias el cauce del río ha aumentado y ha ingresado hasta el parque de la inspección, ocasionando inundaciones en las edificaciones, y aunque se han instalado barreras de protección construidas con material del mismo río, estas barreras han sido destruidas por la fuerza de la corriente. De igual manera, el río Borrachero, en la vía que conecta las inspecciones de San Pedro de Guajaray con Los Alpes, presenta problemas de

desvió del cauce y erosión que provocaron la destrucción del puente que conecta a ambas inspecciones. En los alrededores de la vereda Varital el río Gazamumo ha desplazado su cauce hacia los terrenos de varias fincas, afectando pastos y los cultivos; mientras que en la vereda La Argentina se reportaron deslizamientos y modificaciones en el cauce del río Pirí Chiquito. Finalmente, el río Gazaunta presenta erosión en sus orillas, causando afectaciones en la vía que comunica a el casco urbano de Medina con San Pedro de Jagua, generando la destrucción total de la vía y dejando incomunicadas a las veredas con el centro poblado (pp.12-13).

Según el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (2012), las pendientes pronunciadas, el tipo de suelo, la geología de la región y las precipitaciones constantes registradas en el municipio a lo largo de los años han generado deslizamientos en diversos sectores del territorio, causando amenazas por movimientos en masa y riesgos de inundación. Entre los principales escenarios de riesgo por inundación se encuentra la Inspección de Los Alpes, donde durante las temporadas de invierno se producen deslizamientos en las orillas de caño Blanco que generan grandes cantidades de material sedimentario (piedras, arena y lodo) que son arrastrados por la corriente, lo cual puede provocar represamientos y desbordamientos poniendo en riesgo a la comunidad. ha estado presente aproximadamente durante los últimos 23 años y también ha afectado a la Inspección de Guajaray, donde el incremento de los deslizamientos ha generado el desplazamiento del cauce del río Pirí, que actualmente desembocan al río Guajaray. Esta situación aumenta la probabilidad de taponamiento y represamiento, incrementando el riesgo de avalanchas e inundaciones para la población. En el 2011, el fenómeno de La Niña aumento los deslizamientos, los cuales se agravaron tras el sismo con epicentro en Puerto Quetame, que produjo un significativo movimiento de masas. Otro escenario de riesgo por inundación corresponde a la vereda Arenal, donde las viviendas y cultivos cercanos al río Guacavía han sido afectados por las inundaciones en las épocas de invierno. Finalmente, el río Niporé es un escenario de amenaza por sedimentación, la cual ha generado daños en la infraestructura del puente y ha dejado incomunicadas a las inspecciones de Arenales y Guajaray, así como a las veredas Santa María del Pirí y La Argentina (pp. 17-18).

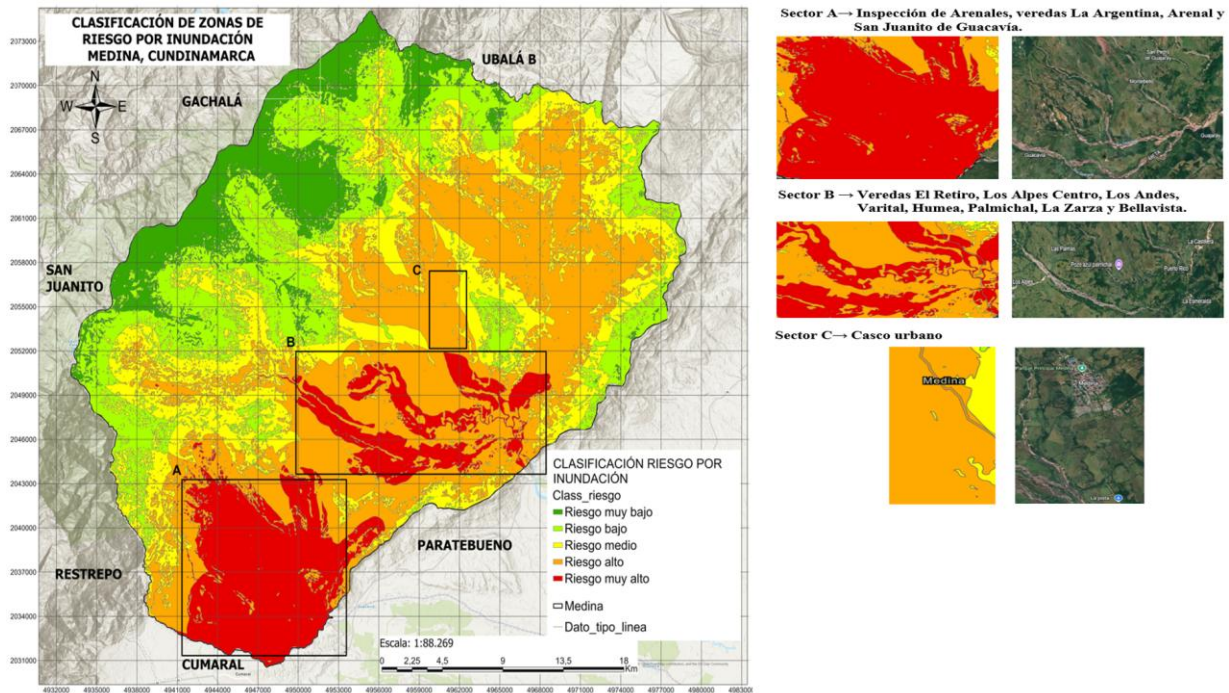
En la Figura 9 se identifican los sectores más afectados del municipio de Medina, Cundinamarca, donde el riesgo de inundación es muy alto y alto.

En el Sector A, los desbordamientos de los ríos Guacavía, Caño Blanco, El Borrachero, Guajaray, Niporé y Pirí han afectado a la población de la Inspección de Arenales y a las veredas La Argentina, Arenal y San Juanito de Guacavía.

En el Sector B, el río Gazatavena afecta a las veredas El Retiro (La Bodega), Los Alpes Centro y Los Andes. Además, el río Gazamumo impacta a las veredas de Varital, Palmichal y La Zarza, mientras que los ríos Humea y Gazaunta generan afectaciones en la vereda Bellavista. Adicionalmente, el río Humea ocasiona impactos en la vereda Humea.

El sector C corresponde al casco urbano y se encuentra en riesgo alto debido a la influencia de los ríos Gazaguan y Gazamumo.

Figura 9.
Comparación de zonificación de riesgos y comunidades más afectadas



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Conclusiones

Se identifica evidentemente en el mapa de riesgo que las áreas de inundación se encuentran dispersas de nororiente a suroccidente, por lo que se pudo establecer que la concentración de las zonas de riesgo alto y muy alto rodea los cauces de los afluentes ubicados en el sector suroriental (río Humea, río Gazamumo, río Gazatavena y río Gazaunta) con esto se logró identificar que las áreas de mayor riesgo de inundación en el municipio de Medina (Cundinamarca) se establecen en zonas de menor altitud. Caso contrario, las áreas de riesgo muy bajo y bajo se encuentran presentes en zonas de pendientes más elevadas al nororiente municipal.

El análisis multicriterio aplicado en este documento permitió establecer que la clasificación y zonificación de áreas inundables son un insumo fundamental para el ordenamiento agroambiental del territorio, integrando las variables de mayor influencia en el tema de las inundaciones y permitiendo elaborar un mapa que determina las áreas con mayor riesgo (Rodríguez, 2020). Esto facilita el soporte de una base técnica fundamentada en sistemas de información geográfica (SIG) para la toma de decisiones en el manejo de suelos, planificación agroambiental y preservación de la vida e integridad de las poblaciones.

El análisis espacial realizado mediante el uso del software ArcGIS Pro, junto con la metodología multicriterio permitió evidenciar de forma precisa y confiable la distribución del riesgo por inundación presentada en el municipio de Medina, Cundinamarca, de igual forma, la integración de variables como la pendiente del terreno, la cobertura vegetal, el uso del suelo, la red de drenaje y la precipitación del mes de octubre, del año 2025 permitió reclasificar el territorio en cinco niveles de riesgo, arrojando resultados significativos, y en la que a la hora de actuar, este propició obtener resultados para llevar a planificar de manera objetiva en el municipio de Medina.

Recomendaciones

La implementación de un plan de ordenamiento y manejo agroambiental del territorio es una recomendación importante que se deriva de este análisis multicriterio, especialmente las áreas clasificadas con niveles de riesgo de inundación alto y muy alto, donde no se debe permitir la urbanización ni el asentamiento de actividades productivas del sector agrícola, en la proximidad de estos cauces. Por lo tanto, desde el punto de vista de la ingeniería ambiental, se considera que es imprescindible priorizar estas áreas ante la toma de decisiones que vayan de la mano con la conservación y protección ambiental.

Desde el campo de la zootecnia se hacen las siguientes recomendaciones:

- Reubicación de los sistemas de producción ubicados en las zonas de mayor riesgo.
- Instaurar un plan de reserva forrajera para los meses de mayor precipitación.
- Fomentar practicas silvopastoriles como rotación de potreros, sistemas de estabulado y siembra de árboles forrajeros para prevenir la erosión y mejorar la resistencia de los suelos.
- Capacitar a los productores sobre el manejo y conservación del suelo antes, durante y después de la temporada de lluvias.
- Reforzar el plan sanitario para evitar enfermedades producidas por vectores como mosquitos, zancudos y moscas.

Referencias bibliográficas

Abdel, H. H., Wenlong, W., & Qiaomin, L. (2020). Environmental sensitivity of flash flood hazard using geospatial techniques.

ACNUR. (2025). *Acnur*. Recuperado el 2025, de <https://www.acnur.org/noticias/historias/inundaciones-causadas-por-la-crisis-climatica-provocan-nuevos-desplazamientos>

- Acosta, J. O., Martín Morales, G., García Rivero, A., Jaime Salgado, E., & López, M. L. (2011). *Biblioteca digital uncu*. Recuperado el 2025, de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/13623/08oliveraproyccion10.pdf
- Agnihotri, A. K., Ohri, A., Gaur, S., Shivam, Das, N., & Mishra, S. (2019). Flood inundation mapping and monitoring using SAR data and its impact on Ramganga River in Ganga basin. *Environmental monitoring and assessment*, 191(12), 760.
- Ajjur, S. B., & Mogheir, Y. K. (2020). Flood hazard mapping using a multi-criteria decision analysis and GIS (case study Gaza Governorate, Palestine). *Arabian Journal of Geosciences*, 13(2), 44.
- Alcaldía de Medina. (2020, 31 de mayo). *Plan de Desarrollo Municipal, Siempre con la gente 2020-2023* [página web]. Gov.co. <http://www.medina-cundinamarca.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-municipal-siempre-con-la-gente-20202023>
- Andean Geological Services Ltda. (2016). *Cartilla divulgativa. Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del río Humea* [PDF]. <https://www.agsltda.com/pdf/Cartilla-Humea.pdf>
- Balica, S. F., Douben, N., & Wright, N. G. (2009). Flood vulnerability indices at varying spatial scales. *Water science and Technology*, 60 (10), 2571-2580.
- Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2017). *Plan municipal de gestión del Riesgo de desastres (PMGR) del municipio de Medina, Cundinamarca*. Repositorio Gestión de Riesgo. https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/28925/P_MGRD_MedinaCmarca_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Riesgo%20por,ve redas%20con%20el%20casco%20urbano.
- Corpoguvavio. (2012). *Guía Informativa para las Yincanas Ambientales Estudiantiles, municipio de Medina, Cundinamarca*.
- Corpoguvavio. (2019). *POMCA del Río Humea. Fase de diagnóstico. Informe final. Hidrogeología del Río Humea* [Imagen]. (P.p. 23). https://drive.google.com/drive/folders/1FkVOq_Xpiv2K-qRBk-MFIJOYVM49oZGj
- Corpoguvavio. (2025). *Visor Geográfico de Corpoguvavio*. <https://visor.corpoguvavio.gov.co/GEOVISOR/>
- Efraimidou, E., & Spiliotis, M. (2024). A gis-based flood risk assessment using the decision-making trial and evaluation laboratory approach at a regional scale. *Environmental Processes*, 11(1), 9.
- Gobernación de Cundinamarca. (s.f). *Medina*. <https://www.cundinamarca.gov.co/municipios/Medina>
- Municipio de Medina. (2024, 31 de octubre). *Plan de desarrollo 2024-2027* [Documento en línea]. Mapas y estadísticas. <https://mapas.cundinamarca.gov.co/documents/fa5e28e7d0854d71938c7971580015c7/ab out>

- Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2014). Urban flood vulnerability and risk mapping using integrated multi-parametric AHP and GIS: methodological overview and case study assessment. *Water*, 6(6), 1515-1545.
- Prieto, F. (2020,30 de noviembre). *Municipio de Medina. Mapa base del municipio de Medina* [Imagen]. ArcGis. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=79dbb1cee0c442698702fd6ece382774>
- Rezende, O. M., de Oliveira, A. K. B., Miranda, F. M., Jacob, A. C. P., de Sousa, M. M., & Miguez, M. G. (2020). Mapping the flood risk to Socioeconomic Recovery Capacity through a multicriteria index. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120251.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD. (2025, 26 de noviembre). *Pronóstico de amenaza alta por deslizamientos de tierra en Medina, Cundinamarca*. Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres. <https://www.gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/alertas.aspx?id=592390>
- Vicerrectoría Académica y de Investigación. (s.f). *Guía de aprendizaje. Fase 4: Modelación agroambiental del territorio* [PDF]. Campus virtual UNAD.

Enlace de sustentación: <https://youtu.be/ksaYciDo260>