

Análisis de riesgo por inundación en el municipio de Valledupar, Cesar empleando Sistemas de Información Geográfica SIG.

Autores:

Ameth José Vargas Campo ajvargascam@unadvirtual.co
Anyis Luz Torres Fuentes altorresf@unadvirtual.edu.co
Cindy Julieth Franco Guerrero Cjfrancog@unadvirtual.edu.co
José del Carmen Ayus Ricardo j.ayus@unadvirtual.edu.co
José Javier Chona López jjchonal@unadvirtual.edu.co

Docente asesor: Gina Carolina Posada Correa gina.posada@unad.edu.co

Resumen.

El estudio desarrolló un análisis de riesgo por inundación para el municipio de Valledupar, Cesar, mediante la aplicación de modelamiento multicriterio en Sistemas de Información Geográfica (SIG). El objetivo principal consistió en evaluar la distribución espacial del riesgo a partir de variables físicas, climáticas y antrópicas relevantes para la ocurrencia de inundaciones. La metodología integró insumos geoespaciales como pendiente, distancia a la red hídrica, cobertura del suelo, modelo digital de elevación y registros de precipitación, procesados y ponderados mediante herramientas de reclasificación y superposición en ArcGIS Pro. El modelo resultante permitió generar un mapa temático con cinco categorías cualitativas de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto (11,90%; 22,25 %; 39,60%; 22,23%; 4,02% respectivamente). Los resultados evidenciaron una predominancia del riesgo medio (39,60%) en gran parte del territorio municipal, así como zonas de alto y muy alto riesgo concentradas en planicies aluviales y sectores cercanos a los ríos Guatapurí y Cesar. Estas áreas representan una mayor susceptibilidad a eventos de inundación que pueden afectar infraestructuras, poblaciones y sistemas productivos. El análisis demuestra la utilidad del SIG como herramienta técnica para la planificación territorial y la formulación de estrategias de mitigación frente a fenómenos hidrometeorológicos.

Palabras clave: análisis multicriterio; ordenamiento territorial; riesgos hidrológicos.

Abstract

The study carried out a flood risk assessment for the municipality of Valledupar, Cesar, through the implementation of a multicriteria modeling approach within a Geographic Information System (GIS) environment. The main objective was to analyze the spatial distribution of flood risk based on physical, climatic, and anthropogenic variables associated with flood occurrence. The methodological framework incorporated geospatial datasets such as slope, distance to the

hydrographic network, land cover, a digital elevation model, and precipitation records. These inputs were processed and weighted using reclassification and overlay techniques in ArcGIS Pro.

The resulting model generated a thematic map comprising five qualitative risk categories: very low, low, medium, high, and very high (11.90%, 22.25%, 39.60%, 22.23%, and 4.02%, respectively). The findings indicate that medium risk (39.60%) predominates across a significant portion of the municipal territory, while high and very high-risk zones are concentrated in alluvial plains and areas adjacent to the Guatapurí and Cesar rivers. These zones exhibit increased susceptibility to flood events that may affect infrastructure, population centers, and productive systems.

Overall, the analysis highlights the relevance of GIS-based multicriteria modeling as a technical tool for territorial planning and the development of mitigation strategies aimed at reducing vulnerability to hydrometeorological hazards.

***Keywords:** multi-criteria analysis; land-use planning; hydrological risks.*

Introducción.

El cambio climático está incrementando la frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos —como lluvias extremas y avenidas fluviales— lo que eleva la probabilidad y severidad de inundaciones en territorios vulnerables (IDEAM, 2024). Informes institucionales y análisis periodísticos señalan que episodios recientes de precipitación intensa han generado pérdidas socioeconómicas significativas y afectaciones masivas en diferentes regiones del país, mostrando la necesidad de reforzar las capacidades de gestión del riesgo (Ministerio de Ambiente, s.f.; Cambio, 2024). Estudios técnicos que aplican métodos multicriterio y modelación espacial han demostrado que la integración de registros pluviométricos, topografía y uso del suelo facilita la identificación de escenarios de amenaza y la priorización de medidas de adaptación (Ardila Riaño & Tobón, 2024; Rodríguez & Albarracín, 2017; Rodríguez-Gaviria, 2016). En este contexto, la evidencia nacional respalda la hipótesis de que la intensificación de precipitaciones y la ocupación de vegas y planicies aumentan la exposición y la vulnerabilidad frente a inundaciones (IDEAM, 2024; Cambio, 2024). A pesar de que instrumentos como el Plan de Desarrollo Municipal 2024-2027 y el POMCA del río Guatapurí (CORPOCESAR, 2019) establecen lineamientos para la protección de fuentes hídricas y la gestión del riesgo, la materialización de estas políticas requiere herramientas técnicas que permitan especializar la amenaza con precisión para priorizar la inversión pública.

Analizar el riesgo de inundación en Valledupar es prioritario por su localización en el valle del río Cesar y la presencia de corredores ribereños como el Guatapurí, donde coexisten áreas urbanas densas, asentamientos informales y actividades agropecuarias susceptibles al anegamiento (Mejía Coronel, 2021; Quintero Benjumea, s.f.; Pérez Mora, 2024). La información técnica y los instrumentos de planificación del municipio destacan la necesidad de incorporar criterios de gestión del riesgo en el ordenamiento territorial para proteger infraestructura crítica, medios de

vida rurales y servicios básicos, alineándose con las metas de reducción de desastres del departamento (Alcaldía de Valledupar, 2025; Gobernación del Cesar, 2023).

La gestión del riesgo se constituye en una política de desarrollo indispensable para asegurar la sostenibilidad, la seguridad territorial, los derechos e intereses colectivos, mejorar la calidad de vida de las poblaciones, las comunidades y animales en riesgo, y, por lo tanto, está intrínsecamente asociada con la planificación del desarrollo seguro, con la gestión ambiental territorial sostenible, en todos los niveles de gobierno y la efectiva participación de la población. (Congreso de Colombia; 2012 LEY 1523 DE 2012). En este escenario, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta fundamental para la evaluación del riesgo (Van Westen, C. J. 2013), tal y como lo señalan Burrough y McDonnell (1998), la capacidad de estos sistemas para integrar datos espaciales heterogéneos permite modelar escenarios complejos, facilitando la toma de decisiones territoriales (Bosque-Sendra, J. & García, R. 2000), pues permiten integrar capas temáticas (DEM, hidrografía, cobertura, precipitación), aplicar ponderaciones multicriterio y producir cartografía reproducible que orienta intervenciones y políticas públicas (Sepúlveda Millán, 2021; ESRI, 2020). Por lo tanto, el presente estudio emplea el enfoque SIG-multicriterio para generar una zonificación de riesgo que aporte insumos técnicos al ordenamiento agroambiental y a la gestión municipal del riesgo.

Objetivos.

General.

Analizar el riesgo por inundación en el municipio de Valledupar, Cesar, mediante la aplicación de un modelo multicriterio en un entorno de Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de generar un mapa de zonificación del riesgo y aportar insumos técnicos para la gestión territorial y la toma de decisiones.

Específicos.

- Identificar y caracterizar las variables físicas, climáticas y antrópicas que inciden en la susceptibilidad a inundaciones en el municipio de Valledupar.
- Elaborar un modelo geoespacial de análisis multicriterio en ArcGIS Pro que permita integrar, ponderar y reclasificar los factores determinantes para la evaluación del riesgo por inundación.
- Interpretar los resultados obtenidos a partir de la zonificación del riesgo y proponer estrategias de mitigación y adaptación orientadas al ordenamiento territorial y la gestión del riesgo en el municipio.

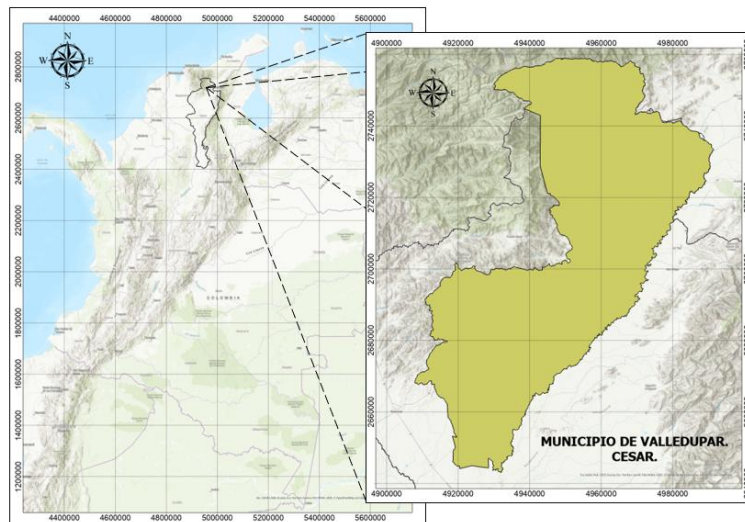
Identificación del caso de estudio.

Ubicación y división político-administrativa.

El municipio de Valledupar es la capital del departamento del Cesar, localizado en el nororiente de Colombia, en el valle del río Cesar, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá. Su territorio municipal se extiende por aproximadamente 4.493 km² y comprende la cabecera urbana, 25 corregimientos y 102 veredas; la cabecera municipal presenta un casco urbano compacto con dimensiones aproximadas norte-sur de 8,3 km y este-oeste de 6,2 km (Alcaldía de Valledupar, 2024). Estos datos administrativos y de extensión son los tomados como referencia para la delimitación espacial del estudio (Gobernación del Cesar, 2023).

Figura 1.

Mapa de ubicación del municipio de Valledupar.



Fuente: Autoría propia 2025.

Esta configuración fisiográfica determina directamente los escenarios de riesgo locales: el abrupto descenso altitudinal desde la Sierra Nevada confiere un carácter torrencial a afluentes como el río Guatapurí, propiciando crecientes súbitos con alto poder destructivo (Alcaldía de Valledupar, 2020; Mesa Fontalvo D. 2024). Específicamente, el municipio de Valledupar enfrenta un escenario de riesgo complejo debido a su expansión urbana sobre el valle aluvial del río Cesar y, de manera crítica, sobre la margen derecha del río Guatapurí (Pérez Mora I. 2024; Mesa Fontalvo C. 2024), En cuanto al comportamiento pluviométrico, este presenta un régimen estacional concentrado entre abril y noviembre, con una precipitación media anual de 1.000 mm y picos de máxima intensidad durante los meses de mayo y octubre (CMGRD, 2012). De acuerdo con la base de datos UNDRR DesInventar Sendai entre 1974-2018, posiciona a las inundaciones (27%) como la amenaza más crítica para el municipio, ya que, este fenómeno concentró el mayor índice de desastres reportados en comparación con otros eventos naturales (Incendios forestales

21%, Vientos Fuertes o vendavales 16%, Incendios urbanos 13% Derrumbes 6% y otros tipos de desastres 17%)

En este contexto, la presente investigación evalúa el riesgo de inundación para el municipio de Valledupar, fundamentando su análisis multicriterio en la integración de datos satelitales (DEM) datos climáticos (precipitaciones) y coberturas del suelo (Metodología Corin Land Cover).

Características físicas y ambientales relevantes para el riesgo de inundación.

Topográficamente, el municipio presenta un relieve predominantemente llano en el valle del río Cesar con una leve pendiente general hacia el sureste; la altitud de la cabecera oscila aproximadamente entre 150 y 246 m s. n. m., con una altitud media cercana a 168 m s. n. m., lo cual favorece la formación de planicies aluviales y vegas propensas a la acumulación hídrica en eventos extremos. La red hidrográfica municipal está dominada por los ríos Guatapurí y Cesar, además de varios afluentes y quebradas menores que drenan la cuenca; los corredores ribereños y las planicies de inundación asociadas a estos cauces constituyen las áreas de mayor susceptibilidad a inundaciones en el municipio. Estas condiciones físicas —baja altitud media, pendiente reducida y presencia de grandes cauces— fueron consideradas como criterios determinantes en la modelación multicriterio. (Alcaldía de Valledupar, 2020).

Características climáticas y periodo pluviométrico utilizado.

Valledupar presenta un clima típicamente cálido de sabana/tropical, con temperaturas medias altas y régimen pluviométrico con temporadas de lluvias bien definidas. Según cartografía y estadísticas climáticas del IDEAM para la estación local (Aeropuerto Alfonso López), la precipitación anual media y la distribución mensual (1000 mm anuales aproximadamente) muestran concentraciones relevantes en dos periodos del año que corresponden a las temporadas lluviosas (primera y segunda temporada de lluvias) (Véase tabla 1.)

Tabla 1.

Principales variables climáticas del municipio de Valledupar

Mes	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Precipitación promedio (mm)	13	7	27	63	150	91	59	108	110	210	97	26
Días de lluvia	1	1	3	6	12	9	7	11	12	14	7	3
Humedad relativa (%)	60	58	58	64	72	70	65	68	73	76	72	66
Brillo Solar (horas/mes)	282	246	244	205	192	201	218	215	186	201	226	259
Velocidad del viento (km/h)	5.6	6.1	5.6	2.8	2.9	3.5	4.1	3.6	3.1	2.7	3.8	5.3

Fuente: UNGRD 2012. Plan municipal de gestión del riesgo Valledupar

Para el estudio se emplearon específicamente los meses con mayor frecuencia e intensidad de precipitación registrados localmente —abril-mayo y octubre-noviembre— como periodo pluviométrico representativo para ponderar la variable precipitación en el análisis multicriterio. Los registros climatológicos del IDEAM y los análisis de series históricas locales sustentaron la

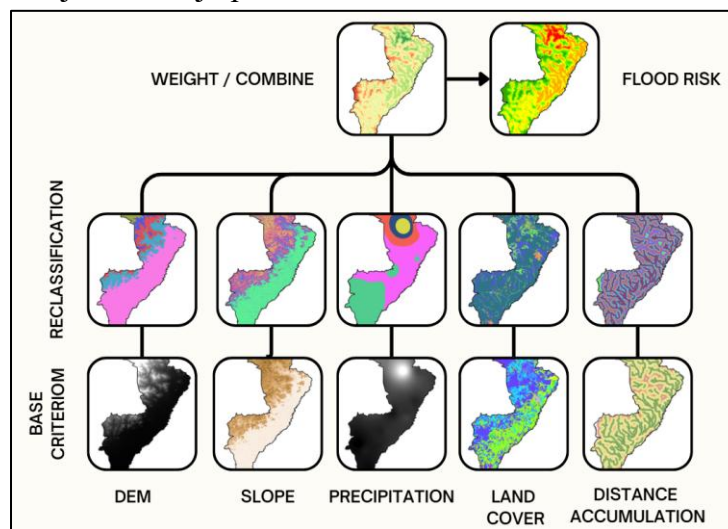
selección de estos meses para caracterizar la amenaza hidrometeorológica utilizada en la modelación. (IDEAM).

Metodología.

El estudio aplicó un análisis multicriterio en entorno SIG (ArcGIS Pro 3.5) para elaborar la zonificación del riesgo por inundación en Valledupar. A continuación, se describe, paso a paso y en lenguaje técnico los procedimientos además de los insumos, preprocesos y criterios, adicionalmente las ponderaciones, integración, clasificación y productos finales. (Véase Figura 2.)

Figura 2.

Esquema del Flujo de trabajo para análisis multicriterio



Fuente: Autoría propia 2025.

1. Inventario y preparación de insumos.

1.1 Recolección de datos: se reunieron las capas y series necesarias: Modelo Digital de Elevación (DEM), hidrografía (ríos, quebradas, ciénagas), cobertura/uso de suelo (clasificación temática), estaciones pluviométricas / mapas de precipitación, cartografía de suelos (infiltración/permeabilidad), límites administrativos y ortofotos de validación. Todas las fuentes fueron registradas en la ficha de metadatos.

1.2 Sistema de referencia y resolución: se definió el sistema de referencia nacional vigente (Magna Sirgas / Origen-Nacional IGAC 2020) y una resolución espacial de trabajo (30 m) para todos los insumos ráster; se reproyectaron y, cuando fue necesario, se re-muestrearon (Resample) las capas al tamaño de celda estándar.

1.3. Control de calidad: se verificó integridad topológica de las capas vectoriales, eliminación de valores nulos, y completado de huecos en el DEM (Fill) para evitar artefactos en los procesos hidrológicos (ESRI, 2020).

2. Derivación de factores temáticos (capas base).

A partir del DEM y de las capas primarias se generaron los factores utilizados como criterios:

- Pendiente (Slope): calculada desde el DEM (herramienta Slope).
- Altitud / Elevación: extracción directa del DEM o reclasificación si se usa como criterio.
- Distancia a la red hídrica: generar una capa ráster con la distancia euclidiana desde cauces mediante Distance (Euclidean) o Cost Distance si se introduce fricción.
- Cobertura/uso de suelo: conversión a ráster si venía en vector y reclasificación según impermeabilidad / retención (urbano, cultivos, bosques, humedales).
- Precipitación (amenaza pluviométrica): interpolación espacial de estaciones (IDW, Kriging) o uso de mapas de precipitación ráster si están disponibles.
- Suelos / Infiltración: capa categórica sobre capacidad de infiltración / textura de suelo.

Cada factor fue exportado como ráster con la misma extensión y resolución.

3. Reclasificación y normalización de factores.

Para integrar criterios heterogéneos se reclasificaron los valores brutos a una escala común (en este estudio se adoptó 1–5, donde 1 = riesgo muy bajo y 5 = riesgo muy alto). Mientras que para la reclasificación respeta la interpretación física de cada variable como el DEM (véase tabla No. 2), la Pendiente (por ejemplo, pendientes bajas = mayor riesgo; distancia muy cercana a cauce = mayor riesgo véase tabla No. 3) y la Acumulación de distancia (véase tabla No. 4) la excepción se da en la capa de precipitación media máxima registrada en el mes de octubre donde la reclasificación es inversa, ya que, a menor lluvia, menor riesgo (véase tabla No. 5), mientras que la reclasificación para la cobertura de tierra está dada por valor de acuerdo al grado de exposición de acuerdo a la tabla No.6.

Tabla 2.

Reclasificación del DEM (m).

Distancia (m)	Puntuación
0 – 449	5
449 – 1121	4
1121 – 1996	3
1996 – 3246	2
> 3246	1

Fuente: Metodología de reclasificación UNAD 2025.

Tabla 3.

Reclasificación de la Pendiente (%).

Pendiente (%)	Puntuación
0 – 7	5
7 – 21	4
21 – 34	3
34 – 48	2
> 48	1

Fuente: Metodología de reclasificación UNAD 2025.

Tabla 4.
Reclasificación de la Distancia a cauce
(m).

Distancia (m)	Puntuación
0 – 688	5
688 – 1463	4
1463 – 2353	3
2353 – 3615	2
> 3615	1

Fuente: Metodología de reclasificación UNAD 2025.

Tabla 5.
Reclasificación de la Precipitaciones
media (octubre de 2024)

Promedio Media (mm)	Puntuación
0 – 189	1
189 – 241	2
241 – 303	3
303 – 370	4
370 – 463	5

Fuente: Metodología de reclasificación UNAD 2025.

Tabla 6.
Reclasificación de coberturas de tierra.

Tipo de Cobertura de tierra	Puntuación
1.1. Zonas urbanizadas	3
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1
1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras	2
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	1
2.1. Cultivos transitorios	4
2.2. Cultivos permanentes	4
2.3. Pastos	2
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	4
3.1. Bosques	1
3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	2
3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3
4.1. Áreas húmedas continentales	3
5.1. Aguas continentales	5

Fuente: Metodología de reclasificación UNAD 2025.

4. Ponderación de criterios (Análisis multicriterio).

Se establecieron pesos relativos para cada criterio, expresados como porcentaje (en cifras decimales donde 1 representa 100) y sumando 100 %. La asignación fue técnica y justificada por la literatura y por la influencia esperada sobre inundación en el contexto local. La tabla de ponderaciones utilizada como referencia metodológica (Véase tabla 7).

Tabla 7.

Peso de ponderación por criterio de información.

Criterio	Peso de Ponderación (%)	Equivalencia
Reclass DEM	10	0,1
Reclass Pendientes	15	0,15
Reclass Coberturas de Tierras	10	0,1
Reclass Precipitaciones	35	0,35
Reclass Distancia a causas	30	0,3
	100	1

Fuente: Metodología de reclasificación UNAD 2025.

5. Integración de factores (Weighted Overlay).





5.1 Reclasificar: aplicar Reclassify a cada ráster, mapeando sus valores brutos a la escala común (1–5).

5.2 Weighted sum: usar esta herramienta se combinan las capas reclasificadas aplicando los pesos definidos. El resultado es un ráster compuesto cuya puntuación refleja la propensión relativa a inundación.

5.3. Normalización y clasificación final: el ráster resultante se normalizó y se reclasificó en cinco clases cualitativas finales (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto, Muy alto). Se seleccionó el método de clasificación apropiado (p. ej. Jenks natural breaks, definido de 1 a 5 donde 1 representa riesgo muy bajo y 5 riesgo muy alto. Véase tabla 8) y se documentó la técnica elegida.

Tabla 8.

Riesgo Ponderado y Simbología.

Tipo de riesgo	Valor	Simbología
Riesgo muy bajo	1	
Riesgo bajo	2	
Riesgo medio	3	
Riesgo alto	4	
Riesgo muy alto	5	

Fuente: Metodología de reclasificación UNAD 2025.

6. Conversión, post-procesos y productos vectoriales.

- Raster to Polygon: el ráster final clasificado fue convertido a polígonos mediante Raster to Polygon para facilitar cálculos de área y presentación cartográfica.
- Suavizado / disolución: se aplicó Smooth Polygon y Dissolve para eliminar fragmentación innecesaria y producir unidades cartográficas coherentes.
- Enriquecimiento de atributos: en la tabla de atributos se añadieron campos como Class_riesgo (texto), Area_km2 (doble), Porcentaje_total y Fuente_datos. Se calculó el área con la herramienta de geometría y se transformó a kilómetros cuadrados.

- Simbología y diseño cartográfico: se asignó simbología por valores únicos (paleta de 5 clases véase tabla 8) riesgo ponderado y simbología, se incorporaron elementos cartográficos requeridos (título, escala gráfica, flecha norte, cuadrícula coordenada/MS-ON, fuentes y nota metodológica) y se generó el layout final en el Map Frame de ArcGIS Pro (ESRI, 2020).

7. Validación, análisis de consistencia y sensibilidades.

- Contraste con eventos históricos: se compararon las áreas de alto/muy alto riesgo con archivos de inundaciones históricas (informes municipales, noticias, trabajos académicos) para validar correspondencia espacial.
- Análisis de sensibilidad: se realizaron corridas alternativas variando pesos y observando la estabilidad de zonas críticas; se generó un mapa de incertidumbre que muestra celdas que cambian de clase entre escenarios.
- Revisión de errores y limpieza: eliminación de polígonos residuales muy pequeños (umbral mínimo) y verificación de topología.

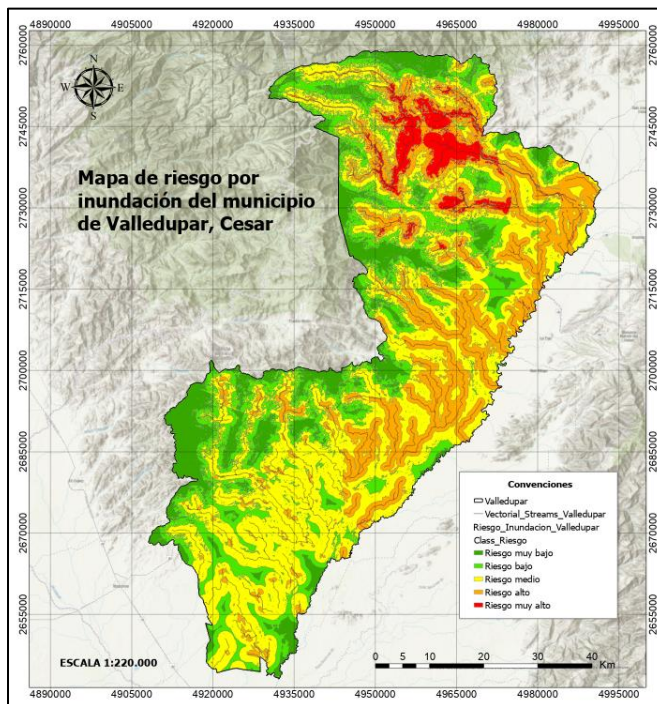
Resultados.

1) Mapa temático de riesgo por inundación

El resultado principal del análisis es un mapa de zonificación del riesgo por inundación elaborado en ArcGIS Pro. El mapa incluye los elementos cartográficos obligatorios: título (“Mapa de riesgo por inundación — Valledupar, Cesar”), leyenda con las cinco clases cualitativas (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto, Muy alto), escala gráfica, flecha norte y cuadrícula de coordenadas en Magna Sirgas / Origen-Nacional EPSG: 9377 (IGAC 2021). La simbología asignada facilita la identificación visual de los corredores ribereños y planicies con mayor susceptibilidad.

Figura 3.

Mapa de modelación por riesgo de inundaciones del municipio de Valledupar



Fuente: Autoría propia (Modelación ArcGIS Pro 2025)

2) Tabla de áreas por categoría de riesgo (km²).

Los polígonos resultantes del proceso de reclasificación y disolución permitieron calcular las áreas por clase de riesgo. A continuación, se presenta la tabla No. 9, con las cifras utilizadas en el informe (total municipal = 4.166 km²). Valores y porcentajes provienen de la salida de la modelación.

Tabla 9.

Área por categoría de Riesgo

Categoría de riesgo	Área (km ²)	% del total
Muy bajo	495.70	11.90%
Bajo	926.94	22.25%
Medio	1649.61	39.60%
Alto	926.24	22.23%
Muy alto	167.51	4.02%
Total	4166.00	100.00%

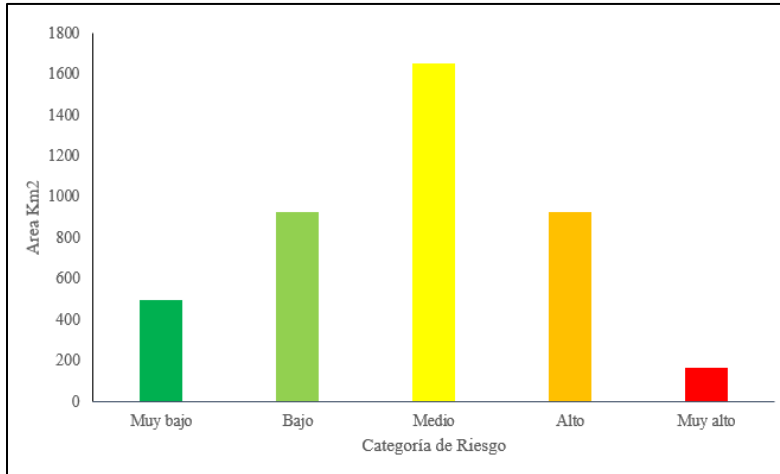
Fuente: Autoría propia 2025

3) Gráficas de apoyo.

Como apoyo visual a la interpretación de la tabla anterior, se generaron dos gráficas:

Figura 4.

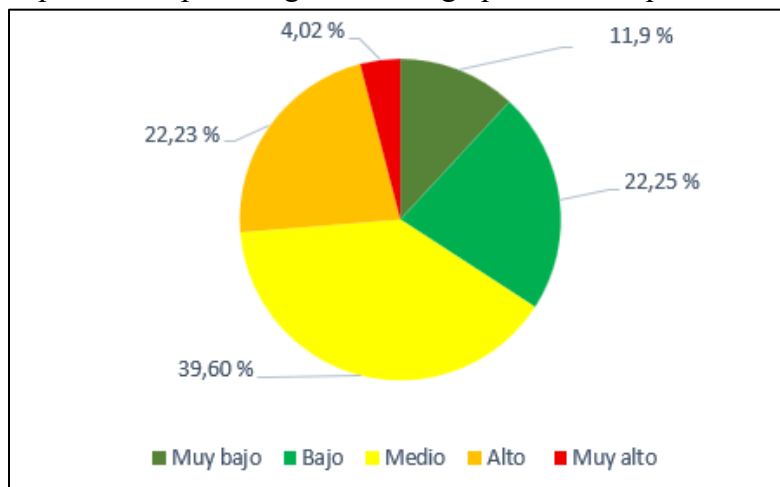
Histograma de área por categoría de riesgo para Valledupar



Fuente: Autoría propia 2025

Figura 5.

Distribución porcentual por categoría de riesgo para Valledupar



Fuente: Autoría propia 2025

4) Análisis de resultados.

Zonas con mayor riesgo (alto y muy alto).

Las clases Alto (926.24 km²; 22.23 %) y Muy alto (167.51 km²; 4.02 %) se concentran en las planicies aluviales y corredores ribereños del río Guatapurí y del valle del río Cesar, así como en vegas históricas y sectores de baja pendiente donde la acumulación de agua es más probable en eventos extremos. Estas áreas coinciden espacialmente con antiguos cauces y humedales transformados por uso agropecuario y ocupación humana. Los resultados cartográficos son

consistentes con antecedentes locales que identifican asentamientos ribereños y vegas como los más vulnerables en Valledupar (Quintero Benjumea, s. f.; Mejía Coronel, 2021; Pérez Mora, 2024).

A partir del estudio realizado mediante rigurosos geo procesos aplicados en ArcGIS Pro, se determinó que el 65.8 % del área del municipio de Valledupar se clasifica en categorías de riesgo medio, alto y muy alto. En la actualidad los estudios de análisis a partir de softwares especializados en Sistemas de Información Geográficos (SIG) se han convertido en una de las herramientas más útiles en el análisis de riesgo de desastres, debido a que han permitido realizar estudios de conocimiento y prevención del riesgo para poder determinar probabilidad, posibles consecuencias y áreas de afectación probable ante la ocurrencia de eventos amenazante. (Luna Marín, V. 2023). En Valledupar el crecimiento poblacional es un factor que estado presentando en el municipio, desde los años 90, la instauración de viviendas al margen derecho del Rio Guatapurí ha desencadenado un sin número de problemáticas socioambientales y de seguridad, que genera la necesidad de atender esta situación. Lo que a su vez ha aumentado el índice de riesgo por inundación en esta zona del país. A tal instancia que más la mitad del territorio se encuentra en peligro de inundación, lo que resalta la necesidad urgente de crear planes de mitigación y prevención. Para prevenir repercusiones socio-económicas, y ambientales, estos planes deben abordar las causas subyacentes del riesgo, para reducir el impacto en las comunidades locales y en los sistemas productivos, por tanto, las medidas de gestión del riesgo (predictivas, preventivas y correctoras) requieren como paso fundamental, la realización de un pormenorizado análisis del riesgo.

Las primeras mejoras en la evaluación del riesgo de inundaciones en nuestro país en los últimos años se han logrado gracias a los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que han facilitado notablemente el acceso a datos fundamentales para el análisis hidrológico de inundaciones y crecidas. (Isidro, M. L., Herrero, A. D., & Huerta, L. L. 2009); por medio de este análisis cartográfico no solo se identifica las áreas más vulnerables, sino que también se especifica cuántos kilómetros cuadrados corresponden a cada clasificación de riesgo. Esta información es clave para la toma de decisiones y contribuye a la creación de planes que puedan enfrentar de manera eficaz esta problemática (Kourgialas, N. N., & Karatzas, G. P. 2011). Además, el estudio permite determinar el riesgo de inundación en la agricultura, lo que es vital dado que la agricultura es una fuente principal de ingresos y sustento en la región.

Las inundaciones en Valledupar y el Cesar tienen un impacto severo en cultivos como el plátano, aguacate y cítricos (naranja). provocando pérdidas debido a la pudrición y enfermedades como la gomosis (Contreras, y. a., Murillo, r. p., & de, r. y. a. 2020). Además, la falta de oxígeno en las raíces y la desmotivación para sembrar son consecuencias evidentes.

Las áreas más impactadas por las inundaciones son las adyacentes a los ríos Guatapurí y cesar y Badillo abarcando sectores urbanos como la carrera 4 y el corregimiento de Atánquez. Esto se debe a su cercanía a los cuerpos de agua y la elevada densidad de drenajes, especialmente durante la temporada de lluvias (Alcendra Pérez, M. & Montero Fuentes, V. 2023). Estas inundaciones provocan desbordamientos, pérdidas en los cultivos y bloqueos en las vías, afectando

a miles de familias con alertas rojas que se emiten con frecuencia en diversos municipios, según informes de los últimos años. (Ramírez Mora, M. G., & Sánchez, J. M. 2016).

Por lo tanto, es crucial relacionar las áreas afectadas con los sistemas productivos específicos que se ven comprometidos. Las vegas del río Cesar, que históricamente han sido ricas en cultivos de café y plátano, son especialmente vulnerables. Asimismo, las fincas que cultivan cacao en las planicies aluviales enfrentan un riesgo considerable, lo que podría afectar tanto la producción local como la economía regional. La identificación de estas interrelaciones es fundamental para el desarrollo de estrategias de gestión sostenible y para la protección de los medios de vida en Valledupar, por otra parte, La pérdida de biodiversidad en el municipio se ve intensificada por las inundaciones recurrentes, que afectan negativamente los ecosistemas locales. Las inundaciones, que han causado desbordamientos y pérdidas de cultivos, también contribuyen a la degradación de los ecosistemas acuáticos, donde ya se ha perdido aproximadamente un tercio de la biodiversidad de agua dulce. (OECD 2012).

Posibles afectaciones asociadas a las zonas críticas.

- Comunidades: barrios y asentamientos periurbanos próximos a cauces presentan riesgo de anegamiento, daño a viviendas, pérdida de enseres y afectación de servicios básicos (agua potable, energía). Informes y trabajos locales han documentado repetidas afectaciones en franjas ribereñas. (Quintero Benjumea, s. f.; Mejía Coronel, 2021).

- Infraestructura: carreteras distritales, pasos de puente y tramos de la red vial local ubicados en las planicies aluviales son susceptibles a erosión, socavación e interrupciones del transporte durante crecidas. La priorización de obras hidráulicas en estos corredores resulta imprescindible para reducir impacto.

- Actividades agropecuarias: cultivos y pasturas en vegas aluviales corren riesgo de pérdidas por anegamiento, afectando producción (p. ej. arroz, pastoreo extensivo) y medios de vida rurales.

- Ecosistemas: humedales y riberas que funcionan como amortiguadores naturales pueden verse degradadas por sedimentación, contaminación y alteración del régimen hídrico si no se implementan medidas de conservación.

Zonas con menor riesgo (muy bajo y bajo)

Las áreas de Muy bajo (495.70 km²; 11.90 %) y Bajo (926.94 km²; 22.25 %) corresponden en su mayoría a terrenos con mayor elevación relativa, pendientes moderadas y cobertura vegetal (cerros y áreas protegidas o con bosques), donde la susceptibilidad al anegamiento es mínima bajo el escenario de amenaza considerado.

Comparación con eventos históricos y validación

La especialización producida por el modelo muestra coherencia con registros de inundaciones y reportes periodísticos recientes que documentaron afectaciones generalizadas en temporadas de lluvia extremas en Colombia (Revista Cambio, 2024) y con estudios académicos que ya identificaron sectores ribereños de Valledupar como recurrentemente afectados por crecidas

del Guatapurí (Mejía Coronel, 2021; Pérez Mora, 2024). Esta coincidencia fortalece la confianza en la zonificación y su utilidad operativa para la gestión municipal del riesgo.

Conclusiones

1. Distribución espacial del riesgo. El análisis reveló una distribución no homogénea del riesgo de inundación en Valledupar: las categorías de alto y muy alto se concentran en las planicies aluviales y corredores ribereños del río Guatapurí y del valle del Cesar, mientras que las áreas de muy bajo y bajo riesgo se ubican en sectores con mayor elevación y cobertura vegetal. Esta configuración confirma que la topografía y la proximidad a los cauces son los determinantes espaciales principales de la susceptibilidad a inundaciones en el municipio.

2. Utilidad del SIG y del análisis multicriterio. La combinación de SIG con un enfoque multicriterio demostró ser adecuada y eficaz para integrar factores heterogéneos (pendiente, distancia a cauces, cobertura del suelo, precipitación y suelos) y producir una zonificación reproducible y verificable del riesgo. El flujo metodológico implementado (reclasificación, ponderación, Weighted Overlay, conversión raster→polígono) generó productos cartográficos y tablas de área que facilitan la toma de decisiones técnicas y la priorización de intervenciones.

3. Validez práctica frente a evidencias históricas. La zonificación obtenida muestra coherencia con registros y estudios previos que reportan afectaciones en franjas ribereñas de Valledupar, lo que refuerza la confiabilidad del mapa como insumo operativo para gestión del riesgo y planificación territorial.

4. Limitaciones y grado de incertidumbre. Los resultados dependen de la calidad y resolución de los insumos (DEM, cobertura, pluviometría) y de las ponderaciones elegidas; por tanto, existe incertidumbre espacial en los bordes de las clases. La fiabilidad aumenta con validación de campo y con la incorporación de datos hidrodinámicos locales para zonas críticas.

5. Implicaciones para vulnerabilidad y servicios. Las zonas clasificadas como alto y muy alto involucran áreas con potencial afectación a viviendas, infraestructura vial, redes de servicios y actividades agropecuarias; además, la degradación de humedales ribereños en estas zonas puede disminuir la capacidad natural de amortiguamiento de crecidas.

Recomendaciones.

A. Incorporación técnica y normativa.

1. Integrar el mapa de riesgo al POT y al Plan Municipal de Gestión del Riesgo (PMGR). Registrar las zonas de riesgo alto/muy alto como restricciones para nuevos desarrollos y como prioridades para intervenciones hidráulicas y de conservación ambiental.

2. Adoptar medidas de control de ocupación en franjas ribereñas (cinturones de protección) y definir usos compatibles en vegas y humedales (protección ecológica, agricultura extensiva de bajo riesgo), El PDGRD 2023–2030 enfatiza la necesidad de fortalecer los procesos de conocimiento del riesgo y de articular la información geoespacial en los instrumentos de planificación territorial (Gobernación del Cesar, 2023).

B. Infraestructura y soluciones basadas en la naturaleza.

3. Priorizar obras de drenaje y protección de cauces en corredores identificados como críticos (canales, desembalses, desarenadores, pasos seguros); priorización basada en la capa de riesgo y en la vulnerabilidad socioeconómica.

4. Implementar soluciones ecosistémicas: restauración y conservación de riberas, reforestación de cuencas superiores y recuperación de humedales para aumentar la capacidad de retención y reducir picos de escorrentía.

C. Monitoreo, modelación y actualización.

5. Actualizar periódicamente los insumos geoespaciales (cada 2–3 años o tras eventos extremos): cobertura del suelo, DEM mejorado, estaciones pluviométricas y registros de inundación.

6. Complementar el enfoque multicriterio con modelación hidrodinámica puntual en las áreas muy críticas (simulaciones 1D/2D) para definir perímetros de inundación y profundidades esperadas en escenarios de diseño.

D. Gestión comunitaria y operativa.

7. Desarrollar programas de sensibilización y rutas de evacuación en los sectores con mayor riesgo; fomentar sistemas locales de alerta temprana conectados con la oficina municipal de gestión del riesgo.

8. Capacitar a técnicos municipales y líderes comunitarios en interpretación del mapa, uso de SIG básico y mantenimiento de infraestructuras de drenaje.

E. Coordinación institucional y financiación.

9. Articular esfuerzos interinstitucionales entre la Alcaldía (Planeación y Gestión del Riesgo), Corpocesar, Gobernación del Cesar y universidades locales para sostener monitoreo, validación de campo y cofinanciación de proyectos de mitigación.

10. Priorizar inversiones mediante una matriz que combine riesgo (mapa), exposición (población/infraestructura) y costo-beneficio para la intervención, asegurando que los recursos se dirijan a obras de mayor impacto socioeconómico

F. Recomendaciones específicas para el ordenamiento agroambiental.

11. Promover prácticas agroecológicas resilientes en vegas y zonas de riesgo medio (rotación de cultivos, siembra en terrazas, adopción de cultivos menos sensibles al anegamiento).

12. Diseñar incentivos para la conservación de franjas riparias (pagos por servicios ecosistémicos, promoción de corredores verdes) que disminuyan la erosión y aumenten la infiltración.

Referencias bibliográficas.

Alcaldía de Valledupar. (2020). *Consejo Municipal de Gestión del Riesgo declaró alerta naranja ante incrementos súbitos en niveles de la cuenca alta y media del Río Guatapurí.*

<https://www.valledupar-cesar.gov.co/NuestraAlcaldia/SaladePrensa/Paginas/Consejo-Municipal-de-Gesti%C3%B3n-del-Riesgo-de-Desastres-Declar%C3%B3-Alerta-Naranja-ante-incrementos-s%C3%BAbitos-en-los-niveles-de-la-c.aspx>

Alcaldía de Valledupar. (2024). *Plan de Desarrollo Municipal 2024-2027: Valledupar Municipio Equitativo y Solidario.* Concejo Municipal de Valledupar.

<https://www.fundacionexe.org.co/document/plan-de-desarrollo-territorial-2024-2027-valledupar/>

Alcendra Pérez, M. & Montero Fuentes, V. (2023). *Análisis de la vulnerabilidad socioambiental ante amenazas naturales y antrópicas en la cuenca baja del Río Guatapurí, Municipio de Valledupar.* Trabajo académico, Universidad Popular del Cesar. Repositorio institucional UPC.

<http://repositorio.unicesar.edu.co/server/api/core/bitstreams/adff23f6-3e7f-4f96-a411-ab0b49f3e6f5/content>

Ardila Riaño, Erika Tatiana, & Tobón Rojas, Ricardo Andrés. (2024).

Evaluación de la amenaza por eventos de inundación en un sector de la cuenca alta del río Bogotá empleando un enfoque de análisis multicriterio AHP. Trabajo académico, Universidad El Bosque. Repositorio institucional REDCOL.

https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UNBOSQUE2_85430d6412bdc521a92a8dd2f8d8730d

Bosque-Sendra, Joaquin & García, Rosa. (2000). *El uso de los sistemas de Información Geográfica en la planificación territorial.* Anales de geografía de la Universidad Complutense, 20, 49-67.

https://www.researchgate.net/publication/39276976_El_uso_de_los_sistemas_de_Informacion_Geografica_en_la_planificacion_territorial

Burrough, P. & McDonnell, Rachael. (1998). *Principle of Geographic Information Systems.* Oxford University Press.

https://www.researchgate.net/publication/37419765_Principle_of_Geographic_Information_Systems

Congreso de Colombia. (2012). Ley 1523 de 2012. *Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>

Consejo Municipal de Gestión de Riesgo de Desastres. (2012). *Caracterización General de Escenarios de Riesgo*. Informe técnico. Alcaldía de Valledupar.

<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/handle/20.500.11762/474>

Contreras, y. a., murillo, r. p., & de, r. y. a. (2020). *Riesgo frente a las amenazas generadas por los cambios agroclimáticos en el corregimiento de San José de Oriente-Cesar*, Tesis doctoral, Universidad Católica de Manizales]. Repositorio Institucional UCM.

<https://repositorio.ucm.edu.co/entities/publication/e642aa9e-cd4e-4322-b62f-3feb82934314>

CORPOCESAR. (2020). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del Río Guatapurí*. Corporación Autónoma Regional del Cesar.

<https://www.corpocesar.gov.co/files/resolucion-0098-02-03-2020-DG.pdf>

Departamento del Cesar. (2023). *Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres – PDGRD, 2023 – 2030*.

https://cesar.gov.co/d/filesmain/gesriesgo/pdgr_cesar_2023_2030.pdf

ESRI. (2020). *ArcGIS Desktop: Release 10.8 Help*. Environmental Systems Research.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC. (2021). *Resolución 370 de 2021: Sistema de proyección cartográfica oficial para Colombia. Magna Sirgas / Origen-Nacional (EPSG: 9377)*

https://redgeodesica.igac.gov.co/documentos/resolucion_370_de_2021.pdf

Isidro, M. L., Herrero, A. D., & Huerta, L. L. (2009). *Aplicaciones de los SIG al análisis y gestión del riesgo de inundaciones: avances recientes*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, (29), 29-37.

https://www.andresdiezherrero.es/publicaciones/articulos_en_revistas/llorente_et_al_2009_sigtefor.pdf

Kourgialas, N. N., & Karatzas, G. P. (2011). *Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas—a case study*. Hydrological Sciences Journal, 56(2), 212-225.

<https://doi.org/10.1080/02626667.2011.555836>

Luna Marín, V. (2023). *Aplicación de los SIG en el análisis de Riesgo de Desastres generados por Amenazas naturales y antrópicas: Una Revisión Bibliográfica* [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/cb113039-1bc7-4fe8-b783b5b6e327b327/content>

Mejía Coronel, Jorge. (2021). *Evaluación de la amenaza por inundación en Valledupar, Cesar*. Universidad del Norte, Facultad de Ingeniería. Barranquilla, Colombia. Trabajo académico digital. <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/11316/1.192.758.659.pdf>

Mesa Fontalvo D. C. (2024). *Análisis de la vulnerabilidad ante amenazas de inundación en la margen derecha (cuena baja) del río Guatapurí*. <http://repositorio.unicesar.edu.co/items/4f76947d-abad-40fa-9d99-160b15c328e8/full>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Impacto del cambio climático en Colombia*. Bogotá, Colombia: MinAmbiente. Publicación institucional digital. <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico/que-es-cambio-climatico/impacto-del-cambio-climatico-en-colombia>.

OECD (2012), OECD *Environmental Outlook to 2050*, OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2012/03/oecd-environmental-outlook-to-2050_g1g14e69/9789264122246-en.pdf

Pérez Mora, Andrés. (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]. RIDUM Repositorio Institucional. <https://ridum.umanizales.edu.co/server/api/core/bitstreams/0464f016-260a-46fc-9095-b22dbc418b66/content>

Quintero Benjumea, Beatriz Elena. (s.f.). *Análisis de riesgo por inundaciones en Valledupar mediante SIG*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Valledupar, Colombia. Trabajo de grado digital. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/73105/bequinterob.pdf>

Ramírez Mora, M. G., & Sánchez, J. M. (2016). *Diagnóstico de la degradación de la cobertura vegetal en la variación del balance hídrico en la cuena media del río Guatapurí*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/18834>

Revista Cambio. (2024). *Inundaciones en Colombia: causas y consecuencias de la crisis climática*. Bogotá, Colombia: Cambio. Artículo digital, edición 2024. <https://cambio.com.co/articulo/inundaciones-en-colombia-causas-y-consecuencias-crisisclimatica/>

Rodríguez Gaviria, Edna Margarita (2016).

Diseño metodológico para la evaluación del riesgo por inundación a nivel local con información escasa [Trabajo académico, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/items/943cf12b-c1d5-4ce1-a6ed-6b24f80a2103>

Rodríguez, Jorge Mario, & Albarracín Calderón, Ana Patricia. (2017).

Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas.

Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 27(2). Universidad Militar Nueva Granada.

<https://doi.org/10.18359/rcin.2309>

Sepúlveda Millán, Julián. (2021). *Aplicación de SIG en la gestión del riesgo de desastres.*

Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias Sociales. Manizales, Colombia. Informe académico digital. <https://ridum.umanizales.edu.co/server/api/core/bitstreams/0464f016-260a-46fc-9095b22dbc418b66/content>

UNDRR. (2025). *DesInventar Sendai: Recuperado de la base de datos de pérdidas y desastres.*

https://www.desinventar.net/DesInventar/profiletab.jsp#more_info

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD). (2012). *Plan Municipal para la Gestión del Riesgo - Valledupar.* Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/handle/20.500.11762/474>

Van Westen, C. J. (2013). *Remote sensing and GIS for natural hazards assessment and disaster risk management.* En *Treatise on Geomorphology* (Vol. 3, pp. 259-298). Academic Press.

https://www.researchgate.net/publication/285929471_Remote_Sensing_and_GIS_for_Natural_Hazards_Assessment_and_Disaster_Risk_Management

Enlace de sustentación: <https://www.youtube.com/watch?v=p9cZHJFBGsU>