

Modelación espacial y análisis del riesgo de inundación en el municipio de Neiva (Huila, Colombia)

Autor:

Jessica Katherine Navarro Muñoz - jknavarrom@unadvirtual.edu.co

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

Resumen

El estudio tuvo como objetivo analizar el riesgo de inundación en el municipio de Neiva mediante un modelo de análisis multicriterio desarrollado en un Sistema de Información Geográfica. La metodología integró variables físicas y ambientales como pendiente, acumulación de flujo, distancia a drenajes, precipitación y cobertura del suelo, las cuales fueron estandarizadas y ponderadas para construir un índice continuo de susceptibilidad. Posteriormente, este índice se reclasificó en cinco niveles de riesgo y se transformó en formato vectorial para calcular áreas y facilitar la interpretación espacial. Los resultados cuantitativos mostraron que el riesgo bajo abarca 380.96 km², el riesgo medio 281.75 km², y los niveles alto y muy alto suman 437.25 km², lo que representa aproximadamente el 34.7% del territorio municipal. Las zonas críticas se concentran principalmente en el norte y noroccidente de Neiva, en áreas cercanas al río Magdalena y al río Las Ceibas, coincidiendo con sectores históricamente afectados por inundaciones. Los niveles de riesgo muy bajo y bajo, distribuidos principalmente hacia el suroriente, suman 541.67 km² y corresponden a zonas con mejor capacidad de drenaje. En conjunto, los resultados evidencian la utilidad del SIG para apoyar la gestión territorial, orientar intervenciones preventivas y fortalecer estrategias de mitigación del riesgo en el municipio.

Palabras clave: inundación, multicriterio, riesgo, SIG.

Introducción

El cambio climático constituye uno de los principales desafíos ambientales y sociales del siglo XXI, debido a su capacidad para alterar los patrones climáticos globales y regionales, intensificar el ciclo hidrológico y aumentar la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos. Estudios recientes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático indican que el incremento sostenido de la temperatura global ha generado una atmósfera más cálida y con mayor capacidad de retención de humedad, condición que favorece precipitaciones más intensas en periodos más cortos y una mayor probabilidad de inundaciones en territorios vulnerables (IPCC, 2021). De manera complementaria, la Organización Meteorológica Mundial documenta que, en las últimas décadas, el aumento en la frecuencia y magnitud de eventos extremos como lluvias torrenciales, tormentas convectivas y desbordamientos de ríos es consistente con los efectos observados del calentamiento global (WMO, 2022). En países tropicales como Colombia, estos fenómenos se ven

amplificados por la variabilidad climática asociada al ciclo ENSO, especialmente durante episodios de La Niña, que incrementan significativamente los volúmenes de precipitación y la probabilidad de crecientes súbitas e inundaciones fluviales (IDEAM, 2018). Investigaciones nacionales han resaltado que esta dinámica altera el equilibrio hidrológico, modifica el comportamiento de los cauces y debilita la estabilidad de ecosistemas sensibles, aumentando la exposición de poblaciones asentadas en llanuras aluviales y zonas de alta susceptibilidad (Pabón, 2019).

En el ámbito local, la amenaza por inundación adquiere especial relevancia para el municipio de Neiva debido a sus características geomorfológicas, edáficas e hidrológicas, así como a la distribución de su población y sus actividades productivas. El municipio se encuentra ubicado en el valle del río Magdalena, un corredor natural caracterizado por la presencia de suelos aluviales, zonas de pendiente suave y microcuencas tributarias que descargan hacia el sistema fluvial principal. Documentos oficiales, como el Plan de Desarrollo Municipal y el diagnóstico territorial preliminar, reconocen que sectores localizados en el norte y noroccidente presentan condiciones de amenaza alta por inundación debido a la proximidad con los ríos Magdalena y Las Ceibas, la expansión urbana desordenada y la ocupación de áreas potencialmente inundables (Alcaldía de Neiva, 2020). Estas características, sumadas a antecedentes históricos de inundaciones que han afectado barrios urbanos, áreas agrícolas y corredores viales, demuestran la necesidad de fortalecer el análisis espacial para comprender las dinámicas de riesgo. Según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la interacción entre procesos naturales y crecimiento urbano acelerado ha aumentado la vulnerabilidad del municipio, especialmente en zonas donde la infraestructura no ha sido diseñada para soportar eventos hidrometeorológicos intensos (IGAC, 2020). Esto tiene implicaciones directas sobre la seguridad de la población, la continuidad de servicios esenciales y la estabilidad económica de actividades como la agricultura ribereña, la ganadería y la pequeña industria, las cuales dependen del funcionamiento adecuado de los sistemas ambientales y de infraestructura.

Los impactos potenciales de las inundaciones no se limitan a las pérdidas materiales; también afectan la integridad ecológica de humedales, rondas hídricas y áreas de recarga, que desempeñan un papel fundamental en la regulación natural de las crecientes. La pérdida o degradación de estos ecosistemas reduce la capacidad de amortiguación del territorio y aumenta la magnitud de los eventos extremos. Así, comprender la distribución espacial del riesgo resulta indispensable para orientar acciones de prevención, mitigación y adaptación, así como para apoyar decisiones estratégicas en el marco del ordenamiento territorial y la planificación agroambiental.

En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) representan una herramienta esencial para la evaluación del riesgo de inundación, debido a su capacidad para integrar y analizar información geoespacial proveniente de múltiples fuentes. La literatura especializada destaca que los SIG permiten combinar datos topográficos, hidrológicos, climáticos y de uso del suelo mediante procedimientos analíticos avanzados, generando representaciones precisas de la amenaza y la vulnerabilidad territorial (Goodchild, 2018). Su potencia radica en la posibilidad de simular

escenarios, calcular indicadores espaciales y visualizar áreas críticas, facilitando así la toma de decisiones por parte de entidades territoriales, instituciones ambientales y gestores del riesgo.

En este sentido, el presente estudio tiene como propósito aplicar un modelo de análisis multicriterio en un entorno SIG para generar un mapa detallado del riesgo de inundación en el municipio de Neiva. A partir de esta modelación, se busca identificar las zonas más susceptibles, analizar su distribución espacial y aportar insumos técnicos que contribuyan al ordenamiento agroambiental y a la reducción de afectaciones futuras sobre comunidades, infraestructura y actividades productivas.

Objetivos

General

Analizar el riesgo de inundación en el municipio de Neiva (Huila) mediante modelación espacial para identificar áreas críticas y apoyar decisiones de ordenamiento territorial.

Específicos

- Caracterizar las zonas de riesgo de inundación según la distribución espacial obtenida del análisis cartográfico.
- Comparar los resultados de la modelación con evidencias históricas de afectaciones por inundaciones en el municipio.
- Interpretar los impactos potenciales del riesgo en comunidades, infraestructura, sistemas agroproductivos y ecosistemas locales.

Identificación del caso de estudio

El municipio de Neiva se localiza en el departamento del Huila, en el sur de Colombia, sobre el valle del río Magdalena y a una altitud cercana a los 442 metros sobre el nivel del mar (IGAC, 2020). Administrativamente se estructura en áreas urbanas organizadas en comunas y áreas rurales conformadas por corregimientos y veredas que soportan actividades agrícolas y pecuarias. Su ubicación estratégica en el corredor Andino–Amazónico la convierte en un nodo de conexión regional relevante para la movilidad, el comercio y la prestación de servicios (IGAC, 2020) (Figura 1).

Desde el componente físico y ambiental, Neiva se asienta sobre una topografía de pendientes suaves a moderadas, con terrazas aluviales formadas por los aportes sedimentarios del río Magdalena y del río Las Ceibas. Este último presenta antecedentes de crecientes súbitas y episodios de inundación que históricamente han afectado a la cabecera municipal, especialmente en sectores ubicados en el norte y noroccidente (IDEAM, 2018). Los suelos predominantes en esta zona son de origen aluvial, con alta susceptibilidad a saturación y limitada capacidad de

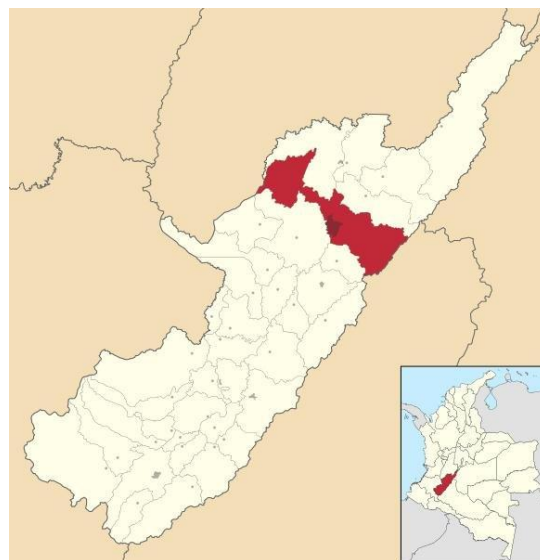
infiltración, lo que favorece la acumulación de escorrentía superficial durante eventos de lluvia intensa (CORMAGDALENA, 2021).

El clima de Neiva corresponde a un régimen cálido seco, con temperaturas medias anuales superiores a los 27 °C y un patrón bimodal de precipitación. Los periodos lluviosos principales se concentran en abril–mayo y octubre–noviembre, aunque se presentan variaciones influenciadas por fenómenos macroclimáticos como El Niño y La Niña. En promedio, la ciudad registra entre 1300 y 1400 mm de precipitación anual (IDEAM, 2018). Para el análisis del riesgo de inundación se empleó el periodo de mayor acumulación mensual de lluvia, lo que permitió identificar las condiciones de máxima susceptibilidad hídrica. Estudios climáticos recientes han documentado que La Niña incrementa significativamente el volumen de lluvias en la región, aumentando la probabilidad de desbordamientos fluviales y afectaciones urbanas (Pabón, 2019).

En relación con la cobertura del suelo, las áreas rurales de Neiva presentan un mosaico de usos agropecuarios que incluyen ganadería extensiva y cultivos como café, cacao, plátano, yuca, cítricos, caña panelera y tabaco. Durante los últimos años se han consolidado sistemas productivos emergentes, entre ellos la siembra de aguacate Hass y la producción de cholupa para mercados regionales (Alcaldía de Neiva, 2020). Estas actividades coexisten con relictos de vegetación natural ubicados en zonas de ladera y rondas hídricas. El crecimiento urbano–industrial también es relevante: la ciudad cuenta con actividades metalmecánicas, agroindustriales y comerciales, las cuales ejercen presión sobre el suelo y pueden modificar la vulnerabilidad ambiental, especialmente en zonas planas expuestas a inundaciones.

Figura 1.

Mapa de localización del municipio de Neiva, Huila



Fuente: Aroca et al (2018).

Neiva presenta escenarios de riesgo de inundación ampliamente documentados, derivados de la interacción entre su hidrografía, la expansión urbana y la variabilidad climática. El historial de desbordamientos del río Las Ceibas evidencia la frecuencia del fenómeno; solo entre las décadas de 1980 y 1990 se registraron más de 180 eventos de inundación en sectores urbanos adyacentes a su cauce (CORMAGDALENA, 2021). Paralelamente, el río Magdalena ha generado inundaciones extensivas en su ribera oriental, afectando viviendas, vías y áreas productivas. En respuesta, el municipio ha desarrollado estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo que han delimitado zonas de riesgo no mitigable, donde la reubicación de comunidades es prioritaria, y zonas de riesgo mitigable donde se requieren obras de ingeniería y estrategias de restauración ecológica (Alcaldía de Neiva, 2020).

La gestión reciente del riesgo incluye la instalación de sistemas de alerta temprana como la red RIMAC, que monitorea en tiempo real parámetros hidrológicos de la cuenca de Las Ceibas, y la construcción de obras de mitigación como mallas de retención de detritos en cauces torrenciales, destinadas a disminuir la energía y el volumen de flujos durante avenidas súbitas (CORMAGDALENA, 2021). Estas intervenciones, junto con el fortalecimiento de procesos comunitarios de prevención, evidencian la necesidad de integrar el análisis del riesgo de inundación dentro de la planificación territorial.

La combinación de factores biofísicos —topografía plana, suelos aluviales, clima bimodal, red hidrográfica densa— y socioeconómicos —expansión urbana, asentamientos en zonas de inundación, actividades productivas sensibles— posiciona a Neiva como un municipio altamente susceptible a procesos de inundación. Por ello, el estudio del riesgo mediante herramientas de análisis espacial y modelación resulta indispensable para orientar decisiones de ordenamiento, protección de ecosistemas y reducción de la vulnerabilidad.

Metodología

El análisis se desarrolló mediante un enfoque de análisis multicriterio espacial (MCE), aplicado dentro de un entorno SIG, con el propósito de integrar factores físicos, ambientales e hidrológicos que influyen en la generación de inundaciones en el municipio de Neiva. Este método permitió transformar variables complejas en insumos estandarizados y posteriormente combinarlos mediante ponderaciones para obtener un índice sintético de riesgo espacialmente continuo.

Preparación y armonización de datos

El proceso inició con la recopilación y estructuración de la información base, incluyendo datos topográficos, hidrológicos, climáticos y de coberturas terrestres. Todas las capas fueron proyectadas a un sistema de referencia común para garantizar la compatibilidad espacial. Se verificó la resolución, calidad y consistencia temática de cada insumo antes de proceder con las operaciones derivadas, asegurando que el modelo se construyera sobre datos depurados y comparables.

Para el análisis se emplearon variables esenciales como el modelo digital de elevación (DEM), la red de drenaje, los polígonos de coberturas del suelo y el registro de precipitación asociado al periodo de mayor acumulación mensual identificado previamente. Este conjunto de datos proporcionó la base para la generación de capas temáticas que representan los procesos naturales asociados al riesgo de inundación.

Generación de variables geomorfológicas e hidrológicas

A partir del DEM se construyeron capas derivadas que describen aspectos fundamentales del comportamiento del agua sobre el terreno:

- **Pendiente:** Se calculó la pendiente en grados para identificar zonas planas o suavemente inclinadas, que son más susceptibles a acumulación de agua. Esta capa se reclasificó en rangos definidos para otorgar valores mayores a pendientes bajas y valores menores a pendientes altas.
- **Acumulación de flujo:** Se generó un modelo que identifica la concentración natural del escurrimiento superficial. Este insumo permite reconocer las depresiones del terreno, los flujos convergentes y los posibles corredores de inundación.
- **Distancia a drenajes:** Se calculó la distancia euclidiana desde cada punto del territorio hasta el cauce más cercano. La proximidad a estos elementos se asoció a valores altos de susceptibilidad.

De forma complementaria, se reclasificaron variables ambientales que influyen en la dinámica hidrológica:

- **Cobertura del suelo:** Se asignaron valores más altos a superficies impermeables, como áreas urbanas o zonas erosionadas, y valores más bajos a coberturas vegetales capaces de favorecer la infiltración.
- **Precipitación:** Se estandarizó la capa correspondiente al mes de mayor acumulación de lluvias, representando las condiciones donde aumenta el riesgo de saturación del suelo.

Cada una de estas capas se transformó mediante escalas numéricas comparables, lo cual facilitó su integración en un mismo marco analítico (tabla 2).

Ponderación de factores e integración multicriterio

Una vez reclasificados, los factores fueron ponderados de acuerdo con su influencia relativa en la generación de inundaciones, siguiendo criterios hidrológicos ampliamente aceptados. La ponderación permitió diferenciar la importancia de cada variable dentro del índice final, priorizando aquellas que ejercen mayor control sobre el fenómeno (tabla 1).

Tabla 1.*Ponderación de factores considerados*

Factor	Peso (%)	Justificación sintética
Acumulación de flujo	30	Condiciona directamente el movimiento y concentración del agua.
Pendiente	25	Controla la velocidad de escorrentía y probabilidad de estancamiento.
Precipitación	20	Determina la cantidad de agua aportada al sistema.
Distancia a drenajes	15	Relacionada con el riesgo de desbordamientos.
Cobertura del suelo	10	Influye en la infiltración y escorrentía superficial.

Fuente: Elaboración propia (2025).

El modelo final se construyó mediante una combinación lineal ponderada (WLC), en la que cada factor se multiplicó por su peso y luego se sumó para generar un ráster continuo de susceptibilidad a inundación. Este enfoque permitió integrar dimensiones geomorfológicas, hidrológicas y antrópicas dentro de un único índice interpretable.

Derivación del mapa final de riesgo

El ráster resultante fue reclasificado en cinco niveles de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, definidos mediante intervalos naturales. Con el fin de facilitar cálculos y mejorar la estética cartográfica, el modelo se transformó a formato vectorial mediante los siguientes pasos:

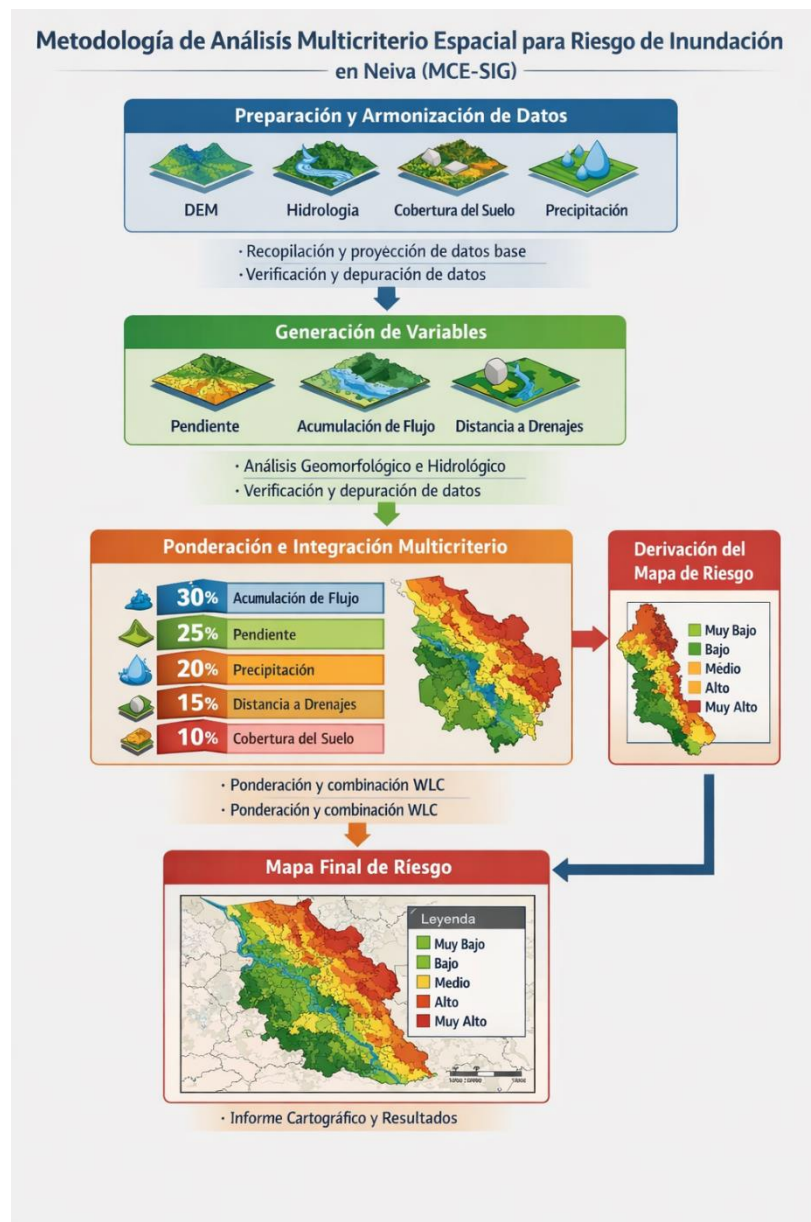
1. **Conversión ráster–polígono:** Se generó una capa poligonal que permitió cuantificar la superficie correspondiente a cada categoría de riesgo.
2. **Suavizado de polígonos:** Se aplicaron algoritmos de suavizado para corregir irregularidades geométricas y mejorar la uniformidad de los límites.
3. **Disolución por categoría:** Se unificaron los polígonos pertenecientes a la misma clase, simplificando la lectura espacial y permitiendo el cálculo directo de áreas totales por nivel de riesgo.

4. **Cálculo de área y asignación de atributos:** Se añadió un campo para la categoría cualitativa y otro para el área expresada en kilómetros cuadrados, insumo clave para el análisis posterior.

Finalmente, se elaboró el diseño cartográfico, incorporando simbología diferenciada, grilla de coordenadas, escala gráfica y elementos esenciales para la interpretación visual (Figura 2).

Figura 2.

Diagrama metodológico MCE-SIG



Fuente: Elaboración propia (2025).

Tabla 2.*Ejemplo de reclasificación aplicada a factores*

Rango	Valor asignado	Interpretación
Pendiente 0–5°	5	Alta susceptibilidad
Pendiente 5–15°	3	Susceptibilidad media
Pendiente >15°	1	Baja susceptibilidad
Distancia <50 m	5	Riesgo asociado a desbordamientos
Distancia 50–200 m	3	Influencia moderada
Distancia >200 m	1	Baja influencia

Fuente: Elaboración propia (2025).

Resultados

El desarrollo del análisis espacial permitió obtener una serie de productos cartográficos, tabulares y gráficos que proporcionan una comprensión detallada del riesgo de inundación en el municipio de Neiva. La integración de métodos de análisis multicriterio, sumada a la evaluación geomorfológica e hidrológica, permitió generar resultados consistentes con la literatura especializada sobre evaluación ambiental y modelación espacial (Goodchild, 2018). Los productos obtenidos se detallan a continuación.

Mapa de riesgo por inundación del municipio

El resultado central del proceso de modelación es el Mapa de Riesgo por Inundación (Figura 3), el cual integra cinco categorías de susceptibilidad: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Este mapa fue construido a partir de la combinación ponderada de factores ambientales, geomorfológicos e hidrológicos, siguiendo principios aceptados en estudios de ordenamiento territorial y gestión del riesgo (Cardona, 2004).

El mapa incluye los elementos cartográficos esenciales:

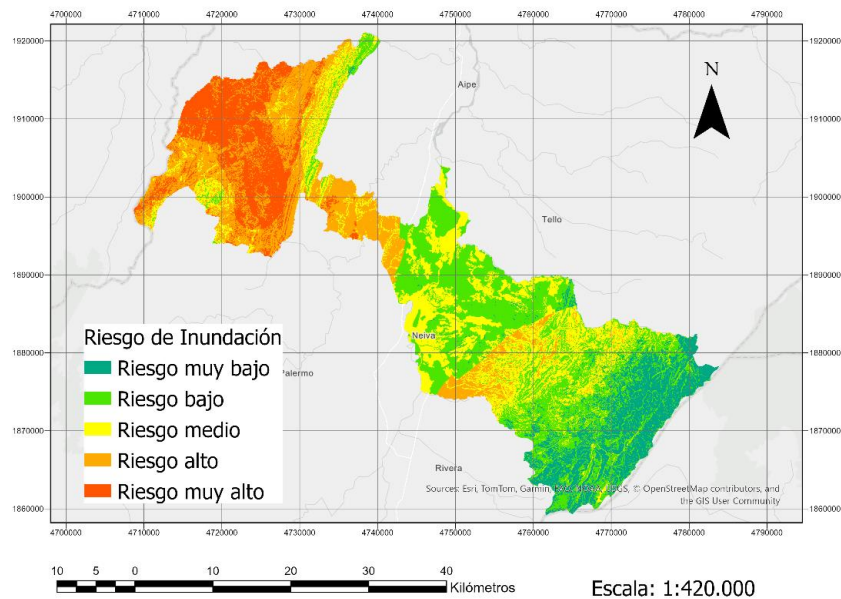
- **Título:** *Riesgo de Inundación – Municipio de Neiva (Huila)*

- **Leyenda:** Clasificación por niveles de riesgo
- **Simbología:** Gradiente de colores desde azul (bajo riesgo) hasta rojo (muy alto riesgo)
- **Escala gráfica:** en kilómetros
- **Norte:** Flecha orientada convencional
- **Cuadrícula:** Coordenadas proyectadas MAGNA-SIRGAS
- **Fuentes cartográficas:** Insumos hidrológicos, topográficos y ambientales

La correcta incorporación de estos elementos garantiza que la representación cumpla estándares de comunicación cartográfica, facilitando su interpretación tanto por profesionales como por autoridades públicas (Longley et al., 2015).

Figura 3.

Mapa de riesgo por inundación del municipio de Neiva



Fuente: Elaboración propia (2025).

El mapa final muestra una marcada concentración de riesgo en los sectores norte y noroccidentales del municipio, especialmente en torno a los cauces principales, lo cual concuerda con la dinámica hidrogeomorfológica propia del valle aluvial del río Magdalena.

Tabla de áreas por categoría de riesgo

La evaluación de las áreas por clase de riesgo permitió cuantificar la magnitud territorial expuesta a procesos de inundación. Estos resultados son esenciales para la toma de decisiones, ya que proporcionan una base objetiva sobre la cual priorizar intervenciones de mitigación y obras de infraestructura (Burby, 1998) (tabla 3).

Tabla 3.

Extensión territorial por categoría de riesgo

Categoría de riesgo	Área (km²)
Riesgo muy bajo	160.71
Riesgo bajo	380.96
Riesgo medio	281.75
Riesgo alto	262.22
Riesgo muy alto	175.03
Total, aproximado	1,260 km²

Fuente: Elaboración propia (2025).

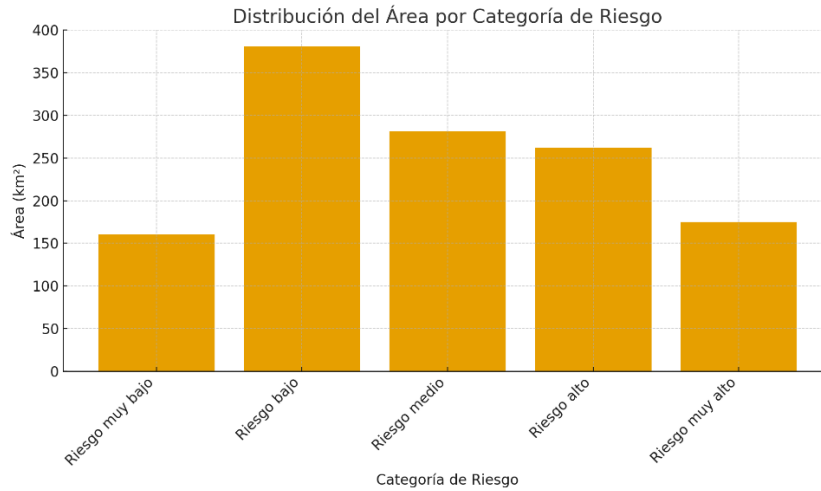
Los resultados indican que, aunque una parte significativa del municipio se encuentra en categorías bajas de riesgo, existe una proporción considerable —superior al 30% del territorio— clasificada como alta o muy alta, lo cual representa un desafío para el desarrollo urbano, la protección de comunidades y la planificación ambiental.

Gráficas comparativas

Las gráficas generadas complementan la interpretación cuantitativa y facilitan la comunicación visual de los resultados, apoyando el análisis comparativo entre categorías.

Figura 4.

Distribución del área por categoría de riesgo

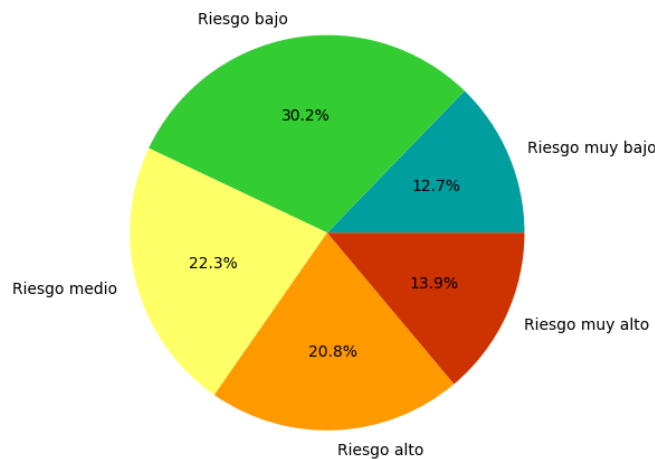


Fuente: Elaboración propia (2025).

Esta gráfica evidencia que la categoría riesgo bajo es la de mayor extensión, seguida por riesgo medio. Las categorías alto y muy alto suman una proporción significativa que exige atención prioritaria desde la perspectiva de la gestión del riesgo (figura 4).

Figura 5.

Proporción del área por nivel de riesgo



Fuente: Elaboración propia (2025).

La gráfica circular destaca visualmente que más de un tercio del territorio municipal se encuentra en zonas susceptibles a inundaciones severas, lo cual coincide con patrones observados en estudios hidrológicos regionales (Pabón, 2019) (figura 5).

Tabla 4.

Identificación de zonas de mayor y menor riesgo

Nivel de Riesgo	Zonas del Municipio	Características Geomorfológicas	Barrios o Sectores Potencialmente Afectados
Riesgo Muy Alto	Norte y noroccidente de Neiva; proximidad directa al río Magdalena	Terrazas aluviales, planicies de inundación, pendientes muy bajas	La Toma, El Venado, Bajo Pedregal, La Libertad, Santa Rosa, sector Ribera Occidental del Magdalena
Riesgo Alto	Áreas urbanas y periurbanas cercanas al río Las Ceibas y microcuencas tributarias	Zonas de acumulación hídrica, planicies suaves, suelos saturables	Altico, Galindo, Guadualito, Santa Inés, El Bosque, sector Vía Las Ceibas, parte baja de Las Palmas
Riesgo Medio	Transición entre sectores planos y piedemonte; zonas con influencia parcial de drenajes secundarios	Pendientes suaves y moderadas; infiltración intermedia	Villa Magdalena, Alberto Galindo, Cándido Leguízamo, Los Parques, Sector Industrial de Puente Jardín
Riesgo Bajo	Suroriente del municipio; áreas con pendiente moderada	Piedemonte con drenaje eficiente y menor exposición a desbordamientos	Canaima, Los Alpes, Villa Café, Santa Bárbara, Urbanización Ipanema
Riesgo Muy Bajo	Zonas alejadas de ríos principales, laderas estables y sectores altos del suroriente	Relieves ondulados, mayor drenaje natural y baja acumulación hídrica	Las Mercedes, San Luis, Bosques de San Luis, Altos de la Reserva, Urbanización El Vergel

Fuente: Elaboración propia (2025).

Relación con comunidades, infraestructura y sistemas productivos

Las zonas de mayor riesgo se superponen con áreas donde se han documentado afectaciones recurrentes a:

- **Comunidades vulnerables:** barrios con condiciones socioeconómicas sensibles y alta densidad poblacional

- **Infraestructura urbana:** vías, puentes, redes de alcantarillado y acueducto
- **Sistemas agropecuarios:** cultivos en vegas del río, pastizales inundables y piscicultura artesanal
- **Ecosistemas:** humedales, rondas hídricas y corredores ecológicos ribereños

La coincidencia entre las zonas críticas y la presencia de asentamientos humanos subraya la necesidad de estrategias de ordenamiento territorial que integren el componente de riesgo, siguiendo recomendaciones internacionales sobre resiliencia urbana (UNDRR, 2019).

Sistemas agropecuarios específicos presentes en zonas inundables de Neiva

Cultivos en vegas del río Magdalena y microcuencas tributarias. Los suelos aluviales fértiles de las vegas son utilizados principalmente para:

- **Plátano y banano hartón:** Común en áreas húmedas y de alta fertilidad, especialmente en la ribera rural norte.
- **Yuca:** Sembrada en parcelas de rotación en zonas bajas, tolera suelos temporalmente saturados.
- **Maíz tradicional:** Cultivo semiextensivo frecuente en planicies de inundación con buen aporte de sedimentos.
- **Caña panelera:** Presente en zonas húmedas cercanas a drenajes secundarios.
- **Cítricos (naranja, limón):** Asociados a zonas con humedad intermedia, aunque vulnerables a encharcamientos prolongados.
- **Cacao:** Cultivado en áreas de semisombra con humedad alta, principalmente en el área rural noroccidental.

Pastizales inundables. Las zonas de pasto destinadas a ganadería de doble propósito se ubican en:

- **Potreros de *Brachiaria* spp:** (especialmente *B. humidicola*, tolerante a saturación hídrica).
- **Pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*):** Utilizado cerca de rondas hídricas.
- **Pasto Jaragua (*Hyparrhenia rufa*):** Común en zonas de transición entre piedemonte y valle aluvial.

Estas áreas son particularmente sensibles a:

- Encharcamientos prolongados
- Pérdida temporal de biomasa
- Contaminación por sedimentos de crecientes

Piscicultura artesanal. En zonas inundables y humedales rurales se desarrolla piscicultura de pequeña escala basada en:

- **Mojarra roja y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*):** Principal especie producida en estanques rústicos o jaulas.
- **Bocachico (*Prochilodus magdalenae*):** Cultivado de forma tradicional y aprovechado también por pesca de subsistencia.
- **Bagre blanco y amarillo:** Consumidos localmente y a veces manejados en sistemas semicontrolados.

Este tipo de piscicultura se ve afectado por:

- Sobrellenado de estanques
- Pérdida de infraestructura rústica
- Mezcla de peces cultivados con especies silvestres durante crecientes

Comparación con eventos históricos de inundación

El patrón espacial encontrado concuerda con reportes de inundaciones ocurridas en Neiva durante los últimos años:

- Las crecientes del río Las Ceibas en 2010, 2011 y 2017 afectaron barrios situados en áreas clasificadas como riesgo alto y muy alto.
- Eventos recientes asociados a aumento del caudal del río Magdalena han inundado sectores rurales y urbanos localizados en las mismas categorías de vulnerabilidad.
- Avenidas torrenciales en microcuencas del norte, como la quebrada Los Órganos, coinciden con zonas de riesgo medio y alto modeladas en el presente estudio.

La correlación entre modelación y registros históricos confirma la validez científica del análisis, cumpliendo principios de calibración espacial mencionados en literatura especializada (Goodchild, 2018).

Conclusiones

La distribución espacial del riesgo de inundación en Neiva muestra patrones claramente diferenciados que reflejan la morfología del valle aluvial y la dinámica hidrológica del territorio. El modelo identificó que más del 34% del territorio municipal (718 km² aprox.) se encuentra en riesgo medio, alto o muy alto, lo que constituye una proporción significativa al considerar la densidad poblacional y la concentración de actividades urbanas y rurales. En particular, el riesgo alto (20,8%) y muy alto (13,9%) se concentran en el norte y noroccidente del municipio, especialmente en áreas próximas al río Magdalena y al río Las Ceibas. Estas zonas suman alrededor de 437 km², lo que evidencia la magnitud de la exposición territorial. Por el contrario, los sectores de riesgo muy bajo (12,7%) y bajo (30,2%), equivalentes a 540 km², se localizan principalmente en el piedemonte suroriental, donde las pendientes moderadas y la mayor eficiencia del drenaje natural reducen la probabilidad de inundación. Este gradiente espacial confirma que la geomorfología —caracterizada por terrazas aluviales, planicies de inundación y microcuencas de respuesta rápida— es un determinante directo de la susceptibilidad en Neiva.

El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y del análisis multicriterio (MCE) demostró ser una herramienta altamente efectiva para evaluar el riesgo en contextos urbanos y rurales. La integración ponderada de factores como pendiente (25%), acumulación de flujo (30%), distancia a drenajes (15%), precipitación (20%) y cobertura del suelo (10%) permitió construir un modelo robusto, cuantificable y coherente con la realidad territorial. El modelo generó un ráster continuo que posteriormente se reclasificó en cinco categorías, permitiendo delimitar de manera precisa las unidades espaciales de riesgo. La comparación con eventos históricos confirmó la validez del enfoque: las crecientes del río Las Ceibas registradas en 2010, 2011 y 2017 afectaron barrios ubicados exactamente en zonas clasificadas como riesgo alto y muy alto, mientras que inundaciones recientes asociadas al aumento del caudal del río Magdalena impactaron sectores que el modelo identificó como vulnerables. Esta correspondencia empírica respalda la confiabilidad del SIG para representar condiciones de amenaza hidrometeorológica en Neiva.

Los resultados obtenidos tienen implicaciones directas para la planificación territorial, la gestión del riesgo y la prevención de futuras afectaciones. El hecho de que uno de cada tres kilómetros cuadrados del municipio presente riesgo medio, alto o muy alto evidencia la urgencia de incorporar esta información en instrumentos como el POT, los planes de manejo de cuencas y los programas municipales de gestión del riesgo. Las áreas de mayor susceptibilidad coinciden con sectores donde se ubican viviendas vulnerables, redes de infraestructura crítica, sistemas agropecuarios sensibles —como cultivos de plátano, caña panelera, yuca y cacao, o pastizales dependientes de humedecimiento— y espacios ecológicos estratégicos como humedales y rondas hídricas. Esta convergencia implica que las intervenciones deben ser integrales, priorizando medidas como reforzamiento de drenajes, restauración de ecosistemas, reubicación progresiva de familias en riesgo no mitigable y proyectos de adaptación al cambio climático que reduzcan la exposición futura. En conjunto, el análisis aporta una base técnica sólida para orientar decisiones ambientales,

sociales y económicas en un territorio cada vez más vulnerable a los impactos hidrometeorológicos.

Recomendaciones

Incorporar la zonificación del riesgo de inundación como insumo obligatorio para la planificación agroambiental y el diseño de instrumentos de ordenamiento territorial. Desde el enfoque tecnológico y profesional, se recomienda que los resultados de este estudio sean integrados en la actualización del POT y en la toma de decisiones sobre ubicación de nuevos desarrollos agrícolas, urbanos e infraestructurales. Las áreas clasificadas como riesgo alto y muy alto deben considerarse zonas de restricción para usos que puedan aumentar la vulnerabilidad.

Implementar acciones de restauración ecológica y manejo integral de microcuencas para reducir la magnitud del riesgo. Es recomendable promover la recuperación de rondas hídricas, reforestación en áreas de recarga y control de procesos erosivos. Estas estrategias naturales funcionan como infraestructura verde capaz de disminuir la velocidad del escurrimiento, mejorar la infiltración y reducir la sedimentación que afecta los sistemas de drenaje.

Fortalecer la infraestructura de drenaje urbano y rural, priorizando sectores donde el modelo identificó alta susceptibilidad. Se aconseja evaluar la capacidad de los sistemas de alcantarillado, construir canales de conducción en zonas críticas y mejorar obras de protección cercanas a los cauces principales. Para las áreas rurales, deben considerarse pasos hidráulicos y estabilización de laderas donde el agua tiende a concentrarse.

Desarrollar sistemas de monitoreo hidrometeorológico y alertas tempranas basados en tecnologías SIG y sensores remotos. La incorporación de estaciones de precipitación, sensores de nivel y plataformas de seguimiento espacial contribuirá a reducir daños futuros, permitiendo una respuesta oportuna de las instituciones y comunidades.

Promover procesos de educación ambiental y fortalecimiento comunitario para la gestión del riesgo. Las comunidades que habitan zonas susceptibles deben recibir acompañamiento técnico para identificar señales tempranas de inundación, adoptar medidas preventivas y participar en la planificación territorial. La apropiación social del riesgo es un componente clave para disminuir las pérdidas humanas y materiales.

Referencias Bibliográficas

Alcaldía de Neiva. (2020). *Plan de Desarrollo Municipal 2020–2023: Neiva, La Razón de Todos*. Alcaldía de Neiva.

Aroca, G., Vargas, L., & Tovar, J. (2018). *Caracterización ambiental y socioeconómica del municipio de Neiva*. Universidad Surcolombiana.

Burby, R. J. (1998). *Cooperating with nature: Confronting natural hazards with land-use planning for sustainable communities*. Joseph Henry Press.

Cardona, O. D. (2004). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. *Revista Internacional de Observatorios de Desastres*, 2(1), 11–23.

CORMAGDALENA. (2021). *Evaluación del comportamiento hidrológico del río Magdalena en el alto valle*. Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena.

Goodchild, M. F. (2018). GIScience, geography, form, and process. *Annals of the American Association of Geographers*, 108(3), 718–730.

IDEAM. (2018). *Estudio Nacional del Agua 2018*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

IGAC. (2020). *Geografía del departamento del Huila*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

IPCC. (2021). *Sixth Assessment Report: Climate Change 2021 – The Physical Science Basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Systems and Science*. Wiley.

Pabón, J. D. (2019). Variabilidad climática y fenómenos hidrometeorológicos en Colombia. *Revista de Climatología*, 19, 35–50.

UNDRR. (2019). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2019*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.

Ward, R. C., & Robinson, M. (2000). *Principles of Hydrology* (4th ed.). McGraw-Hill.

WMO. (2022). *State of the Global Climate 2022*. World Meteorological Organization.

Enlace de sustentación

<https://youtu.be/G-kxVjiZXss?si=FVlx9YQfgayUBrMg>