

## **Estimación y análisis multicriterio del riesgo por inundación en el municipio de Valledupar a partir de recursos de Sistemas de Información Geográfica.**

Marive de Jesús Cañizares Peinado - mcap@unadvirtual.edu.co

Jeison Andrey Obando Castillo - jaobandoca@unad.edu.co

Estefani Pulido Quintero - epulidoq@unadvirtual.edu.co

### **Resumen**

Este estudio analizó el riesgo por inundación en Valledupar (Cesar, Colombia), mediante un análisis multicriterio en un entorno SIG, empleando herramientas de geoprocésamiento que integran variables como altitud, pendiente, distancia a drenajes, precipitación y cobertura del suelo. Los resultados identificaron zonas críticas ubicadas principalmente en áreas bajas cercanas al río Guatapurí y en sectores con actividades agropecuarias; más del 35 % del territorio presenta riesgo alto o muy alto. Estas áreas concentran población vulnerable, infraestructura y zonas productivas, lo que incrementa la susceptibilidad a eventos extremos. Este trabajo aporta insumos clave para la planificación territorial y la formulación de medidas preventivas frente al cambio climático.

*Palabras claves:* Riesgo por inundación, SIG, Análisis multicriterio, Valledupar, Vulnerabilidad territorial, Gestión del riesgo, Planificación ambiental, Cambio climático.

### **Introducción**

Las inundaciones constituyen una de las amenazas naturales más recurrentes y dañinas en Colombia, especialmente en zonas urbanas como Valledupar, caracterizadas por su alta densidad poblacional y localización en planicies fluviales. En los últimos años, en la costa Caribe colombiana, y particularmente en el departamento del Cesar, se han registrado fuertes temporadas de lluvias como consecuencia del cambio climático y la degradación de los ecosistemas, lo que ha incrementado significativamente las precipitaciones en municipios como Valledupar (IDEAM, 2022).

Según Palma (2015), citado por García et al. (2020), el crecimiento de las ciudades colombianas ha sido tan acelerado que ha superado ampliamente su capacidad para ofrecer a la población un entorno adecuado para el desarrollo y garantizar servicios públicos básicos. Esta situación aumenta la vulnerabilidad de las comunidades frente a amenazas como las inundaciones, agravada por la expansión urbana no planificada en zonas de alto riesgo.

El análisis multicriterio (AMC) apoyado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite integrar variables físicas y ambientales —como altitud, pendiente, distancia a drenajes, precipitación y cobertura del suelo— para estimar espacialmente las zonas de mayor susceptibilidad. Este método es fundamental porque considera no solo las lluvias o la cercanía a los ríos, sino también factores adicionales que pueden aumentar o disminuir el riesgo.

En este estudio, el uso de ArcGIS Pro fue clave, ya que permitió procesar grandes volúmenes de datos geospaciales (capas ráster y vectoriales), aplicar técnicas como el recorte, la reclasificación y la suma ponderada, y representar cartográficamente los resultados finales. Estas herramientas facilitaron la identificación de las zonas con mayor y menor riesgo de inundación en Valledupar, apoyando así la interpretación y la toma de decisiones para la gestión del riesgo.

Los resultados del análisis mostraron que las zonas más afectadas y críticas se concentran principalmente en el suroriente del municipio, y también se identificaron sectores muy vulnerables en el noreste, cerca de los cauces principales. Estas áreas son urbanas y periurbanas de rápido crecimiento, lo que incrementa su vulnerabilidad. En las zonas rurales del municipio también encontramos altos riesgos de inundación estas zonas son de producción agrícola. Por ejemplo, barrios como *Villa Miriam*, *San Martín*, *Divino Niño*, *La Nevada*, *Las Manuelitas*, *450 Años*, *Populandia* y *El Pescadito*, *9 de marzo*, *paraíso* entre otros (Pérez Mora, 2024), presentan mayor exposición; la mayoría son estratos 1 y 2, donde predominan condiciones de pobreza extrema y deficiente infraestructura, factores que agravan el problema (Mejía, 2021, p. IX). En contraste, el occidente y suroeste del municipio presentan riesgos bajos y medios debido a que son zonas más elevadas y con mayor pendiente, lo que reduce la acumulación de agua.

## Objetivos

### General

- ❖ Analizar e identificar las zonas de mayor y menor riesgo por inundación en el municipio de Valledupar, mediante el uso de recursos de SIG y el análisis multicriterio, con el fin de valorar el territorio, localizar áreas productivas expuestas y orientar la planificación de medidas preventivas frente a los efectos del cambio climático.

### Específicos

- ❖ Integrar variables ambientales y físicas (altitud, pendiente, drenajes, cobertura, precipitación).
- ❖ Generar mapas de riesgo por inundación.
- ❖ Identificar e interpretar áreas críticas en términos de impacto sobre población, infraestructuras y sistemas productivos.

### Identificación del caso de estudio

El municipio de Valledupar se localiza al norte del valle del Cesar, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá, en la región Caribe colombiana, a orillas de los ríos Cesar y Guatapurí. Es la capital del departamento del Cesar y cuenta con una población aproximada de

483.250 habitantes; además, su área metropolitana agrupa cerca de 662.941 habitantes. Administrativamente, el municipio está conformado por 25 corregimientos y 102 veredas (Alcaldía de Valledupar, s.f.).

El relieve de Valledupar es predominantemente llano, con una leve inclinación hacia el sureste, y altitudes que oscilan entre los 220 metros en la parte norte y 150 metros en el sur, con una altitud media aproximada de 168 metros sobre el nivel del mar. En las inmediaciones de la ciudad destacan dos cerros: el cerro *Cicolac* (330 msnm) al nororiente y el cerro *La Popa* (310 msnm), que se suman al paisaje dominado por las grandes formaciones montañosas cercanas como el Pico Bolívar (5.775 m).

El municipio de Valledupar tiene una extensión total de 4.493 km<sup>2</sup>. Su casco urbano se extiende aproximadamente 8,3 km de norte a sur y 6,2 km de este a oeste. Presenta una temperatura media anual de 28,4 °C, con máximas y mínimas históricas de 41,5 °C y 16 °C respectivamente; abril suele ser el mes más caluroso, mientras que octubre es el más fresco (Alcaldía de Valledupar, s.f.).

En la Figura 1 se observa la ubicación del municipio de Valledupar.

### Figura 1

*Ubicación geográfica de Valledupar Cesar.*



*Nota.* Adaptado de Alcaldía de Valledupar, s.f.

En términos climáticos, los meses de mayor precipitación son mayo y octubre. Para el análisis multicriterio de este estudio se seleccionó el mes de octubre para generar la capa ráster de

precipitación, por tratarse del periodo de mayores lluvias. Asimismo, se emplearon el modelo de elevación digital (DEM) del departamento del Cesar y el ráster de pendientes del municipio de Valledupar, generado a partir del mismo DEM.

La integración de estas variables permitió identificar y delimitar las áreas más propensas a inundaciones, y analizar las posibles consecuencias sobre la infraestructura, la población y el desarrollo urbano del municipio, ofreciendo así información clave para la planificación territorial y la gestión del riesgo.

### Metodología

El área objeto de estudio para el análisis del riesgo de inundación corresponde al municipio de Valledupar, ubicado en el departamento del Cesar. Para este análisis se empleó el software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) ArcGIS Pro, junto con la aplicación de un análisis multicriterio (AMC). Este procedimiento permitió integrar y evaluar de manera conjunta diferentes capas de información geoespacial del municipio, como el modelo de elevación digital (DEM), pendientes (ver Figura 2), drenajes, cobertura del suelo y datos de precipitación, así como sus respectivas reclasificaciones (ver Tabla 1).

La combinación de estas variables físicas y ambientales facilita la identificación de las zonas con mayor y menor susceptibilidad a inundaciones, ofreciendo una visión más completa del riesgo de inundación presente en Valledupar.

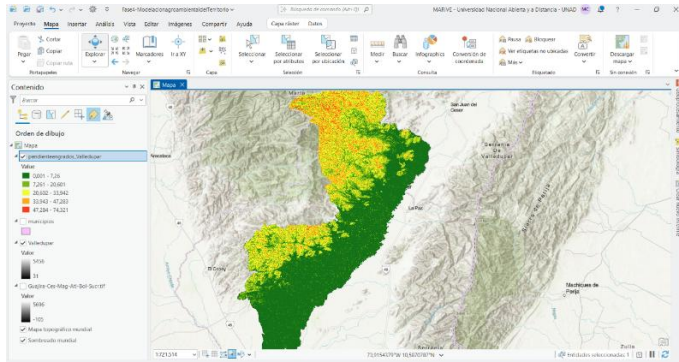
**Tabla 1**

*Fuente de datos utilizados en el análisis del riesgo de inundación.*

Dato geoespacial	Fuente	Año
<b>Modelo de elevación digital – (Digital Elevation Model DEM)</b>	Earth Explorer USGS <a href="https://earthexplorer.usgs.gov/">https://earthexplorer.usgs.gov/</a>	2014
<b>Ráster pendientes</b>	Modelo de elevación digital	
<b>Distancia entre drenajes</b>	Acumulación de flujo – Modelo de elevación digital	
<b>Cobertura de tierras</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM <a href="https://www.colombiaenmapas.gov.co/">https://www.colombiaenmapas.gov.co/</a>	2018
<b>Precipitación (ráster obtenido de interpolación IDW)</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM Normales climatológicas estándar	Periodo 1991-2020

**Figura 2**

*Captura de pantalla de las capas (DEM, Pendiente, Municipio) generada en ArcGIS Pro.*

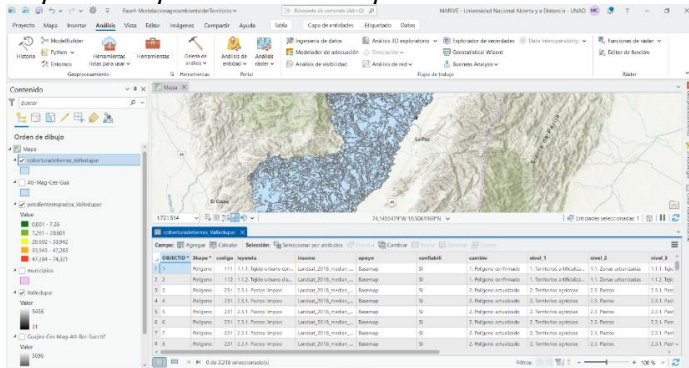


Nota. Elaboración, propia (2025).

Para continuar con el análisis, se cargó la capa de coberturas de la tierra y se aplicó el geoproceso Clip para delimitar el estudio exclusivamente al área del municipio de Valledupar. Este paso permite enfocar el trabajo con mayor precisión sobre la zona de interés, reducir la cantidad de datos innecesarios y optimizar los tiempos de procesamiento (ver Figura 3). En esta capa se identifican y visualizan las principales actividades económicas y productivas que se desarrollan en el municipio.

**Figura 3**

*Captura de pantalla de la capa cobertura de tierra Valledupar generada en ArcGIS Pro.*

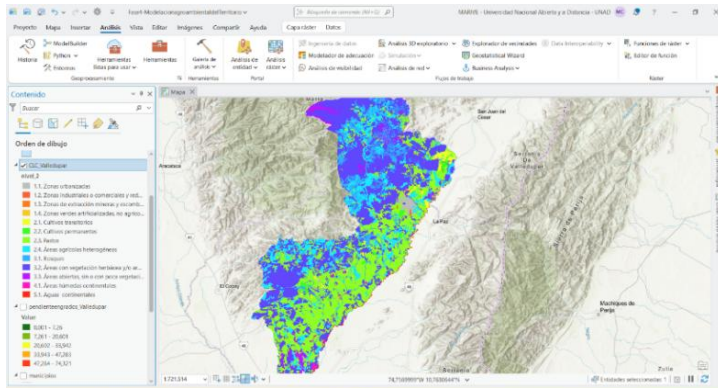


Nota. Elaboración, propia (2025).

A partir de la capa de coberturas de la tierra del municipio de Valledupar, previamente recortada, se aplicó el geoproceso Dissolver (Dissolve) utilizando el campo Nivel\_2. Este procedimiento agrupa todas las áreas que comparten la misma categoría de uso del suelo según la clasificación establecida en dicho nivel, lo que permite simplificar la capa y facilitar un análisis más ágil y eficiente (ver Figura 4).

**Figura 4**

*Captura de pantalla de la Capa coberturas de tierra del municipio de Valledupar categorizada a nivel 2 generada en ArcGIS Pro.*

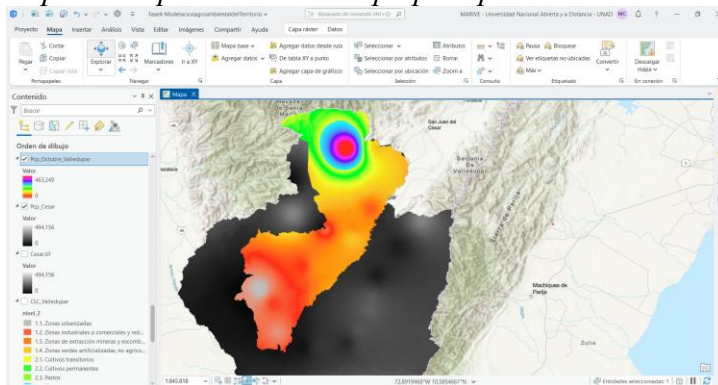


*Nota.* Elaboración, propia (2025).

Seguidamente, se identificaron los meses con mayor precipitación en el municipio de Valledupar, encontrando que octubre presenta los índices pluviométricos más altos (IDEAM). Esta información se incorporó al análisis como una capa ráster, sobre la cual se aplicó el geoproceso Extraer por máscara (Extract by Mask). Este procedimiento permitió delimitar y visualizar exclusivamente los valores de precipitación correspondientes al área del municipio de Valledupar (ver Figura 5).

**Figura 5**

*Captura de pantalla de la capa precipitación octubre Valledupar generada en ArcGIS Pro.*

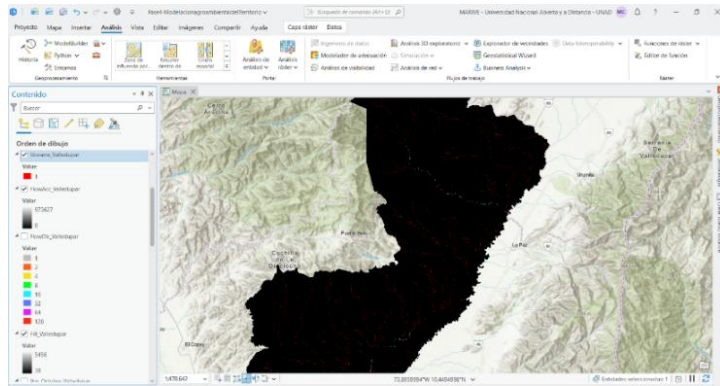


*Nota.* Elaboración, propia (2025).

Fue empleado el Modelo de Elevación Digital (DEM) del municipio de Valledupar para generar el ráster de acumulación de flujo (Flow accumulation). Este ráster permite identificar las rutas potenciales por donde se concentra el escurrimiento superficial, reflejando las zonas de mayor acumulación de agua de lluvia (ver Figura 6)

**Figura 6**

*Captura de pantalla de la capa DEM Valledupar generada en ArcGIS Pro.*

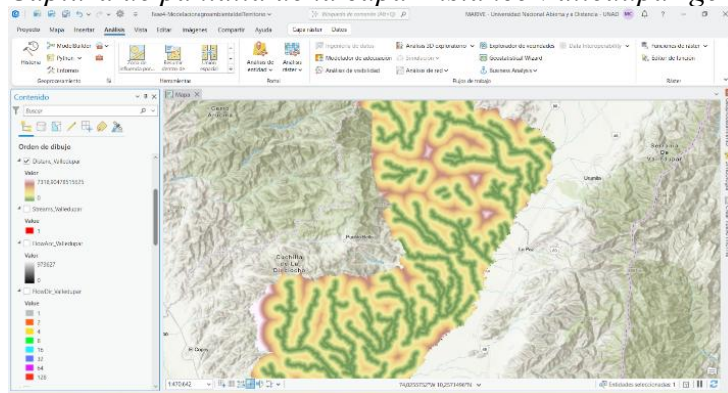


Nota. Elaboración, propia (2025).

Se calculó el ráster de acumulación de distancia (Distance accumulation) para el municipio de Valledupar. Este análisis permite conocer la distancia de cada celda del área de estudio hasta el drenaje principal más cercano (ver Figura 7)

**Figura 7**

*Captura de pantalla de la capa Distance Valledupar generada en ArcGIS Pro.*



Nota. Elaboración, propia (2025).

Finalmente, se realizó la modelación del riesgo por inundación en el municipio de Valledupar, a partir de la reclasificación de diferentes capas: Modelo de Elevación Digital (DEM), pendientes, precipitación, drenajes y coberturas de tierra (ver Figura 8). Para esta reclasificación se utilizó la escala definida en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Estimación de clasificación cualitativa y cuantitativa.*

Clasificación cualitativa	valores
<b>Riesgo muy bajo</b>	2
<b>Riesgo bajo</b>	4
<b>Riesgo medio</b>	6
<b>Riesgo alto</b>	8
<b>Riesgo muy alto</b>	10

*Nota:* Esta tabla muestra la relación de la descripción cualitativa del riesgo con su valor numérico correspondiente.

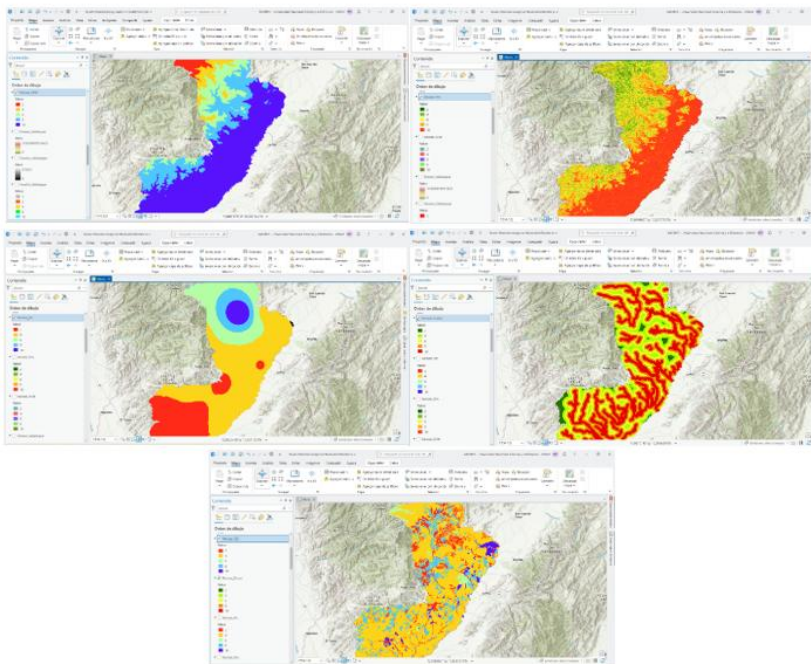
A cada clase resultante se le asignó un valor numérico de riesgo: las zonas de menor altitud y mayor susceptibilidad recibieron los valores más altos (riesgo muy alto = 10), mientras que las zonas de mayor altitud o menor susceptibilidad obtuvieron los valores más bajos (riesgo muy bajo = 2). Este modelo permitió representar espacialmente el nivel de riesgo por inundación en todo el municipio de Valledupar.

El proceso consistió en agrupar los valores de altitud y de las demás variables en cinco clases, aplicando el método de Rupturas naturales (Jenks) para determinar intervalos óptimos según la distribución estadística de los datos. Según Longley et al. (2015) este método es especialmente útil porque identifica patrones naturales y distribuciones internas en el conjunto de datos, minimizando la variación dentro de cada clase y maximizando la diferencia entre clases consecutivas.

La elección del método de Rupturas naturales (Jenks) se debe a que permite generar intervalos de clasificación basados en los propios datos, ajustándose mejor a su distribución real y reduciendo la variabilidad interna de cada clase. Esto resulta particularmente adecuado para variables ambientales y geográficas que no siguen distribuciones uniformes o lineales, logrando así una representación cartográfica más precisa y comprensible (Jenks, 1967).

### Figura 8

*Captura de pantalla de las capas reclasificadas de las variables, tenidas en cuenta para la modelación del riesgo por inundación generada en ArcGIS Pro.*



*Nota.* Elaboración, propia (2025).

A partir de toda esta información se realizó una suma ponderada de las reclasificaciones, en la cual se integraron las cinco capas ráster previamente reclasificadas, asignando los pesos correspondientes según lo establecido en la Tabla 3.

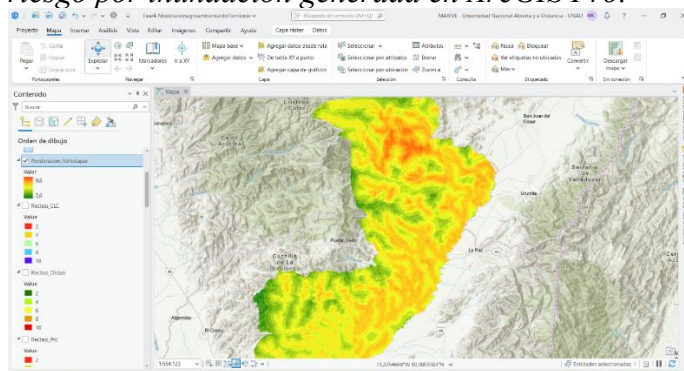
**Tabla 3.**  
*Criterios de análisis para el riesgo de inundación*

<b>Factor</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Peso (decimal)</b>
<b>Pendiente (Slope)</b>	15%	0.15
<b>Cobertura del suelo (Land Cover - CLC)</b>	10%	0.10
<b>Precipitación</b>	35%	0.35
<b>Distancia a drenajes</b>	30%	0.30
<b>Modelo de elevación digital (DEM)</b>	10%	0.10

*Nota:* Esta tabla muestra los cinco factores del análisis de riesgo de inundación y su porcentaje de influencia para aplicar en un análisis multicriterio.

Este análisis identifica las zonas de mayor y menor riesgo de inundación en el municipio de Valledupar, a partir de la integración de diferentes variables geoespaciales. Mediante el uso de herramientas SIG y un enfoque de análisis multicriterio, se genera una capa temática que permite visualizar las áreas más vulnerables (ver Figura 9).

**Figura 9**  
*Captura de pantalla de la capa resultante de la suma ponderada utilizada en la modelación del riesgo por inundación generada en ArcGIS Pro.*








*Nota.* Elaboración, propia (2025).

Para finalizar el proceso, se utilizó la herramienta *Reclasificar* para clasificar la capa resultante de la ponderación multicriterio en cinco clases, aplicando el método de rupturas naturales (Jenks). A

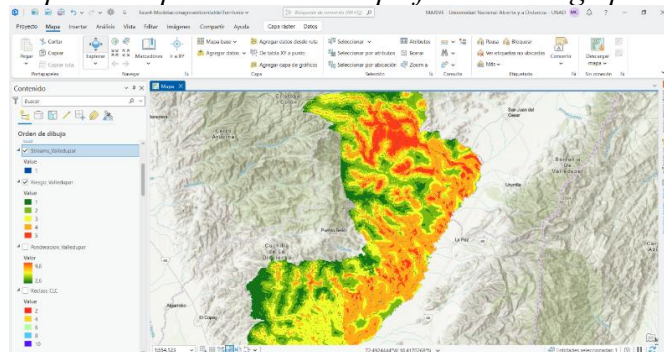
cada clase se le asignaron nuevos valores del 1 al 5, correspondientes a los distintos niveles de riesgo de inundación definidos en la Tabla 4. Este procedimiento permitió generar la capa final de riesgo por inundación para el municipio de Valledupar (ver Figura 10).

**Tabla 4**  
*Reclasificación de riesgo por inundación*

Valores	Simbología
1	
2	
3	
4	
5	

*Nota:* La tabla muestra la clasificación del riesgo de inundación en cinco niveles y utiliza una escala de colores para su identificación.

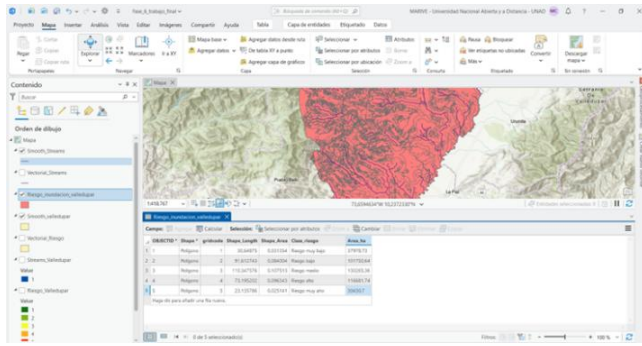
**Figura 10**  
*Captura de pantalla de la capa final de riesgo por inundación generada en ArcGIS Pro.*



*Nota.* Elaboración, propia (2025).

A partir de esta capa final, se aplicó el geoproceto de conversión de ráster a vector. Posteriormente, se utilizó el geoproceto Suavizar polígono para mejorar la representación espacial, y finalmente se aplicó el geoproceto Dissolver con el objetivo de simplificar los datos. A la capa resultante se le calculó el área correspondiente a cada categoría de riesgo (expresada en hectáreas), con el fin de cuantificar y analizar la extensión territorial de las distintas zonas identificadas (ver Figura 11).

**Figura 11**  
*Captura de pantalla de la capa vectorial de riesgo por inundación generada en ArcGIS Pro.*



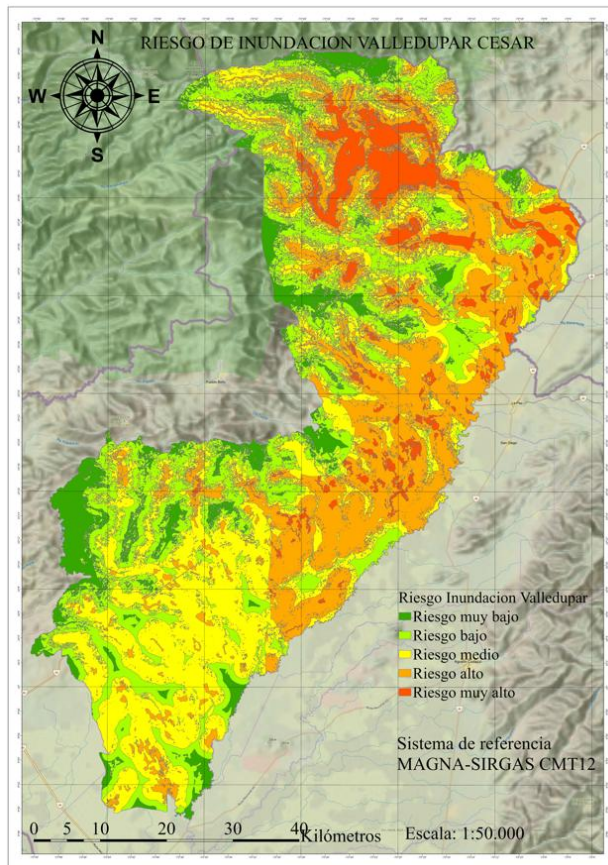
Nota. Elaboración, propia (2025).

### Resultados

A partir del análisis multicriterio realizado en ArcGIS Pro, se generó un mapa final de riesgo por inundación para el municipio de Valledupar. Este mapa clasifica el territorio en cinco niveles de riesgo (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), lo que permite identificar las áreas más vulnerables y calcular su extensión territorial en hectáreas (ver Figura 12). A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos, acompañados de gráficos y tablas que ilustran la distribución espacial y porcentual de cada nivel de riesgo.

**Figura 12.**

*Mapa del riesgo por inundación Valledupar Cesar generada en ArcGIS Pro.*



Nota. Elaboración propia, 2025

El análisis permitió clasificar el territorio del municipio de Valledupar en cinco niveles de riesgo por inundación. Se identificó que 37.978,73 hectáreas (9,1 %) presentan un riesgo muy bajo; 101.750,64 hectáreas (24,4 %), un riesgo bajo; 130.265,36 hectáreas (31,2 %), un riesgo medio; 116.681,74 hectáreas (28,0 %), un riesgo alto; y 30.430,70 hectáreas (7,3 %), un riesgo muy alto. En conjunto, más del 35 % del territorio se encuentra en las categorías de riesgo alto y muy alto, lo que representa una amenaza significativa para la población, la infraestructura y las actividades productivas ubicadas en estas zonas. Esta situación se vuelve especialmente crítica durante los meses de mayor precipitación en la región, que en Valledupar suelen concentrarse en mayo y octubre (IDEAM, 2022; ver Tabla 5).

**Tabla 5.**

*Área (ha) y porcentaje del territorio por nivel de riesgo de inundación en Valledupar*

<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% sobre el total</b>
<b>Muy bajo</b>	37.978,73	9,1 %
<b>Bajo</b>	101.750,64	24,4 %
<b>Medio</b>	130.265,36	31,2 %
<b>Alto</b>	116.681,74	28,0 %
<b>Muy alto</b>	30.430,70	7,3 %

*Nota.* La tabla muestra la superficie en hectáreas (ha) y el porcentaje que representa cada categoría de riesgo por inundación respecto al total del territorio municipal de Valledupar. Los datos provienen del análisis multicriterio realizado en ArcGIS Pro.

Las áreas de mayor riesgo se localizan principalmente en el suroriente y noreste del municipio, zonas de baja altitud y pendiente suave, cercanas a los ríos Guatapurí y Cesar. Allí se concentran barrios y asentamientos informales como el Pescaito, villa Jaidith, Villa Rosario, Mayales, Villa Taxi, Terminal de transporte, Divino Niño, La Nevada, Las Manuelitas, Populandia, San Martín, Villa Miriam y el margen derecho del río Guatapurí, caracterizados por alta densidad poblacional, infraestructura deficiente y predominio de estratos 1 y 2 (Mejía, 2021).

Según el informe de la UNDRR (2021), las inundaciones fueron el tipo de desastre natural más frecuente en Valledupar, representando aproximadamente el 27 % de los eventos registrados. Les siguieron en frecuencia los incendios forestales (21 %), vendavales (16 %), incendios estructurales (13 %) y deslizamientos (6 %). Además, la base de datos señala que las principales causas de las inundaciones en la ciudad corresponden en un 52 % al desbordamiento de ríos, un 21 % a las lluvias intensas y, en menor medida, a cambios en las condiciones atmosféricas (2 %) (Mejía, 2021).

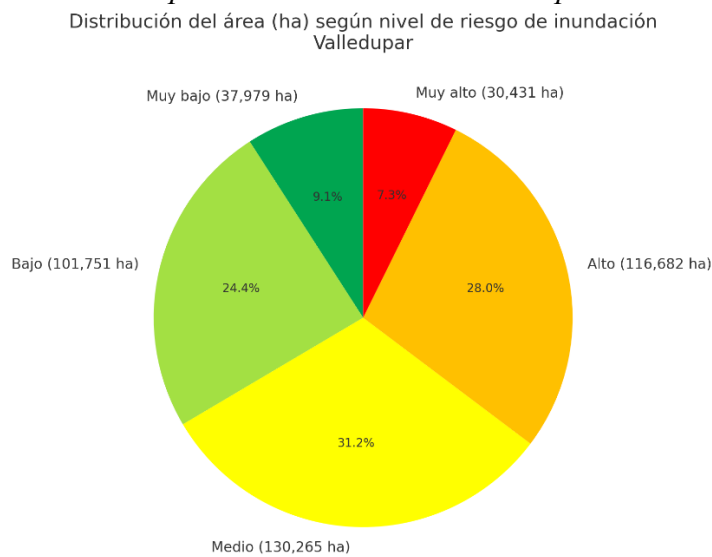
En términos de infraestructura, las zonas de riesgo alto y muy alto pueden afectar vías locales, redes eléctricas, acueductos, hospitales, centros de salud, colegios y conjuntos residenciales, en las veredas tenemos cultivos de cacao, plátano, arroz, maíz, algodón, palma de aceite, Caña de azúcar, Frijol, frutales entre otros además de la actividad minera, generando un riesgo tanto físico como funcional para la ciudad durante episodios de lluvias intensas.

Respecto a los sistemas agropecuarios, varias áreas de uso agrícola y ganadero ubicadas en veredas y corregimientos como Badillo, Las Raíces, Guacochito, la Vega, Mariangola y Aguas Blancas coinciden con zonas de riesgo alto y muy alto, lo que podría provocar pérdidas de cultivos y afectar directamente la economía local y el abastecimiento de alimentos (Alcaldía de Valledupar).

Los ecosistemas cercanos a los ríos Cesar y Guatapurí también resultan amenazados, aumentando la presión sobre hábitats naturales y reduciendo su capacidad para mitigar inundaciones, lo que puede agravar aún más estos eventos. El gráfico circular (Figura 13), resume visualmente la distribución porcentual del territorio por nivel de riesgo, facilitando la comprensión de la magnitud del problema y evidenciando la necesidad de priorizar acciones de prevención y mitigación en las zonas más vulnerables.

**Figura 13.**

*Distribución porcentual del área del municipio de Valledupar según nivel de riesgo por inundación*



*Nota.* elaboración propia a partir de la tabla de atributos del mapa de riesgo

Además, la Administración Municipal de Valledupar reportó que las lluvias intensas han generado deslizamientos, bloqueos de vías y daños en unidades productivas, impactando negativamente la economía local y el bienestar de la población (Alcaldía de Valledupar, 2024). Según el IDEAM citado por la misma fuente, existe un 71 % de probabilidad de que el fenómeno de La Niña incremente las precipitaciones en la región, lo que refuerza la importancia de contar con modelos de riesgo actualizados y medidas de respuesta rápidas y coordinadas.

Por lo que este análisis se complementa con aspectos socioeconómicos y ambientales descritos en el diagnóstico territorial del municipio. Las inundaciones pueden agravar las pérdidas sectoriales del PIB, que ya alcanzan el 11,7 % en el sector agropecuario y el 2,3 % en el sector industrial, reduciendo la competitividad local y afectando el sustento de miles de familias rurales.

En la zona urbana, problemas como la carencia de espacio público (apenas 3,5 m<sup>2</sup>/hab. frente a los 10–15 m<sup>2</sup>/hab. recomendados), la deficiente red de alcantarillado pluvial y las altas pérdidas de agua potable (≈ 70 %) incrementan la vulnerabilidad de la población ante inundaciones (Concejo

Municipal de Valledupar, 2015). El crecimiento informal, reflejado en siete invasiones que albergan cerca de 34.000 habitantes, expone aún más a comunidades de bajos recursos a áreas de riesgo alto, especialmente en la margen derecha del río Guatapurí, coincidiendo con zonas identificadas como alto y muy alto riesgo en el modelo SIG (ver figura 12).

En el área rural, la presencia de resguardos indígenas y comunidades afrodescendientes, junto a conflictos de uso en zonas de reserva forestal y áreas protegidas, limita la aplicación de medidas estructurales y dificulta la gestión del riesgo. La ausencia de un Plan de Ordenamiento y Manejo de Cuencas (POMCA) aprobado para el río Cesar agrava esta situación, al no existir lineamientos claros para el manejo del recurso hídrico y la prevención de inundaciones (Concejo Municipal de Valledupar, 2015).

## **Conclusiones**

La modelación del riesgo por inundación realizada mediante análisis multicriterio permitió delimitar con mayor precisión las zonas más vulnerables en el municipio de Valledupar, identificando una concentración significativa del riesgo en áreas urbanas, sectores ribereños y zonas veredales, especialmente en las partes surorientales y nororientales del municipio. Estos resultados coinciden con lo reportado en el Acuerdo No. 011 de 2015, que reconoce la presencia de población expuesta en la margen derecha del río Guatapurí y la necesidad de fortalecer el sistema de alcantarillado pluvial, el espacio público y la infraestructura urbana como medidas de mitigación (Concejo Municipal de Valledupar, 2015).

En este contexto, se concluye que el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es una herramienta idónea para sustentar decisiones de ordenamiento territorial, priorizar intervenciones y orientar proyectos de infraestructura que reduzcan la vulnerabilidad ante inundaciones, integrando variables físicas, sociales y ambientales de manera objetiva. Asimismo, los resultados generados dejan aprendizajes valiosos sobre el manejo de datos espaciales y el potencial de herramientas como ArcGIS Pro para evaluar escenarios de riesgo en contextos urbanos y rurales.

Además, el ejercicio permitió aplicar técnicas como el recorte, la reclasificación y el análisis de capas ráster (precipitación, pendientes, DEM, cobertura, distancia a drenajes), lo cual facilitó la asignación cuantitativa de niveles de riesgo y su representación cartográfica. Estos análisis resaltan la importancia de incorporar este tipo de modelaciones en los procesos de planificación y gestión del riesgo, ya que permiten anticipar consecuencias sobre la infraestructura, los ecosistemas y la población.

Finalmente, se reafirma que conocer, interpretar y actualizar estos modelos resulta clave para prevenir desastres, reducir impactos en épocas de lluvias intensas y orientar una gestión del territorio más sostenible y resiliente a los efectos del cambio climático.

## **Recomendaciones**

Desde la perspectiva agronómica, se recomienda priorizar la implementación de prácticas de manejo sostenible del suelo y el mantenimiento de sistemas de drenaje en las zonas productivas localizadas en áreas de riesgo alto y muy alto, para mitigar los impactos de las inundaciones sobre

cultivos y pastizales (Carrasco et al., 2023; MADR et al., 2020). También es fundamental promover la reubicación gradual de cultivos permanentes ubicados en zonas ribereñas expuestas, y fortalecer la planificación predial incorporando los mapas de riesgo generados mediante análisis multicriterio y SIG, lo que facilita decisiones más informadas sobre el uso del suelo (Gatti & Oguchi, 2019; Caro Camargo & Gil Alvarado, 2021).

Asimismo, se recomienda incorporar especies vegetales más resistentes a periodos de exceso hídrico, así como conservar o establecer coberturas vegetales naturales en laderas y rondas hídricas para reducir la escorrentía, disminuir la erosión y proteger la fertilidad del suelo (Carrasco et al., 2023). Estas medidas no solo ayudan a proteger la producción agropecuaria ante eventos climáticos extremos, sino que también contribuyen a conservar los servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental del territorio rural de Valledupar.

Es clave que los productores accedan a información climática actualizada del IDEAM y adopten prácticas de manejo adaptativo, como la rotación de cultivos, la siembra ajustada a los pronósticos y la preparación de infraestructura predial para evacuar el exceso de agua, tal como recomiendan guías técnicas y experiencias previas en otras regiones afectadas (Agriculture Victoria, n.d.; Queensland Government, n.d.; MADR et al., 2020).

Por último, se incluyen las siguientes recomendaciones prácticas para actuar antes, durante y después de las inundaciones:

#### **Antes y durante la temporada de lluvias intensas:**

- ❖ Revisar y mantener en buen estado canales de drenaje y desagüe para evitar encharcamientos prolongados (MADR, FAO & IDEAM, 2020).
- ❖ Evitar sembrar cultivos permanentes o nuevas siembras en zonas bajas e inundables, especialmente cerca de ríos y ciénagas (MADR, FAO & IDEAM, 2020).
- ❖ Trasladar animales y maquinaria agrícola a zonas más altas y seguras (Carrasco, Martínez & Otárola, 2023).
- ❖ Identificar áreas problemáticas del predio (depresiones o zonas que acumulan agua) y priorizar medidas de manejo y monitoreo en esos sectores (Carrasco, Martínez & Otárola, 2023).

#### **Después de una inundación:**

- ❖ Realizar un diagnóstico del daño: registrar cultivos o potreros afectados, superficie cubierta de sedimentos y nivel de compactación del suelo (Carrasco, Martínez & Otárola, 2023).
- ❖ Airear el suelo mediante arado profundo para recuperar su permeabilidad (Carrasco, Martínez & Otárola, 2023).
- ❖ En cultivos como cacao, y frutales, revisar raíces y ajustar la poda para reducir el estrés (Carrasco, Martínez & Otárola, 2023).

- ❖ Aplicar materia orgánica y, de ser posible, fertilización foliar para apoyar la recuperación (Carrasco, Martínez & Otárola, 2023).

### **Bienestar animal y seguridad**

El municipio de Valledupar se destaca por su actividad ganadera en zonas veredales, por lo que es indispensable contar con planes de contingencia ante inundaciones:

- ❖ Verificar la calidad del agua de bebederos y de los forrajes antes de suministrarlos, pues pueden contaminarse con sedimentos o aguas estancadas (MADR, FAO & IDEAM, 2020).
- ❖ Contar con un plan para aislar o disponer adecuadamente de animales muertos, evitando focos de enfermedades (MADR, FAO & IDEAM, 2020).
- ❖ Mantener la rotación de potreros para evitar el sobrepastoreo y favorecer la recuperación de las pasturas (MADR, FAO & IDEAM, 2020).

### **Referencias bibliográficas**

Agriculture Victoria. (n.d.). *Check livestock, pets and animals after a flood*. <https://agriculture.vic.gov.au/farm-management/emergency-management/floods/what-to-do-after-a-flood/check-livestock-pets-and-animals>

Alcaldía de Valledupar. (s.f.). *Información del Municipio*. <https://www.valledupar-cesar.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

Alcaldía de Valledupar. (2024). *Municipio de Valledupar declara calamidad pública y cierra balnearios por creciente de ríos y lluvias intensas*. <https://valledupar-cesar.gov.co/NuestraAlcaldia/SaladePrensa/Paginas/Municipio-de-Valledupar-declara-calamidad-p%C3%ABblica-y-cierra-balnearios-por-creciente-de-r%C3%ADos-y-lluvias-intensas.aspx>

Alcaldía de Valledupar. (s.f.). *Galería de mapas*. <https://valledupar-cesar.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx>

Cañizares, M., Obando, J., & Pulido, E. (2025). *Fase 4 – Modelación agroambiental del territorio*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Caro Camargo, L. J., & Gil Alvarado, J. F. (2021). Flood risk management contributions in localized areas. Case study: Tunja, Colombia. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(4), 384–420. [Vista de Flood risk management contributions in localized areas. Case study: Tunja, Colombia](#)

Carrasco, J., Martínez, J. P., & Otárola, J. (2023). *Diagnóstico de limitaciones originadas en suelos agrícolas anegados*. INIA Rayentué. [Diagnostico-de-limitaciones-originadas-en-suelos-agricolas-anegados.pdf](#)

Concejo Municipal de Valledupar. (2015). *Acuerdo No. 011 de 5 de junio de 2015: Por el cual se aprueba el segundo Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Valledupar*. [ACUERDO No. 011 DE 5 DE JUNIO DE 2015.pdf](#)

Gatti, M. G., & Oguchi, T. (2019). Evaluación del riesgo de desastres en zonas urbanas: Un análisis del riesgo de inundación del SIG para la ciudad de Luján (Argentina), *Abstr. Int. Cartogr. Asoc.*, 1, 90, <https://doi.org/10.5194/ica-abs-1-90-2019>

IDEAM. (2022). *Atlas de riesgo climático de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Jenks, G. F. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7, 186–190.

Queensland Government. (n.d.). *Crop recovery after a flood*. <https://www.business.qld.gov.au/industries/farms-fishing-forestry/agriculture/disaster/flood/recovery/crops/recovery>

MADR, FAO, & IDEAM. (2020). *Recomendaciones al sector agropecuario para mitigar y prevenir efectos por el fenómeno de La Niña*. [RECOMENDACIONES\\_CLIMA\\_DIC\\_2020\(1\).pdf](#)

Mejía, J. F. (2021). *Estimación del riesgo por inundación en la ciudad de Valledupar utilizando imágenes satelitales y sistemas de información geográfica* (Trabajo de grado, Universidad del Norte). <http://hdl.handle.net/10584/11316>

Pérez Mora, I. V. (2024). *Análisis de zonas de asentamiento informal susceptibles a inundaciones sobre la margen derecha del río Guatapurí, al noreste de la comuna 1 de la ciudad de Valledupar, Cesar* (Trabajo de grado, Universidad de Manizales). Universidad de Manizales. [content](#).

UNDRR. (2021). *Informe sobre riesgos de desastres naturales en Colombia*. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. [ESTRATEGIA PARA LA RESPUESTA A EMERGENCIAS DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR CESAR.pdf](#)

**Enlace de sustentación:**

<https://youtu.be/FbMcs5PvmQI>.