

Evaluación del riesgo de inundación mediante valoración multicriterio utilizando SIG: estudio de caso en el municipio de Carepa, Antioquia.

Autores:

Jhon Fredys Vivas Pérez - jfvivaspe@unadvirtual.edu.co

Luis Manuel Arango Hoyos - lmarangoho@unadvirtual.edu.co

Yeison Palacios Moreno - ypalaciosmoren@unadvirtual.edu.co

Yenifer Andrea Molina Peñata - yamolipe@unadvirtual.edu.co

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

Resumen

Este estudio evalúa el riesgo de inundación en el municipio de Carepa, Antioquia, mediante un enfoque de análisis multicriterio apoyado en Sistemas de Información Geográfica (SIG), utilizando el software ArcGIS Pro Versión 3.4. La investigación surge ante la necesidad de identificar zonas vulnerables debido a factores como la alta pluviosidad, la topografía predominantemente plana y la intensa actividad agrícola, especialmente la producción bananera. Se aplicaron herramientas de geoprocésamiento para transformar capas ráster a vectoriales, reclasificar variables clave (pendiente, uso del suelo, precipitación y proximidad a fuentes hídricas) y generar una zonificación del riesgo en cinco niveles: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Los resultados evidencian que aproximadamente el 48% del territorio presenta riesgo alto o muy alto de inundación, afectando principalmente zonas agrícolas del suroeste del municipio. Este análisis demuestra la eficacia de los SIG para la planificación territorial y la gestión del riesgo, proponiendo medidas agroambientales que contribuyan a la mitigación de impactos sobre la economía local, la infraestructura crítica y los ecosistemas productivos.

Palabras clave: Análisis, Geoprocésamiento, Inundación, Riesgos, territorios, Vulnerabilidad.

Abstract

This study evaluates flood risk in the municipality of Carepa, Antioquia, through a multi-criteria analysis approach supported by Geographic Information Systems (GIS), using ArcGIS Pro Version 3.4 software. The research arose from the need to identify vulnerable areas due to factors such as high rainfall, predominantly flat topography and intense agricultural activity, especially banana production. Geoprocessing tools were applied to transform raster layers into vector layers, reclassify key variables (slope, land use, precipitation and proximity to water sources) and generate a risk zoning in five levels: very low, low, medium, high and very high. The results show that approximately 48% of the territory is at high or very high risk of flooding, mainly affecting agricultural areas in the southwest of the municipality. This analysis demonstrates the effectiveness of GIS for territorial planning and risk management, proposing agro-environmental measures that contribute to the mitigation of impacts on the local economy, critical infrastructure and productive ecosystems.

Key words: Analysis, Geoprocessing, Flood, Risks, territories, Vulnerability.

Introducción

Las inundaciones son una de las amenazas naturales más recurrentes y devastadoras en Colombia, con impactos significativos sobre las comunidades, la infraestructura y los ecosistemas productivos. En el departamento de Antioquia, y particularmente en la subregión de Urabá, factores como el cambio climático, la urbanización acelerada, la deforestación y la deficiente planificación territorial han intensificado este riesgo. El municipio de Carepa representa un caso crítico, donde las lluvias intensas y eventos climáticos como el fenómeno de La Niña han provocado desbordamientos de ríos, afectaciones a viviendas y pérdidas en cultivos estratégicos como el banano, generando una creciente necesidad de herramientas eficaces para la evaluación y gestión del riesgo.

La geografía y el clima de la región incrementan la vulnerabilidad del territorio, sobre todo en áreas agrícolas y urbanas en expansión. En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se consolidan como una herramienta fundamental para el análisis espacial de amenazas naturales, ya que permiten integrar datos georreferenciados y construir modelos de riesgo basados en múltiples variables como la pendiente, el uso del suelo y la cercanía a cuerpos hídricos. Estas capacidades facilitan la identificación de zonas críticas y la toma de decisiones informadas para el ordenamiento territorial.

Este estudio presenta un análisis multicriterio del riesgo de inundación en el municipio de Carepa, Antioquia, mediante la aplicación de herramientas SIG en la plataforma ArcGIS Pro (versión 3.4.0). A partir de la integración de datos físicos, ambientales e hidrográficos, se elabora un mapa de zonificación del riesgo con el fin de comprender la exposición del territorio y proponer lineamientos para fortalecer la gestión del riesgo y la planificación sostenible del municipio. (Alcaldía de Carepa, 2017).

Objetivos

Objetivo General

Analizar el riesgo de inundación en el municipio de Carepa, Antioquia, mediante un modelo de valoración multicriterio implementado en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Objetivos Específicos

Identificar y cuantificar las zonas críticas de riesgo de inundación en el municipio de Carepa mediante un análisis multicriterio.

Diseñar mapas temáticos de zonificación del riesgo, a partir de bases de datos georreferenciadas, que faciliten la toma de decisiones en la planificación y gestión del territorio.

Formular recomendaciones técnicas que permitan mitigar el riesgo de inundación, basadas en los resultados del análisis espacial realizado con herramientas SIG.

Identificación del caso de estudio

El municipio de Carepa Antioquia se encuentra ubicado en la subregión del Urabá antioqueño como se observa en la Figura 1 , el cual llega hacer una zona única de importancia socioeconómica y geográfica en Colombia. Este municipio cuenta con unas coordenadas N 7°45'29" y O 76°39'19,

este municipio se llega a extender sobre 370 Km² en una caracterización territorial dado a su complejidad, topografía e hidrología (IGAC, 2022).

Esta región llega a presentar una mayor susceptibilidad a sucesos hidrometeorológicos, acreditadas en diversos análisis de zonificación de amenazas del 2008, los municipios como Carepa y Apartadó conforman una zona delicada en términos de riesgos naturales, en particular las inundaciones.

Figura 1

Ubicación geográfica del Municipio de Carepa.



Fuente: GADM. (2018). Carepa, Antioquia, Colombia.

Las particularidades geomorfológicas del territorio al igual que los terrenos predominantemente planos y la localización en las zonas con influencias del río Carepa al igual que las cuencas del golfo de Urabá, el cual se llega a incrementar significativamente la debilidad, el cual se realizaron investigaciones como la de Barahona Cano (2021), el cual se destacó por el conocimiento de los ecosistemas totalmente locales a intercambios hidrológicos, principalmente en áreas de producciones agrícolas.

Tabla 1

Riesgo por Inundación en Carepa y Apartadó

ASPECTO	DESCRIPCION
Municipios analizados	Carepa y Apartadó
Región	Urabá, Antioquia
Riesgo principal	Inundaciones

Cusas de Riesgo	Alta pluviosidad anual
	Proximidad a ríos (Carepa y Apartadó)
	Topografía plana
	Deforestación o pérdida de cobertura natural
Condición de vulnerabilidad	Alta exposición a eventos hidrometeorológicos extremos

Nota: La tabla muestra elementos del riesgo por inundación en los municipios de apartado y Carepa según las bases de datos sobre los eventos ocurridos.

Fuente: Estudio Nacional del Agua 2008 IDEAM (2008).

En la zona del municipio de Carepa Antioquia se llega presentar inclinación agrícola muy significativa, de acuerdo a los cultivos que se generan el cual tenemos el cultivo de banano siendo uno de los cultivos más fundamentales de la región sobre todo por la economía local, el análisis realizo por Correa Mórelo (2020) sobre las actividades agronómicas en la finca Galeón del cual se llega a evidenciar la pequeña relación entre la productividad agrícola y la gestión de los riesgos hidrológicos, donde los riesgos llegan hacer hidrológicos y llegan a causar un impacto principalmente a la economía local.

El municipio de Carepa se llega a caracterizar por obtener una red hidrografía totalmente compleja por el rio Carepa el cual es el eje principal y también las múltiples fuentes hídricas que conllevan hacia el golfo de Urabá, entre las que se encuentran como principal cause, el rio Carepa, esta conformación está totalmente documentado por CORPOURABA (2021) los cual se llega a convertir en una zona muy fundamental para análisis de ordenamiento territorial y análisis de gestiones de riesgos.

Metodología

La metodología utilizada para la realización del análisis multicriterio con herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para lograr determinar el riesgo de inundación en el municipio de Carepa, Antioquia, donde se consideran los diferentes factores ambientales, áreas de producción y drenajes, como el uso del suelo, las precipitaciones y las zonas con mayor vulnerabilidad dentro del municipio, para finalmente, elaborar mapas de riesgo detallados.

Diagrama Metodológico de Riesgo por Inundación Municipio de Carepa, Antioquia.

Caracterización del Territorio: recolección de información geográfica, climática, hidrológica y socioeconómica. (mapas topográficos, uso del suelo, red hidrográfica, población).

Identificación de amenazas: zonas con afectaciones por inundaciones

Modelación Hidrológica e Hidráulica: simulación de caudales, y posibles escenarios de inundación. (Uso de software ArcGIS pro).

Evaluación de la Vulnerabilidad: identificación de población y ecosistemas expuestos.

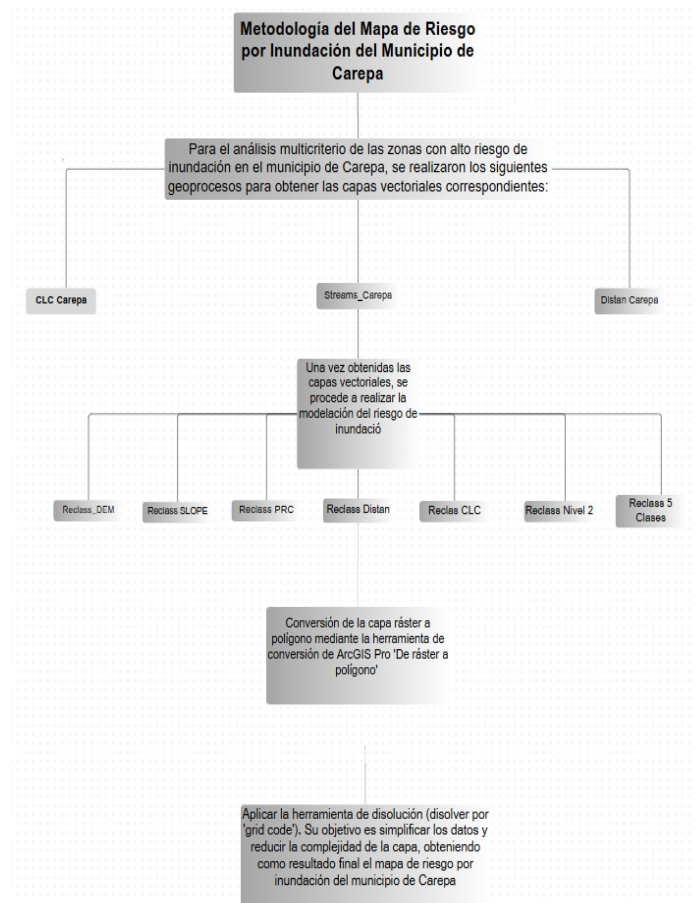
Análisis de Riesgo: integración de amenaza + vulnerabilidad.

Mapas de riesgo (alto, medio, bajo).

Notas Adicionales: Carepa, por su ubicación en el Urabá antioqueño, es una zona con alta pluviosidad y presencia de ríos como el Carepa y León, por lo que los riesgos por inundación tanto urbano como rural son inminentes.

Figura 2.

Diagrama metodológico



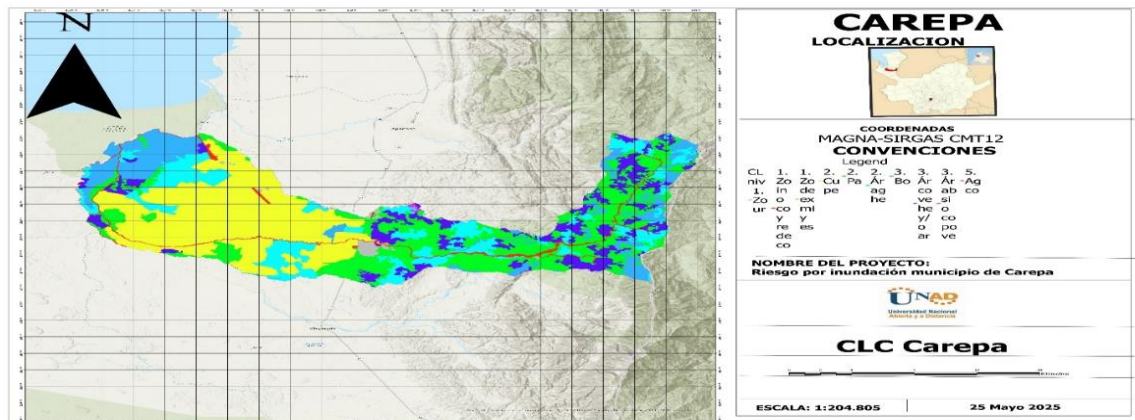
Fuente: Autoría propia, 2025.

Análisis multicriterio para determinar zonas de riesgo por inundación

Para el análisis multicriterio de las zonas con alto riesgo por inundación del municipio de Carepa, se realizaron los siguientes geo procesos en ArcGIS Pro versión 3.4.0.

Figura 3.

Clasificación de la cobertura del suelo del municipio de Carepa (CLC_Carepa).



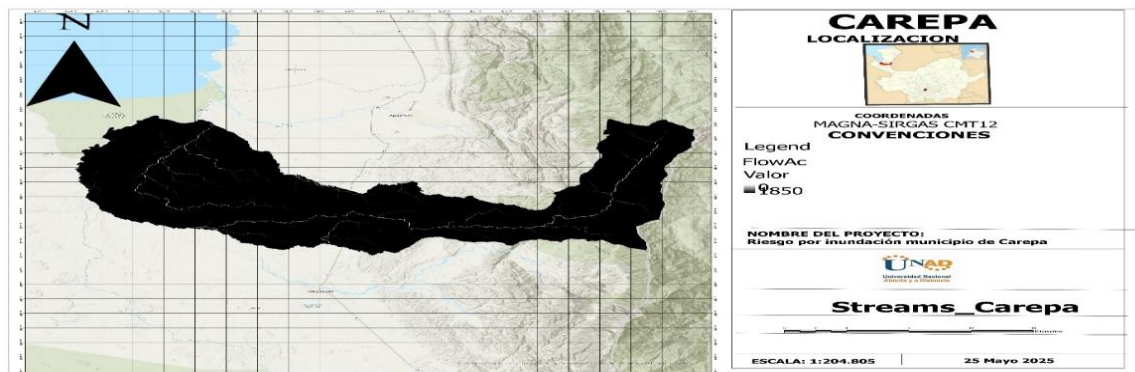
Fuente: Autoría propia, 2025

Se realiza geoprocesamiento de polígono a ráster, para asignar un valor a cada celda según un atributo de la tabla, extrayendo la cobertura del suelo del municipio de Carepa desde una base de los departamentos Antioquia.

El resultado muestra como la cobertura terrestre del municipio de Carepa, obtenido a partir del sistema (CLC), muestra un predominio de áreas agrícolas en el suroeste del municipio lo que vienen siendo extensos cultivos de banano, junto con extensas zonas boscosas al este y norte zona montañosa del municipio. También se identifican áreas urbanizadas, cuerpos de agua y humedales importantes al sus del municipio lo que conlleva a zonas cercas de las desembocaduras al mar, esto demuestra la gran diversidad ecológica y el uso intensivo del suelo para las diferentes formas agropecuarias en el municipio.

Figura 4.

Corrientes o redes de drenaje del municipio de Carepa (Streams_Carepa).

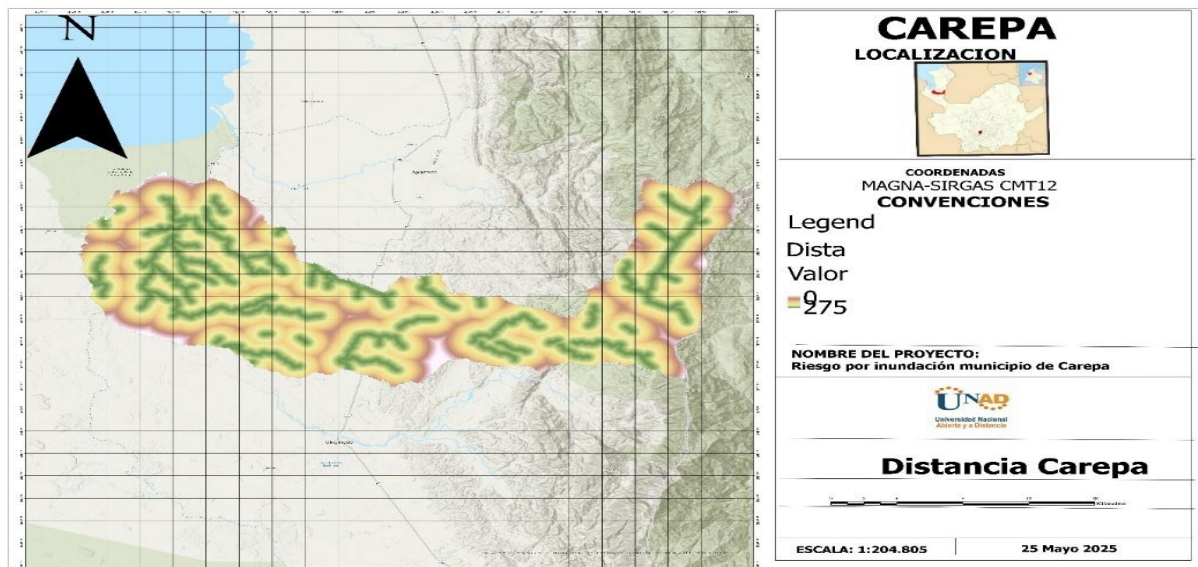


Fuente: Autoría propia, 2025

Por medio de la capa ráster del municipio de Carepa, utilizando la base de datos suministrada del modelo de elevación DEM y herramientas de análisis hidrológicos del aplicativo, se identificaron los cauces principales y secundarios que drenan las aguas superficiales del municipio, gracias a su relieve predomina un plano con áreas montañosas hacia la zona norte, coincidiendo con el patrón de la red regional creando un sentido único hacia el mar caribe, En zonas planas, como las del sector occidental y cercano a Chigorodó, los drenajes son más dispersos y menos definidos, lo que indica posible retención o inundaciones temporales.

Figura 5.

Distancia entre elementos geográficos del municipio de Carepa (Distancia Carepa).



Fuente: Autoría propia, 2025

El geoprocésamiento utilizado fue la herramienta Acumulación de distancia, la cual representa una capa ráster que muestra las distancias acumuladas desde un punto de origen en Carepa. Distancia desde cada entidad geográfica hasta un punto de referencia en el municipio de Carepa un ejemplo claro son las distancias entre la cabecera municipal, el hospital, la escuela, o la vía principal, de igual forma el geo proceso demarcó las distancias entre cada una de las fuentes hídricas de mayor importancia dentro del municipio, determinando un color verde oscuro para ellas.

Con este resultado se pudo determinar que la presencia de fuentes hidrográficas hacia presencia a lo largo y ancho del municipio, de ahí las altas probabilidades de inundación que presenta el municipio y con una mayor influencia que declina sobre la zona sur, con constantes afectaciones en los cultivos de banano.

Modelación del riesgo por inundación

Estimación de clasificación cualitativa y cuantitativa

Tabla 2.

Clasificación cualitativa y cuantitativa

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

Nota: La tabla muestra la clasificación cualitativa y cuantitativa de los riesgos por inundación.
Fuente: Autoría propia, 2025.

Para establecer los niveles de riesgo por inundación, (Tabla 2) se aplicó un sistema de clasificación que combina criterios cualitativos y cuantitativos. Esta metodología asigna valores numéricos a cada categoría de riesgo con el fin de facilitar su análisis en entornos geoespaciales. La escala utilizada comprende cinco niveles: muy bajo (valor 2), bajo (valor 4), medio (valor 6), alto (valor 8) y muy alto (valor 10).

Esta gradación permite representar de forma estandarizada la severidad del riesgo en las diferentes zonas del municipio, integrando tanto variables físicas como ambientales.

Este geoproceto permitió transformar los datos espaciales en capas temáticas, facilitando su análisis dentro del entorno SIG, de igual forma, se aplicó en las diferentes variables los siguientes datos siniestrados: modelo digital de elevación (DEM), pendientes del terreno, precipitaciones según el mes de más alto nivel en el municipio, distancia a drenajes principales y cobertura del suelo.

Cada una de estas variables fue reclasificada en una escala de valor del 1 al 5, representando según su simbología, los diferentes niveles de nivel al riesgo. la simbología fue modificada en cada capa para asegurar una correcta visualización y permitir su integración en el análisis multicriterio. De esta forma, se generaron capas con valores comparables, que luego fueron ponderados y disueltas para obtener el modelo final de riesgo por inundación en el municipio de Carepa.

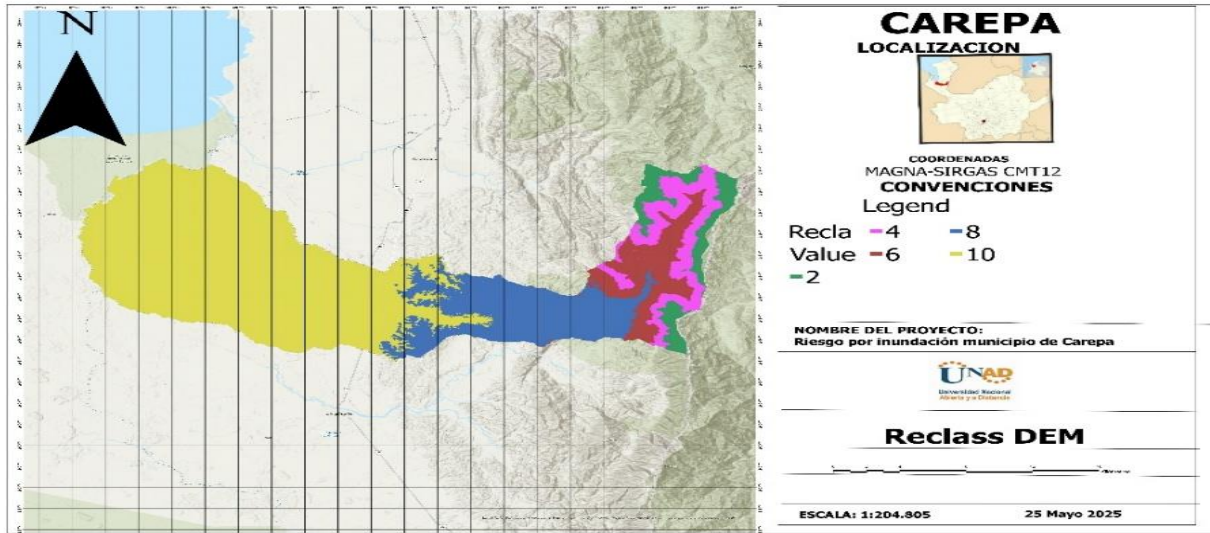
Análisis realizado por medio del geoprocetamiento Reclasificar, utilizando el método, este en Rupturas naturales valorizado en 5 clases, de esta forma se reclasifican los valores de niveles de riesgo desde el modelo de elevación, el geo proceso se repite continuando con las pendientes del municipio, las precipitaciones del municipio, las distancias de los drenajes del municipio, las

coberturas de tierras del municipio, a este último modificándole la simbología, esto con el fin de que la capa quede con valores.

Se ha generado un ráster de precipitación mensual por medio de la herramienta, extraer por máscara, recortando los datos de precipitación desde el archivo vectorial suministrado del departamento, usando como límite espacial la capa clasificación de la cobertura del suelo del municipio de Carepa.

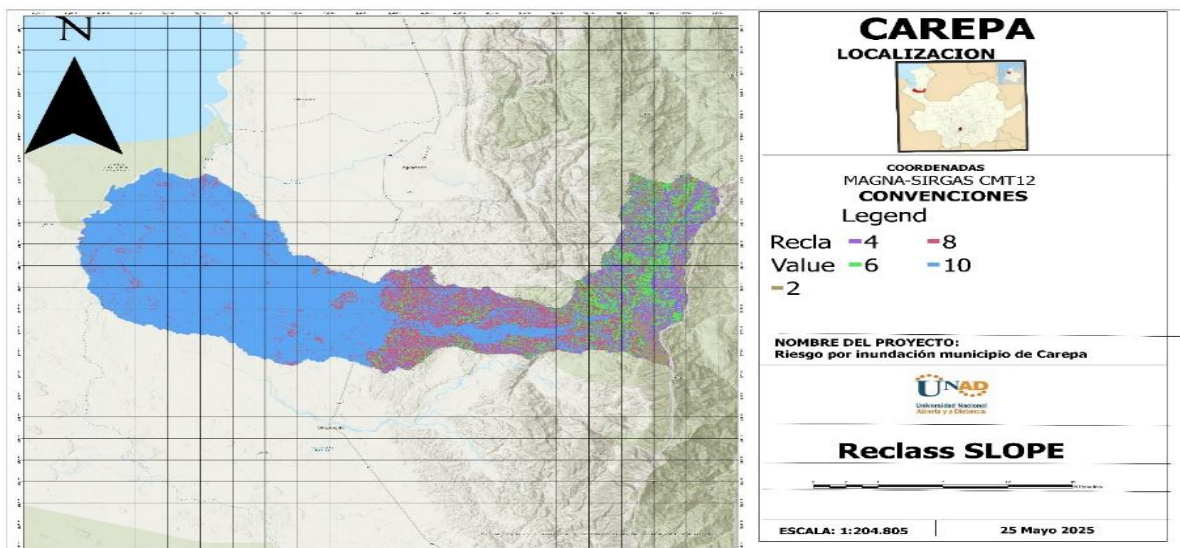
Figura 6.

Reclasificación modelo de elevación DEM (Reclass_DEM)



Fuente: Autoría propia, 2025 Figura 7.

Reclasificaciones pendientes del municipio de Carepa

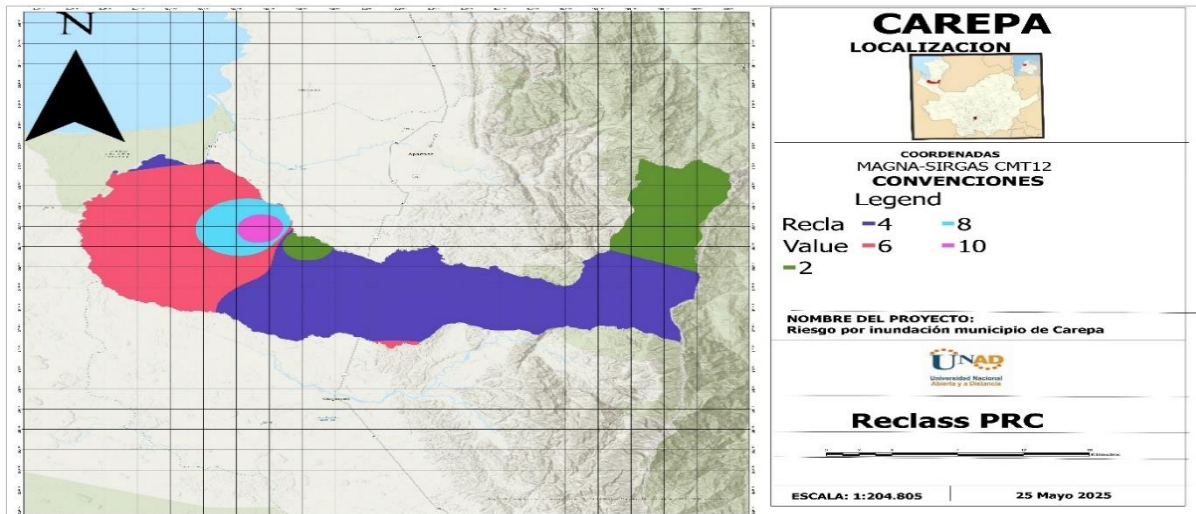


Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

La Figura 8 muestra una distribución espacial de la precipitación del mes de octubre del 2023 en el municipio de Carepa, la escala de grises, zonas más claras/blancas: representan mayores valores de precipitación, zonas más oscuras/negro: indican menores niveles de precipitación).

Figura 8.

Reclasificación de las precipitaciones del municipio de Carepa.

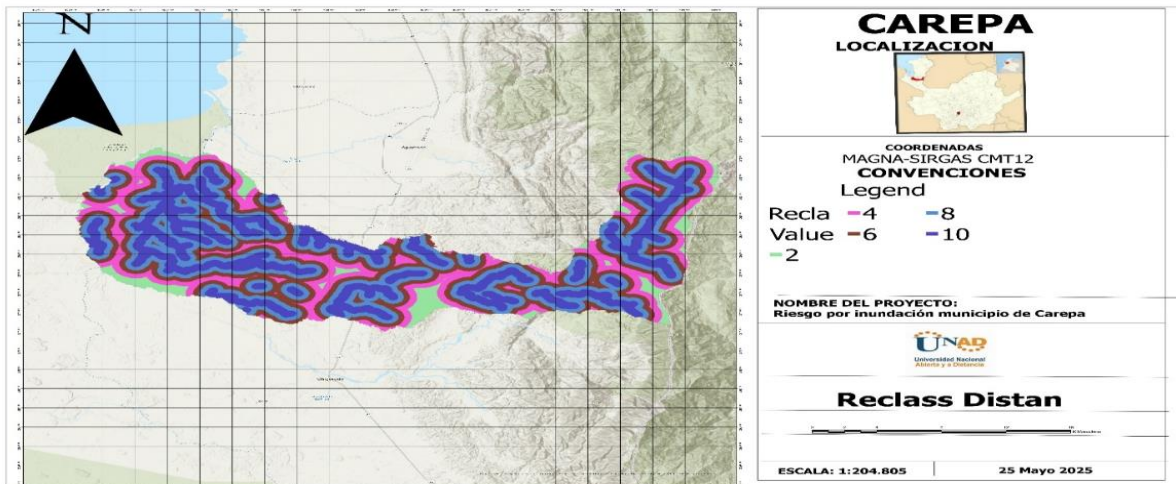


Fuente: Autoría propia, 2025

El análisis de la reclasificación de precipitaciones en ArcGIS Pro proporciona una herramienta poderosa para visualizar y gestionar los impactos del clima en Carepa. Se aplicó la herramienta clasificar para calcular promedios de precipitación, se cruzaron capas de uso del suelo, drenajes y zonas habitadas para identificar coincidencias con zonas de alto riesgo por inundación.

Figura 9.

Reclasificación de las distancias de los drenajes del municipio de Carepa

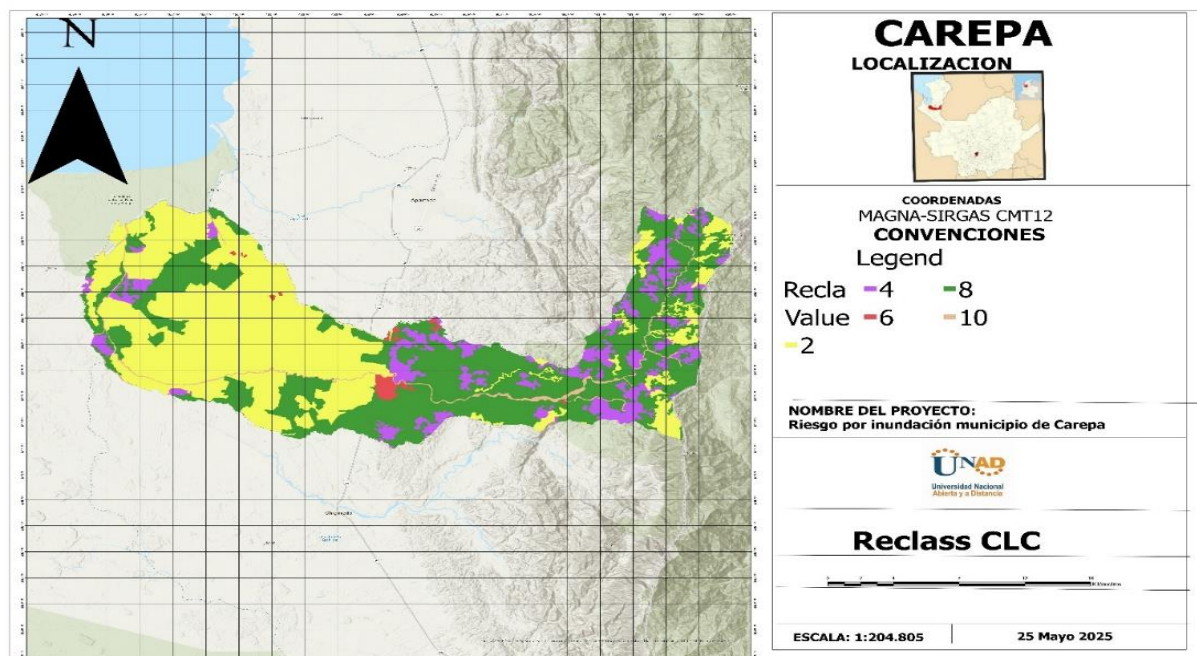


Fuente: Autoría propia, 2025

Reclasificar las distancias desde los drenajes principales (ríos, quebradas y canales) a cada punto del territorio de Carepa, para ello se utilizó la herramienta Reclasificar para calcular la distancia en metros desde cada celda del ráster hacia el drenaje más cercano, de esta forma se agruparon las distancias en rangos significativos desde el punto de vista ambiental y del riesgo de inundación. La reclasificación de distancias a los drenajes en Carepa permite una planificación más precisa del territorio frente a amenazas de origen hídrico.

Figura 10.

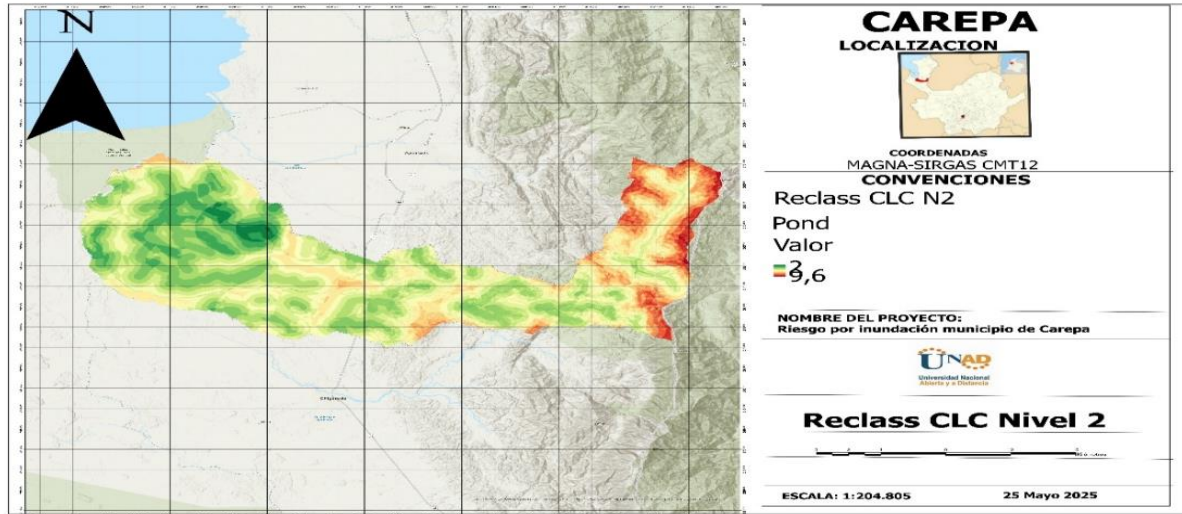
Reclasificación de las coberturas de tierras del municipio



Fuente: Autoría propia, 2025

Con la herramienta Reclasificar, se agruparon las clases originales en categorías funcionales: Áreas urbanas, construcciones, vías Cultivos permanentes, pastos, Bosques naturales, rastrojos, vegetación secundaria, Ríos, humedales, cuerpos de agua.

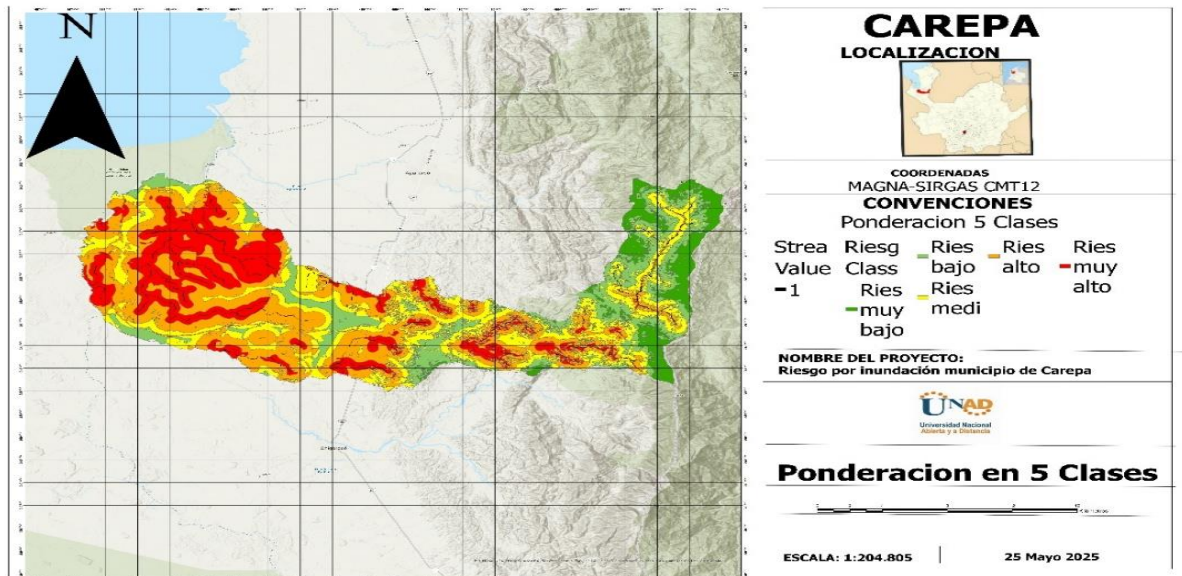
Figura 11. Clasificación de coberturas de suelo nivel 2



Fuente: Autoría propia, 2025

Se realiza una valoración de las diferentes coberturas del suelo nivel 2 y la sugerencia de clasificación de valores de riesgo, para ello se aplica la suma ponderada que le permite combinar múltiples capas de datos, donde cada factor tendrá un peso específico de importancia relativa en la modelación del riesgo de inundación

Figura 12. Reclasificación de la Ponderación en 5 clases








Fuente: Autoría propia, 2025

Se usó la herramienta reclasificar y se ingresan los valores de entrada y los valores de salida para generar un nuevo ráster con la clasificación del riesgo de inundación en cinco niveles y se utiliza un código de colores para su identificación.

Tabla 3.

Clasificación cualitativa y cuantitativa con simbología

Clasificación cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	
Riesgo bajo	2	
Riesgo medio	3	
Riesgo alto	4	
Riesgo muy alto	5	

Nota: La tabla muestra los valores y clasificación de los riesgos de inundación.

Fuente: Autoría propia, 2025.

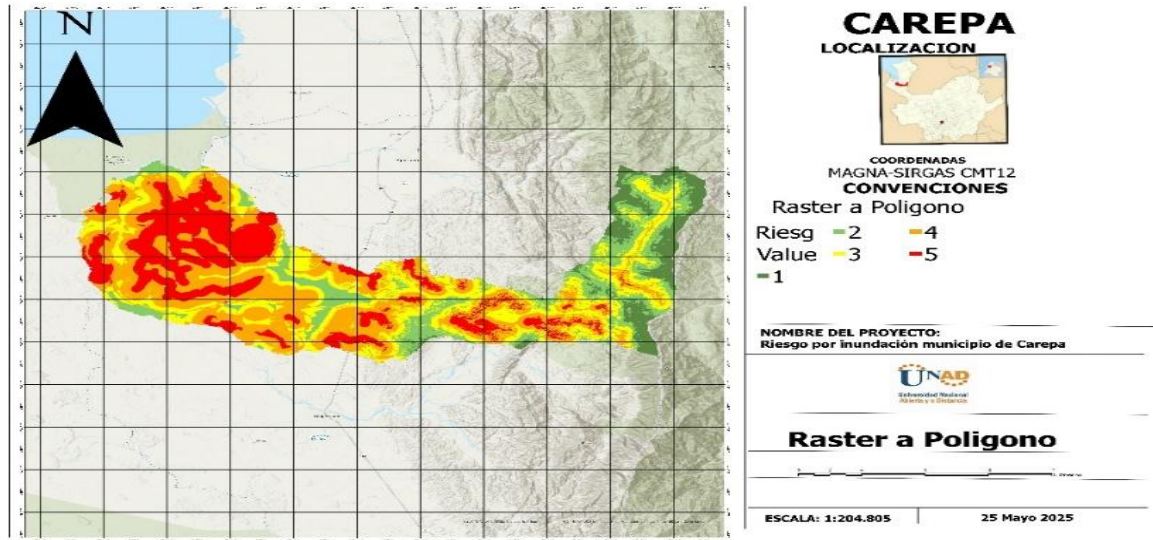
Para la reclasificación del riesgo por inundación del municipio de Carepa se determina de la siguiente manera, las zonas calificadas en clase 5 (Tabla 2), son áreas del municipio propensas a inundaciones las cuales se concentran a lo largo del río Carepa y algunos afluentes, sectores rurales como veredas El silencio, Triganá y El encanto, con topografía plana donde la cobertura agrícola suele estar deforestada o de bajo nivel del terreno. Las zonas con clasificación clase 3, son áreas del que corresponden a franjas de transición del municipio, como lo son áreas de poca anegación y muy poco elevadas.

Finalmente, las clasificadas en clase 1, son áreas del municipio con bajo o muy bajo riesgo de inundación, correspondientes a zonas montañosas, Vereda el cerro y piedras blancas, están son las zonas que recibieron una mayor valoración son las de mayor riesgo, áreas con alta acumulación de flujo, de baja pendiente y con mucha proximidad a fuentes hídricas como lo es el río Carepa.

Conversión de Capa Ráster a Polígono

Se utiliza la herramienta de conversión de ArcGIS Pro De ráster a polígono

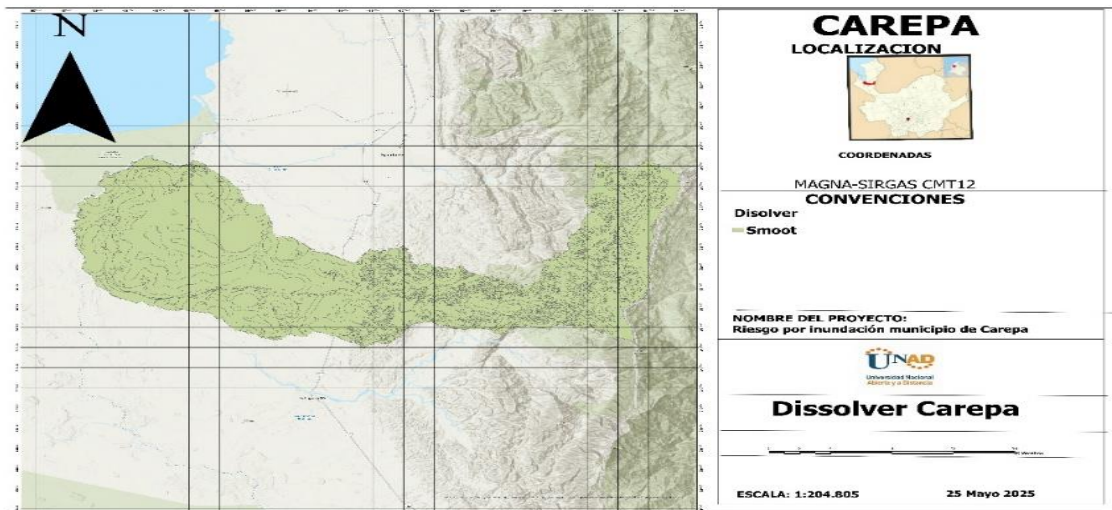
Figura 2.
De ráster a polígono



Fuente: Autoría propia, 2025.

Se aplica la herramienta De ráster a polígono, con la conversión a polígono te permitirá identificar con precisión las áreas en alto riesgo

Figura 3.
Mapa después de Aplicar Herramienta disolver

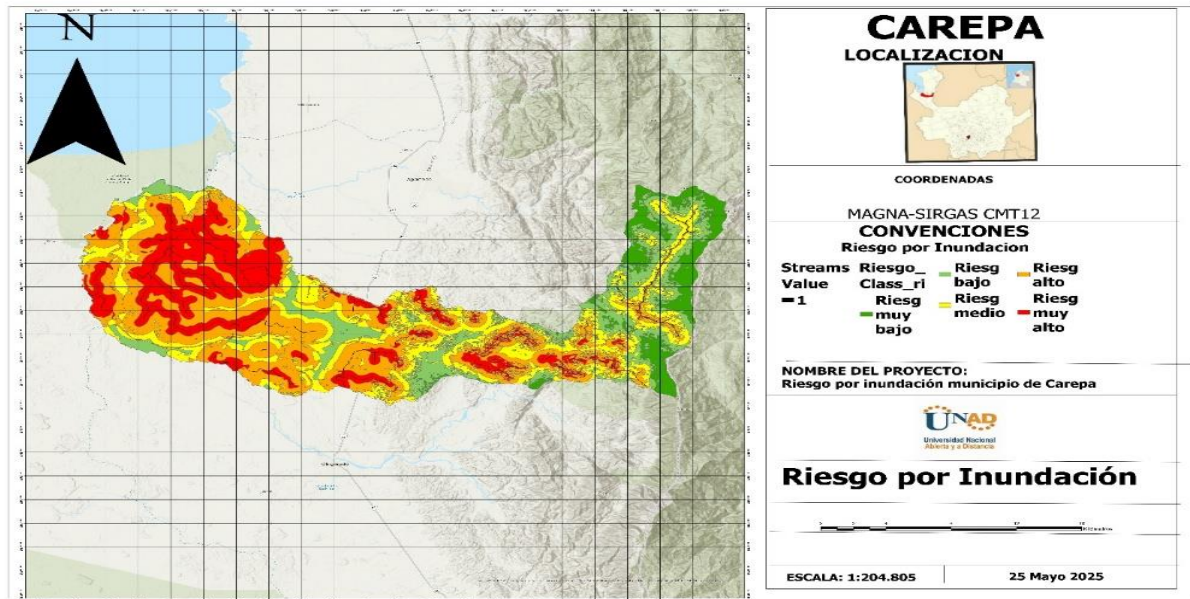


Fuente: Autoría propia, 2025.

Aplicar la herramienta de disolución (disolver el grindcore), su objetivo es simplificar los datos y reducir la complejidad de la capa.

Figura 4.

Mapa resultado final de riesgo por inundación



Fuente: Autoría propia, 2025.

Resultados y discusión

En los resultados y discusión del estudio multicriterio, se logran identificar las zonas del municipio de Carepa que se encuentran con mayor exposición al riesgo de inundaciones, por medio de los análisis de factores que influyen en esta vulnerabilidad, en la discusión se resalta cómo el uso de herramientas SIG y la valoración multicriterio ayudan a entender las áreas con mayor riesgo.

Suma Ponderada

Tabla 4.

Suma ponderada

Combinar capas reclasificadas multiplicando cada una por su porcentaje de influencia

Modelo de Elevación Digital: 10%

Pendientes: 15%

Cobertura de Tierras: 10%

Precipitación: 35%

Distancia entre Drenajes: 30%

Fuente: Autoría propia, 2025.

El análisis multicriterio realizado mediante herramientas SIG permitió generar una zonificación cualitativa del riesgo de inundación en el municipio de Carepa, clasificando el territorio en cinco niveles: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Esta clasificación se basó en la integración de variables como la cobertura del suelo, pendiente, red de drenaje, precipitaciones y proximidad a cuerpos hídricos.

Tabla 5.

Clasificación del Riesgo vs Has. Municipio de Carepa.

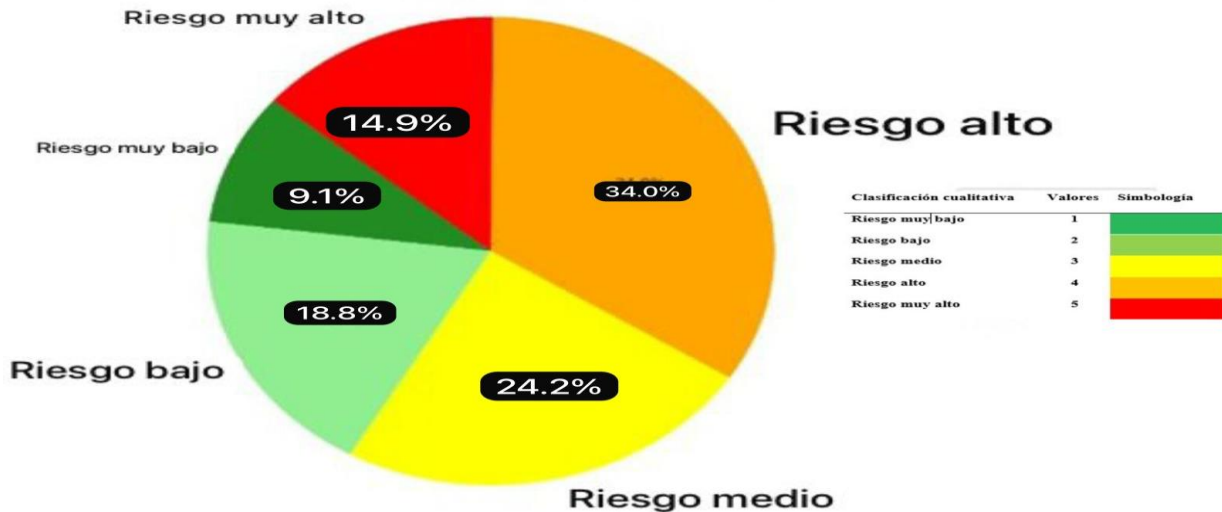
	Class_Riesgo inundación	Area_Has
1	Riesgo muy bajo	3,489.98
2	Riesgo bajo	7,191,42
3	Riesgo Medio	9,264,69
4	Riesgo Alto	13,029,78
5	Riesgo Muy Alto	5,368.13
Total		38,334

Autoría propia, 2025.

Este informe presenta los resultados de un estudio detallado sobre el riesgo de inundación en el territorio municipal (Tabla 3), el cual abarca un total de 38,334 hectáreas. A través de una metodología basada en análisis espacial y clasificación de riesgos, se identificaron y cuantificaron los distintos niveles de vulnerabilidad frente a posibles eventos de inundación.

Figura 16.

Distribución del riesgo de inundación por área (Ha).



Fuente: Autoría propia, 2025

En la figura 16, las veredas; El encanto, Triganá, El Silencio son siendo las zonas con más alta probabilidad de afectaciones, mostrando una concentración de riesgo del municipio de Carepa en clase Muy alta y alta es de un 48%, áreas con gran porcentaje de áreas de producción ganadera, agrícola.

Los factores de Vulnerabilidad del municipio son todas aquellas áreas que colindan con el río Carepa, donde a lo largo del río, se presentan inundaciones en la zona urbana, entre ellos está: el Barrio el Playón, 12 de octubre Y el Gaitán, históricamente estos barrios han sufrido afectaciones tanto por inundaciones y erosiones de tierra, afectado las construcciones y viviendas.

Análisis de Zona Roja de Riesgo Nivel 5: Sector de Producción Ganadera y Bananera

En la zona conocida como comunal El silencio, donde se registran grandes extensiones de tierras dedicadas al pastoreo de ganado vacuno, producción a gran escala de cultivos de bananos, a raíz de la problemática por precipitación e inundaciones del río Carepa, han que implementado estrategias que permitan solucionar el ingreso de aguas a sus cultivos, una de ella es por medio de jarillones de tierra, los cuales los construyen al alrededor del cultivo y por medio de máquinas de bombeos, las cuales transportan el agua que les ingresa por las lluvias a los caudales del río Carepa y de esta forma evitar perder las plantaciones que al estar sumergidas, presentan taponamiento de raíces y maduración en sus frutos, afectando considerablemente la exportación.

Caracterización del Territorio

Característica Crítica: Los terrenos que tienen colindancia directa con el río Carepa, desde la zona céntrica del municipio, hasta las áreas de desembocadura al mar caribe.

Análisis de Vulnerabilidad

- Inundabilidad recurrente durante las temporadas de lluvias
- Problemáticas de movilización entre municipios por inundaciones de vías
- Perdida de la banca en sectores viales cerca al río Carepa
- Zonas de producción bananera con pérdida de cultivo por inundación.

Distribución espacial del riesgo

El mapa de riesgo generado evidencia que las áreas con mayor riesgo de inundación se concentran en el suroeste y centro-sur del municipio, donde se localizan extensas plantaciones de banano, zonas agrícolas de alta productividad y comunidades rurales asentadas en terrenos planos. Estas regiones se encuentran próximas al río Carepa y otras corrientes superficiales que, durante épocas de lluvias intensas como en octubre (precipitaciones de 230–250 mm), presentan desbordamientos recurrentes. Alcaldía de Carepa. (2017).

En contraste, las zonas de menor riesgo se ubican en el norte y oriente, caracterizadas por relieve montañoso y cobertura boscosa, estas áreas presentan una menor densidad poblacional y baja intervención agrícola, lo cual las hace menos vulnerables a las inundaciones.

Impacto potencial en el territorio

El estudio revela una alta vulnerabilidad en sectores agrícolas clave, especialmente en las plantaciones de banano, lo cual representa un riesgo considerable para la economía local y la seguridad alimentaria de la región. Además, comunidades rurales ubicadas en zonas de alta exposición se ven afectadas no solo por pérdidas materiales, sino también por limitaciones en el acceso a servicios básicos durante eventos extremos.

La infraestructura crítica (escuelas, hospitales, vías principales) situada cerca de fuentes hídricas o en áreas de transición también presenta un riesgo medio-alto, lo que requiere acciones preventivas desde la planificación territorial y el ordenamiento agroambiental.

Clasificación cualitativa del riesgo de inundación

Tabla 6.

Clasificación cualitativa del riesgo por inundación en el municipio de Carepa.

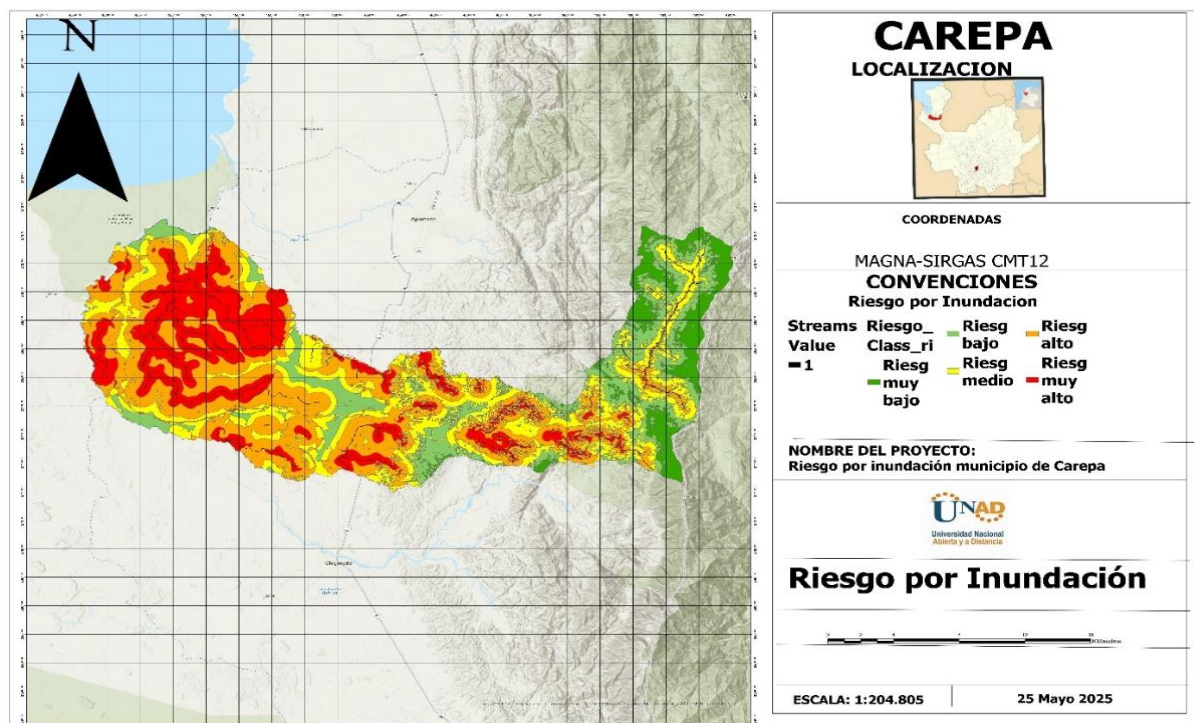
Categoría de riesgo	Valor numérico	Características principales	Áreas representativas
Muy alto	5	Terrenos planos cercanos al río Carepa y afluentes, cobertura agrícola	Zonas del sur y suroeste (cultivos banano)
Alto	4	Áreas agrícolas con pendiente leve, humedad y cercanía hídrica	Periferia rural intermedia
Medio	3	Zonas de transición, uso mixto del suelo, leve exposición a eventos extremos	Franjas urbanas y periurbanas
Bajo	2	Áreas con menor acumulación de flujo y mayor elevación	Zonas al este y norte del municipio

Muy bajo	1	Zonas montañosas, boscosas y alejadas de fuentes hídricas principales	Sector nororiental
-----------------	---	--	--------------------

Nota: Esta tabla evidencia la clasificación cualitativa del riesgo por inundación en el municipio de Carepa. Fuente: Autoría propia, 2025.

Figura 5.

Diseño de Mapa de riesgo del municipio



Fuente: Autoría propia, 2025.

Conclusiones

El análisis multicriterio realizado mediante herramientas SIG permitió identificar con claridad las zonas del municipio de Carepa con mayor vulnerabilidad ante inundaciones. La metodología utilizada, que integró variables como pendiente, cobertura del suelo, red de drenaje, precipitaciones y proximidad a cuerpos hídricos, resultó adecuada y proporcionó resultados veraces y representativos del contexto territorial. Se evidenció que las áreas con mayor riesgo se ubican principalmente en el suroeste del municipio, donde predominan los cultivos de banano y existe una topografía plana cercana al río Carepa. Esta situación no solo amenaza la producción agrícola, sino también la infraestructura crítica y la seguridad de las comunidades rurales. Así, se concluye que el SIG es una herramienta eficaz para la toma de decisiones en materia de planificación territorial.

y gestión del riesgo, aportando información detallada y confiable para mitigar futuros impactos. En el análisis se pudo caracterizar particularmente los niveles de riesgos de inundación en el municipio de Carepa Antioquia por medio de técnicas avanzadas de estudios multicriterio al igual que el geoprocésamiento, se lograron identificar y cuantificar con exactitud las zonas o áreas más críticas en el territorio del municipio de Carepa.

Por medio de la herramienta o aplicación del sistema de información geográfica (SIG), se realizó una serie de clasificación muy detallada sobre el riesgo de inundación el cual se clasificó en 5 niveles muy diferenciados, dado a eso se pudo obtener un resultado muy significativo del municipio de Carepa, se lograron encontrar niveles de riesgos altos y muy altos, lo cual significa la presentación de las áreas de alta vulnerabilidad hacia el riesgo.

Las transformaciones de datos ráster en capas vectoriales llega a permitir un estudio totalmente geoespacial muy preciso, resaltando la importancia de los factores, entre esos la aproximación fluvial junto con la topografía en las determinaciones de las áreas más débiles a inundaciones, las áreas que son totalmente montañosas llega a evidenciar un riesgo muy bajo, dado a que las áreas que se encuentran cercas al río de Carepa llegan a presentar los niveles más altos a la vulnerabilidad del riesgo expuesto.

Este análisis llega a demostrar el impacto crítico en zonas económicas, principalmente en la producción bananera, en la cual se ven afectado varias fincas productoras de bananos tipo exportación y llegan a ser identificadas como zona de alto riesgo en inundaciones, del cual se obtiene una gran pérdida total de capacidad productiva por medio de casos hidrometeorológicos. Esta exportación logra demostrar las eficacias de las técnicas y procesos de los estudios multicriterio al igual que los geoprocésamientos y así poder realizar la evaluación de riesgo territorial, otorgando en si una metodología robusta para la planificación y gestión territorial.

Durante el desarrollo del proyecto se logra perfeccionar el uso de las herramientas del sistema de información geográfica (SIG), donde se estudian diferentes variables de la imagen satelital tomada al mapa del municipio de Carepa (Antioquia), realizando un análisis multicriterio con el uso del software ArcGIS pro, para lograr determinar la vulnerabilidad de diferentes áreas del municipio estudiado, respecto al tema de riesgo a inundaciones.

De acuerdo a la información obtenida a través del uso de las herramientas del SIG, como son las evaluaciones de vulnerabilidad y los análisis de riesgo, tomado de la base de datos suministrada por el programa, podemos determinar, que el 14% del área analizada presenta un riesgo muy alto a inundaciones, el 34% riesgo alto, el 24,2 % riesgo medio, el 18,8 % riesgo bajo y el 9,1 % presenta un riesgo muy bajo, estos datos numéricos se determinan de la sumatoria de diferentes patrones, que en el mapa se simbolizan de diferentes tonalidades, gracias a la aplicación del método de reclasificación de la ponderación en 5 clases, donde el riesgo se reclasifica por colores.

Las transformaciones de datos ráster en capas vectoriales llega a permitir un estudio totalmente geoespacial muy preciso, resaltando la importancia de los factores, entre esos la aproximación fluvial junto con la topografía en las determinaciones de las áreas más débiles a inundaciones, en la imagen del proyecto se puede visualizar, que las áreas con mayor riesgo se ubican principalmente en el suroeste del municipio, donde predominan los cultivos de banano y existe una topografía

plana cercana al río Carepa y al mar, donde el nivel del mar es mucho más bajo que las áreas menor vulnerabilidad a riesgos por inundación.

Toda esta información resulta ser vital para la planificación territorial, gestión del riesgo y la toma de decisiones ya sea en urbanización o actividades agropecuarias, el mapa obtenido en el proyecto nos permite visualizar diferentes factores que influyen en el fenómeno de estudiado, revisando variables, tales como: pendiente, cobertura del suelo, red de drenaje, precipitaciones y proximidad a cuerpos hídricos entre otras, que nos permite ver el SIG, aportando información detallada y confiable para mitigar futuros impactos.

Recomendaciones

Los SIG (Sistemas de Información Geográfica) son de gran ayuda e importancia en agronomía, ya que facilitan gestión y el análisis de los datos espaciales para desarrollar los niveles de producción en el campo, la planificación de proyecto productivos agrícolas y la protección de recursos naturales. Estos sistemas nos ofrecen una gran gama de opciones de herramientas usadas para monitorizar, cartografiar y predecir rendimientos, dentro de sus principales beneficios para la agronomía como son: agricultura de precisión, monitoreo de cultivos, análisis de suelos, cálculo de rendimiento, planificación del uso de los suelos, manejos de aguas y toma de decisiones asertivas. De acuerdo con el proyecto de aplicación, ejecutado en el mapa del municipio de Carepa, se establecen varias recomendaciones técnicas desde punto de vista de la agronomía, en base de dato suministrada por SIG, donde se puede observar los datos del análisis multicriterio realizado mediante herramientas, el mapa presenta 5 caracterizaciones, distribuidas dentro del área, y se simbolizan con diferentes colores; el rojo representa las zonas con mayor riesgo a inundaciones, esto indica que estas áreas son de niveles bajos, con gran proximidad a fuentes hídricas de mayor caudal, los cultivos que se establecen en estas zonas deben de ser susceptible a niveles freáticos altos, de lo contrario se debe planificar y establecer un sistema de drenaje superficial que permita mantener el nivel del agua a una profundidad requerida para el cultivo establecido, en casos que exista mayor cercanía a fuentes hídricas de mayor caudal, se requiere el uso de barreras vivas y construcción de montículos para controlar el ingreso de las aguas, apoyándose con bombeo si el caso lo requiere.

Las zonas de color verde se consideran según la caracterización a áreas de riesgo muy bajas a inundación, en el mapa estas zonas se orientan hacia la serranía, lo que indica que son terrenos de mayor elevación y son aptos para establecer cultivos de mayor sistema radicular y resistentes a niveles bajos de humedad. Es esencial diseñar planes de manejo del riesgo orientados a la protección de zonas agrícolas de alta productividad, especialmente aquellas destinadas al cultivo de banano, mediante la implementación de prácticas sostenibles como la rotación de cultivos, como Banano, palma de aceite, Arroz y cacao, el manejo y conservación del suelo y la construcción de drenajes agrícolas eficaces.

Asimismo, se debe incentivar la reforestación con especies nativas en las áreas más críticas, con el fin de reducir la escorrentía y proteger las fuentes hídricas. Es clave fortalecer las capacidades

técnicas de los productores rurales en gestión del riesgo y uso de herramientas SIG, para que puedan anticiparse a eventos de inundación y minimizar sus impactos. Finalmente, se recomienda a las autoridades locales y regionales adoptar el uso periódico de modelos SIG actualizados para tomar decisiones fundamentadas en el contexto agro productivo y ambiental del territorio. En cuanto a las gestiones de riesgos, se realizan exigencias para poder desarrollar un sistema general que logre el cambio de infraestructuras físicas, y tecnológicas de monitoreos, al igual que la organización comunitaria.

Para las áreas dedicadas a la agricultura, se llega a recomendar una conservación en la cual se pueda incluir cultivos que sean totalmente resistentes a inundaciones al igual que a la adaptabilidad de las metodologías o técnicas sobre la agricultura, las vivencias que se ha dado de acuerdo con el ganado vacuno y a los búfalos se recomienda implementar la importancia de los modelos productivos el cual sean más resilientes y flexibles.

Se recomiendan también implementaciones de obras que logre contener las fuentes hidráulicas, al igual que un sistema de advertencia adelantado y un protocolo para las evacuaciones el cual se forma como una necesidad inminente.

La restauración ambiental es muy importante el cual se necesita la restauración de ecosistemas ribereños junto con las reforestaciones de extremos u orillas acuáticas, se recomienda también realizar áreas de reducción natural no solo para reducir el riesgo de inundación sino también para la contribución de las recuperaciones ecológicas y así, poder obtener un buen equilibrio totalmente ecológico.

Referencias bibliográficas

GADM. (2018). Carepa, Antioquia, Colombia <https://gadm.org/maps/COL/antioquia/carepa.html>

Alcaldía de Carepa. (2017). Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres. <https://www.carepaantioquia.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/Revista%20Plan%20Municipal%20de%20Gesti%C3%B3n%20del%20Riesgo%20de%20Desastres/Contenido%202.pdf>

Alcaldía de Carepa. (2020). Plan de Desarrollo Municipal 2020–2023. [https://www.carepaantioquia.gov.co/Transparencia/Plan_estrategico_Institucional/PLAN%20DE%20DESARROLL O.pdf](https://www.carepaantioquia.gov.co/Transparencia/Plan_estrategico_Institucional/PLAN%20DE%20DESARROLL%20O.pdf)

Alexander, D. (2000). *Confronting Catastrophe: New Perspectives on Natural Disasters*. Oxford University Press.

Barahona Cano, V. (2021). Apoyo en las acciones enfocadas en la mitigación de los efectos provocados por las lluvias, la gestión del riesgo y asesoría en cuanto al acueducto y saneamiento básico del municipio de Copacabana. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].

Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems* (2nd ed.). Oxford University Press.

Chuvieco, E. (2016). *Fundamentos de teledetección ambiental* (4.^a ed.). Ediciones RIALP.

Correa Morelo, M. A. (2020). *Evaluación de labores agronómicas (Musa AAA Simmonds) tipo exportación. Finca Galeón, Carepa, Antioquia. [Trabajo de grado, TdeA].* <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/1911>

Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2010). Disaster resilience indicators for benchmarking baseline conditions. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 7(1), 1–22.

Dilley, M., Chen, R. S., Deichmann, U., Lerner-Lam, A. L., & Arnold, M. (2005). *Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/0-8213-5930-4>

Esri. (2023). *ArcGIS Pro 3.4 Documentation*. <https://pro.arcgis.com>

Fernández, D. S., & Lutz, M. A. (2010). Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*, 111(1–4), 90–98.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6^a ed.). McGrawHill Education.

<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.12.006>

<https://doi.org/10.2202/1547-7355.1732>

<https://es.weatherspark.com/y/21554/Clima-promedio-en-Carepa-Colombia-durante-todo-la%20C3%B1o>

https://valuative.co/admin/files/archivo/riesgo_de_inundacion_en_colombia.pdf

<https://www.igac.gov.co>

IDEAM. (2008). *Estudio Nacional del Agua 2008*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co>

IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2022). *Atlas geográfico de Colombia*.

INDECI. (2014). Guía metodológica para la elaboración de mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo por inundaciones. Instituto Nacional de Defensa Civil del Perú. <https://www.indeci.gob.pe>

Malczewski, J. (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons.

Ming-Hsi Hsu, Chien-Yuan Chen, & Hui-Ping Chang. (2000). Inundation simulation for urban drainage basin with storm sewer system. *Journal of Hydrology*, 234(1-2), 21–37. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00237-2](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00237-2)

Moreno Jiménez, A., Guerrero Blanco, M., & Pérez Gladish, B. (2011). Decisiones multicriterio y sistemas de información geográfica: Una revisión. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 12, 107–144. <https://www.upo.es/revistas/index.php/RevMetCuant/article/view/1080>

Nacional de Colombia. <https://bdigital.unal.edu.co/48758/>

Rangel, J. O. (2015). La biodiversidad de Colombia: Significado y distribución regional. Universidad

Smith, K. (2013). *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster* (6th ed.). Routledge.

UN-Habitat. (2020). Guía para el análisis del riesgo urbano mediante SIG. <https://unhabitat.org>

Unidas. <https://www.unisdr.org>

UNISDR. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015–2030. Naciones

Valuative. (s. f.). Riesgo de Inundación en Colombia.

van Westen, C. J. (2013). Remote sensing and GIS for natural hazards assessment and disaster risk management. United Nations University.

Weather Spark. (s. f.). El clima en Carepa, el tiempo por mes, temperatura promedio (Colombia).

Enlace de sustentación

<https://www.youtube.com/watch?v=o-Xn5BxX4fU>