

**Análisis del riesgo por inundación en el departamento de Antioquia, mediante Sistemas de
Información Geográfica**

Juan Sebastián García Bohórquez

Asesor

John Carlos Ruiz Caicedo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Agroforestal

2026

Resumen

El presente estudio analiza el riesgo por inundación en el departamento de Antioquia mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el propósito de identificar las áreas más vulnerables y aportar información útil para la gestión del riesgo y la planificación del territorio. Para ello, se aplicó un análisis multicriterio en el software ArcGIS Pro, integrando capas como el modelo digital de elevación (MDE), la red hídrica, el uso del suelo y los límites administrativos. Estas variables fueron procesadas y ponderadas con el fin de modelar la amenaza por inundación y clasificarla en cinco niveles: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

Los resultados muestran que, aunque gran parte del departamento presenta un riesgo bajo asociado a su topografía montañosa, existen zonas particularmente críticas en subregiones como el Bajo Cauca, Urabá y el Magdalena Medio, donde se concentran los niveles más altos de amenaza, especialmente en áreas cercanas a los principales ríos. Estas zonas coinciden con antecedentes históricos de inundaciones, lo que respalda la validez del análisis realizado. En conjunto, el estudio evidencia la utilidad de los SIG para comprender la distribución espacial del riesgo y resalta la importancia de fortalecer estrategias de ordenamiento territorial, prevención y manejo ambiental orientadas a la protección de las comunidades, los sistemas productivos y los ecosistemas estratégicos.

Palabras clave: Riesgo por inundación, Sistemas de Información Geográfica, Ordenamiento agroambiental del territorio, Antioquia.

Abstract

This study analyzes flood risk in the department of Antioquia through the use of Geographic Information Systems (GIS), with the aim of identifying the most vulnerable areas and providing useful information for risk management and territorial planning. To achieve this, a multicriteria analysis was carried out using the software ArcGIS Pro, integrating layers such as the Digital Elevation Model (DEM), the hydrological network, land use, and administrative boundaries. These variables were processed and weighted to model flood hazard and classify it into five levels: very low, low, medium, high, and very high.

The results show that although a large portion of the department presents low risk associated with its mountainous topography, there are particularly critical zones in subregions such as the Bajo Cauca, Urabá, and the Magdalena Medio, where the highest levels of flood hazard are concentrated, especially in areas near the main rivers. These zones coincide with historical flood events, which supports the validity of the analysis conducted. Overall, the study demonstrates the usefulness of GIS for understanding the spatial distribution of flood risk and highlights the importance of strengthening territorial planning, prevention strategies, and environmental management aimed at protecting communities, productive systems, and strategic ecosystems.

Keywords: Flood risk, Geographic Information Systems, Agro-environmental land-use planning, Antioquia.

Tabla de Contenido

Introducción	8
Justificación	10
Objetivos.....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos.....	11
Identificación del Caso de Estudio	12
Fuentes Hídricas.....	14
Cuenca del Mar Caribe	14
Subcuenca del Río Atrato	15
Cuenca del Río Cauca.....	15
Subcuenca del Río Nechí.....	15
Subcuenca del Río San Juan.....	16
Cuenca del Río Magdalena.....	16
Embalses	16
Represa del Peñol.....	16
Embalse de Miraflores	17
Embalse de Playas	17
Otros Embalses	17
Fuentes Hídricas y Dinámica de Inundaciones en Antioquia	17
Antecedentes de Inundación en Antioquia	19
Metodología	22
Extracción por Mascara:	24

Capa Vectorial Coberturas	24
Modelo Digital de Elevación (DEM).....	25
Distribución Espacial de las Coberturas del Suelo y Sectores Productivos en el Departamento de Antioquia.....	26
Resultados	27
Análisis de Coberturas del Suelo por Polígonos.....	28
Cálculo de Áreas por Categoría de Riesgo	29
Reclasificación e Interpretación del Riesgo por Inundación	34
Distribución Espacial del Riesgo por Inundación en Antioquia.....	35
Impacto Potencial Según la Categoría de Riesgo	36
Riesgo de Inundación Departamento de Antioquia	37
Factores que Influyen en las Inundaciones en Antioquia	38
Conclusiones.....	41
Recomendaciones	43
Referencias bibliográficas.....	45

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Extracción por Máscara en ArcGIS Pro</i>	24
Figura 2 <i>Capa Vectorial ArcGIS Pro</i>	25
Figura 3 <i>Modelo Digital</i>	25
Figura 4 <i>Suelo y Sectores Productivos</i>	26
Figura 5 <i>Vectores de Riesgo</i>	27
Figura 6 <i>Vectores de Riesgo</i>	28
Figura 7 <i>Impacto por Categorías de Riesgo</i>	29
Figura 8 <i>Tabla de Atributos Vectorial</i>	30
Figura 9 <i>Área por Categoría de Riesgo</i>	33
Figura 10 <i>Área por Categoría de Riesgo</i>	35

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Cronología de Inundaciones</i>	20
Tabla 2 <i>Categoría de Riesgo de Acuerdo al Área.</i>	30
Tabla 3 <i>Impacto Según el Riesgo.</i>	36

Introducción

El cambio climático ha intensificado la frecuencia y magnitud de los eventos hidrometeorológicos extremos, especialmente las lluvias intensas, lo que ha incrementado significativamente el riesgo de inundaciones a nivel global y regional. En Colombia, este fenómeno se ve agravado por la influencia de eventos climáticos como el fenómeno de la Niña, los cuales generan aumentos prolongados en las precipitaciones y desbordamientos de ríos, afectando de manera recurrente amplias zonas del territorio nacional de acuerdo al reporte emitido por IDEAM en el año 2022; (IDEAM. 2022). De acuerdo con la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, las inundaciones constituyen uno de los eventos más frecuentes y con mayores impactos en términos de pérdidas humanas, económicas y ambientales en el país (UNGRD, 2023), establece que

Identificó que en el país existen 190.935 km² con condiciones favorables a la inundación, es decir, aproximadamente el 31% del área continental del territorio nacional. En dicho estudio se identificó que en el país se viene presentando una transformación antrópica de las Zonas Potencialmente Inundables ZPI. (párr 3)

En el departamento de Antioquia, la combinación entre alta pluviosidad, compleja topografía y una extensa red hídrica incrementa la susceptibilidad a este tipo de amenazas, especialmente en zonas bajas y planicies aluviales (Gobernación de Antioquia, 2021), de acuerdo al reporte emitido por la página web “Riesgo por inundación en Antioquia” quienes a través del análisis del Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres – SIGRAN establece

Según los datos recopilados en Antioquia, las inundaciones se presentan con mayor frecuencia en la subregión Urabá seguido de la subregión Suroeste y posteriormente la subregión Oriente:

Estas 1.736 emergencias reportadas han dejado daños materiales en 21.133 viviendas, 290.257 familias afectadas y 266 personas fallecidas a lo largo de estos 121 años, sin

contar hectáreas e infraestructuras y demás afectaciones en otros elementos expuestos. En el registro más alto obtenido, que se presentó en el mes de mayo de 2017 la subregión que reportó más eventos fue el Suroeste Antioqueño con 31.25%, seguida de las subregiones Urabá 18.75% y Magdalena Medio 10.42%. (ArcGIS StoryMaps, s.f.)

Es por ello que el análisis del riesgo por inundación resulta fundamental para la protección de la población, la infraestructura y las actividades productivas del territorio. En Antioquia, las inundaciones han generado afectaciones recurrentes en viviendas, vías, sistemas de abastecimiento y actividades agropecuarias, particularmente en subregiones como el Bajo Cauca, Urabá y el Magdalena Medio, donde se concentra una alta dependencia económica de la agricultura y la ganadería (DNP, 2020; UNGRD, 2023). En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se consolidan como herramientas clave para la evaluación del riesgo, al permitir integrar y analizar múltiples variables espaciales, identificar zonas vulnerables y apoyar la toma de decisiones en procesos de ordenamiento territorial y gestión del riesgo (Burrough & McDonnell, 2015; Malczewski, 2006).

En este marco, el presente ejercicio tiene como propósito aplicar un modelo de análisis multicriterio mediante Sistemas de Información Geográfica para generar el mapa de riesgo por inundación del departamento de Antioquia y realizar una primera interpretación de las zonas más críticas, aportando insumos técnicos que contribuyan a la planificación territorial y a la reducción de futuras afectaciones.

Justificación

La elección del análisis del riesgo por inundación en el departamento de Antioquia responde a la necesidad de comprender con mayor profundidad una problemática que en la actualidad tiene un impacto significativo en el territorio, afectando comunidades, sistemas productivos e infraestructura. Este fenómeno no solo representa un desafío a nivel teórico en términos de análisis espacial y ambiental, sino que también tiene consecuencias prácticas que inciden directamente en la gestión del riesgo, el ordenamiento territorial y la formulación de políticas públicas.

Asimismo, existe una necesidad de fortalecer estudios que aborden el riesgo por inundación desde una perspectiva integral apoyada en herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que evidencia vacíos en la generación de información detallada y actualizada para la toma de decisiones. En este sentido, la presente investigación busca aportar evidencia técnica y análisis espacial que contribuya a la identificación de zonas vulnerables y al fortalecimiento de estrategias de prevención y mitigación.

Finalmente, este trabajo se justifica por su potencial impacto en el ámbito académico y profesional, dado que los resultados obtenidos pueden servir como insumo para el desarrollo de nuevas investigaciones, así como para la implementación de acciones, programas y políticas orientadas a la reducción del riesgo y al desarrollo sostenible del territorio.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el riesgo por inundación en el departamento de Antioquia como estudio de caso, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y herramientas de análisis espacial en ArcGIS Pro, con el fin de identificar y clasificar las zonas más vulnerables frente a este fenómeno.

Objetivos Específicos

Delimitar y caracterizar el departamento de Antioquia como área de estudio, mediante el uso de información geográfica y el cargue de capas base en el software ArcGIS Pro, con el fin de establecer el contexto espacial del análisis del riesgo por inundación.

Analizar la relación espacial entre las fuentes hídricas y las condiciones físicas del territorio antioqueño, integrando capas temáticas en ArcGIS Pro para identificar las zonas con mayor susceptibilidad a inundaciones.

Clasificar y representar cartográficamente los niveles de riesgo por inundación en el departamento de Antioquia, estableciendo categorías de riesgo muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, de acuerdo con la escala definida en el anexo, como resultado del estudio de caso.

Identificación del Caso de Estudio

El departamento de Antioquia se localiza en el noroccidente de Colombia y cuenta con una extensión aproximada de 63.612 km², lo que lo convierte en uno de los departamentos con mayor diversidad geográfica y ambiental del país. Limita al norte con el mar Caribe, al oriente con los departamentos de Córdoba, Bolívar y Santander, al sur con Caldas y Risaralda, y al occidente con Chocó. Administrativamente, Antioquia está conformado por 125 municipios agrupados en nueve subregiones, entre las que se destacan el Bajo Cauca, Urabá, Magdalena Medio y Valle de Aburrá, áreas que presentan una alta recurrencia de eventos asociados a inundaciones (Gobernación de Antioquia, 2021; IGAC, 2020).

Desde el punto de vista físico y ambiental, Antioquia presenta una topografía compleja caracterizada por la presencia de las cordilleras Central y Occidental, valles interandinos y amplias planicies aluviales asociadas a los ríos Cauca, Magdalena y Atrato. Esta configuración favorece la ocurrencia de inundaciones en zonas de baja pendiente, especialmente en áreas cercanas a los principales cauces hídricos y en regiones con alta acumulación de sedimentos (IDEAM, 2022). La red hídrica del departamento es extensa y está conformada por múltiples ríos, quebradas y humedales, lo que incrementa la susceptibilidad a eventos de desbordamiento durante periodos de lluvias intensas (IGAC, 2020).

En cuanto a las condiciones climáticas, Antioquia presenta un régimen de precipitaciones variable influenciado por fenómenos climáticos como La Niña, los cuales generan incrementos significativos en las lluvias y, en consecuencia, un aumento del riesgo por inundación. De acuerdo con el IDEAM (2022), los periodos de mayor precipitación coinciden con los meses en los que históricamente se han registrado mayores afectaciones por eventos hidrometeorológicos en el departamento. Estas características hacen de Antioquia un territorio representativo para el

análisis del riesgo por inundación mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

Antioquia es uno de los departamentos con mayor diversidad hídrica de Colombia, debido a su compleja topografía, la presencia de tres cordilleras y múltiples valles interandinos. Esta configuración geográfica hace que el territorio esté atravesado por importantes ríos, quebradas y cuencas que, aunque representan una riqueza ambiental, también generan condiciones de riesgo por inundación en zonas urbanas y rurales.

El principal eje hídrico del departamento es el río Magdalena, que actúa como límite oriental y recibe importantes afluentes procedentes de Antioquia. Sin embargo, el sistema más determinante dentro del departamento es el río Cauca, que lo atraviesa de sur a norte, formando amplios valles como el del Bajo Cauca, una de las zonas con mayor recurrencia de inundaciones por desbordamientos, sedimentación y fuertes lluvias. A este río se suman afluentes relevantes como los ríos Nechí, Porce, Guadalupe, San Juan, Ituango, Penderisco, y una red extensa de quebradas que atraviesan cascos urbanos y veredas.

Las zonas del Urabá antioqueño, especialmente alrededor de los ríos Atrato, León y Turbo, presentan inundaciones frecuentes debido a la baja altitud, los suelos saturados, la cercanía al mar y la alta pluviosidad. En la subregión del Occidente, quebradas de montaña como La Herradura, Buriticá o La Sucia generan crecientes súbitos que afectan a poblaciones cercanas. En el Valle de Aburrá, donde se ubica Medellín, las quebradas urbanas como La Iguaná, Santa Elena, La Hueso o La Picacha han causado eventos históricos de inundación y avenidas torrenciales.

Históricamente, Antioquia ha experimentado afectaciones significativas por inundaciones, especialmente durante fenómenos de La Niña, donde municipios como Turbo,

Caucasia, Nechí, Zaragoza, Cáceres y el Bajo Cauca en general reportan pérdidas en viviendas, cultivos, vías y ganado. La combinación entre lluvias intensas, aumento del caudal de grandes ríos y procesos de deforestación, minería y ocupación de zonas ribereñas incrementa el riesgo y la vulnerabilidad de las comunidades.

En conjunto, la dinámica hídrica de Antioquia evidencia la necesidad de ordenar el territorio, fortalecer la gestión del riesgo y priorizar medidas de adaptación, dado que sus ríos y quebradas son elementos vitales del paisaje, pero también representan amenazas significativas cuando se sobrepasan sus niveles naturales de equilibrio.

Fuentes Hídricas

De acuerdo a la información plasmada en la página web Todoporcolombia quien resalta la importancia de la hidrografía en el departamento de Antioquia quien establece que La hidrografía del Departamento de Antioquia cuenta numerosos y caudalosos ríos que riegan sus tierras; por su importancia los principales ríos de Antioquia son el Magdalena, el Cauca y el Atrato; el primero recorre el oriente, el segundo la parte central y el tercero el occidente, cuyo delta en su mayor parte pertenece al territorio antioqueño. Se Pueden diferenciar 3 grandes cuencas la del Mar Caribe, la del Río Cauca y la del Magdalena. Adicionalmente, gracias a la gran riqueza hídrica de Antioquia cuenta con diversas represas y embalses como la represa del Peñol, embalse de Miraflores y el embalse de Playas.

Cuenca del Mar Caribe

La cuenca cubre un 32% del área drenada del departamento. En la subregión de Urabá, los ríos Atrato, Mulatos, San Juan, Currulao y Carepa drenan sus aguas directamente hacia el mar Caribe. Hacia el occidente desemboca en el golfo de Urabá, el río Atrato. En la cordillera Paramillo nacen los ríos San Jorge y Sinú cuyo primer tramo de la cuenca alta transcurre en

territorio antioqueño, para luego internarse en el departamento de Córdoba y desembocar en el mar Caribe.

Subcuenca del Río Atrato

El río Atrato se localiza al occidente del departamento y sirve de límite territorial a Antioquia y Chocó, su caudal medio es de 4.200 m³/s. El río se presenta en dos trayectos discontinuos en territorio antioqueño, los tributarios de la vertiente oriental en su trayecto sur, descienden de las cumbres de la cordillera Occidental en territorio antioqueño y sus principales tributarios son los ríos Murindó, Murri y Arquía, mientras que el trayecto norte, muy cerca de la desembocadura en el Golfo de Urabá, recibe las aguas de los ríos León y Tumaradó.

Cuenca del Río Cauca

El río Cauca nace al sur de Colombia en el páramo de Sotará y tiene 1.350 kilómetros de longitud. Este posee una dirección general sur-norte y desemboca en el río Magdalena. Su caudal medio es de 250 m³/s. Atraviesa el departamento de Antioquia de sur a norte por su parte central, conformando un estrecho valle al cual convergen afluentes de la vertiente oriental de la cordillera Occidental y de la vertiente occidental de la cordillera Central.

Sus tributarios principales son los ríos San Juan, Caramanta, Arma, Ituango, Tarazá, Man y Nechí. La cuenca del Cauca cubre un 46% del departamento de Antioquia, sus tributarios desarrollan valles muy estrechos y empinados, controlados en gran parte por fallas geológicas.

Subcuenca del Río Nechí

La subcuenca del Nechí conforma una red extensa de tributarios que descienden de la parte más septentrional de la cordillera Central, fluyendo hacia el norte para verter sus aguas al río Cauca. Los tributarios más importantes son los ríos Anorí, Porce, Bagre y Pocune. El río Porce conforma una importante subcuenca a la cual pertenecen el río Medellín y el río Grande.

El río Medellín conforma un valle estrecho de probable naturaleza tectónica y atraviesa el altiplano del oriente antioqueño en dirección noreste. Posee gran importancia, porque en el valle de Aburrá está localizada la ciudad de Medellín capital departamental.

Subcuenca del Río San Juan

Al sur del departamento en su vertiente occidental, el río Cauca recibe las aguas de la subcuenca del río San Juan que tiene como afluentes principales los ríos Andes, Barroso, Bolívar, Tapartó y Guadualejo.

Cuenca del Río Magdalena

El río Magdalena es la vía fluvial más importante de Colombia, nace al suroeste en el macizo colombiano, en la laguna de La Magdalena y desemboca en el mar Caribe en el sitio Bocas de Ceniza, extendiéndose por 1.540 kilómetros, siendo el río más importante de Colombia. Su caudal medio es de 6.987 m³/s.

Embalses

Gracias a la gran riqueza hídrica con que cuenta el departamento de Antioquia, se han establecido diferentes embalses para el aprovechamiento de estos recursos en la generación de energía.

Represa del Peñol

Se encuentra en el Oriente antioqueño (Cordillera Central), entre los municipios de El Peñol, Guatapé y Alejandría, y fue construida en el río Nare. Con una altitud de 2.200 metros sobre el nivel del mar, está cerrada al norte por el Cerro Boquerón, y tiene una capacidad de 1.169 metros cúbicos de agua para la generación de energía. Entre sus atractivos se cuentan la Piedra del Peñol, la cabecera municipal del municipio de Guatapé y las actividades de deportes acuáticos que allí se realizan.

Embalse de Miraflores

Esta represa se encuentra en jurisdicción del municipio de Carolina del Príncipe y está alimentada con aguas del río Tenche a 2.000 metros sobre el nivel del mar, en la Cordillera Central.

Embalse de Playas

Localizado sobre la jurisdicción de los municipios de San Carlos y San Rafael (Cordillera Central), se alimenta con aguas de los ríos Nare y Guatapé.

Otros Embalses

Son Porce II, Punchiná, Guatapé, Ayurá, Piedras Blancas, Playas, Guadalupe, Riogrande I y II, San Carlos, Calderas, Jaguas, Miraflores, Troneras y La Fe. Están en construcción Porce III y Pescadero.

Fuentes Hídricas y Dinámica de Inundaciones en Antioquia

Antioquia es uno de los departamentos con mayor diversidad hídrica de Colombia, condición que se explica por su compleja topografía, la presencia de las cordilleras Central y Occidental, así como por la existencia de múltiples valles interandinos. Esta configuración geográfica favorece el desarrollo de una extensa red de ríos, quebradas y cuencas hidrográficas que, si bien representan una riqueza ambiental y productiva, también generan condiciones de amenaza y riesgo por inundación en zonas urbanas y rurales (IGAC, 2020; IDEAM, 2022).

El principal eje hídrico que influye en el departamento es el río Magdalena, el cual actúa como límite oriental y recibe importantes aportes hídricos provenientes del territorio antioqueño. No obstante, el sistema fluvial más determinante al interior del departamento es el río Cauca, que atraviesa Antioquia de sur a norte y conforma amplias planicies aluviales, especialmente en la subregión del Bajo Cauca. En esta zona, la baja pendiente, la sedimentación y los elevados

caudales durante periodos de lluvias intensas favorecen la ocurrencia recurrente de inundaciones (IDEAM, 2022; Gobernación de Antioquia, 2021). A este sistema se suman afluentes relevantes como los ríos Nechí, Porce, Guadalupe, San Juan, Ituango y Tarazá, así como una extensa red de quebradas que atraviesan áreas rurales y cascos urbanos.

En la subregión de Urabá, particularmente en áreas cercanas a los ríos Atrato, León y Turbo, las inundaciones son frecuentes debido a la baja altitud, la alta pluviosidad, los suelos saturados y la cercanía al mar Caribe. De acuerdo con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2020), estas condiciones naturales incrementan la susceptibilidad del territorio a eventos de desbordamiento. En el Occidente antioqueño, quebradas de montaña como La Herradura, Buriticá y La Sucia generan crecientes súbitas que afectan a poblaciones asentadas en zonas de ladera. De manera similar, en el Valle de Aburrá, las quebradas urbanas como La Iguaná, Santa Elena, La Hueso y La Picacha han sido responsables de inundaciones y avenidas torrenciales que han impactado históricamente a la ciudad de Medellín (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019).

La hidrografía del departamento se organiza en tres grandes cuencas: la cuenca del mar Caribe, la cuenca del río Cauca y la cuenca del río Magdalena. Según información recopilada por Todoporcolombia (s.f.),

La cuenca del mar Caribe cubre aproximadamente el 32 % del área drenada del departamento e incluye ríos como el Atrato, Mulatos, San Juan, Currulao y Carepa, los cuales desembocan directamente en el mar Caribe. La cuenca del río Cauca abarca cerca del 46 % del territorio departamental y constituye el sistema hidrográfico más influyente en términos de riesgo por inundación, mientras que la cuenca del río Magdalena recoge aportes hídricos del oriente antioqueño y actúa como eje fluvial nacional (IGAC, 2020). Adicionalmente, Antioquia cuenta con numerosos embalses destinados principalmente a la generación de energía, entre los que se destacan la represa del Peñol–Guatapé, los embalses de

Playas, Miraflores, Porce II y Riogrande I y II. Si bien estas infraestructuras cumplen un papel estratégico en el desarrollo energético, también modifican la dinámica hidrológica de las cuencas y deben ser consideradas en los análisis de riesgo por inundación (UPME, 2020).

Antecedentes de Inundación en Antioquia

Históricamente, Antioquia ha sido uno de los departamentos más afectados por eventos hidrometeorológicos extremos en Colombia, especialmente durante episodios asociados al fenómeno de La Niña. “Entre los años 2006 y 2014 se registraron más de 1.300 eventos de origen natural en el departamento, de los cuales una proporción significativa correspondió a inundaciones y deslizamientos, generando pérdidas humanas, daños a viviendas, infraestructura vial y sistemas productivos” (UNGRD, 2015).

Uno de los eventos más graves ocurrió el 18 de mayo de 2015 en el municipio de Salgar, donde una avenida torrencial provocada por el desbordamiento de una quebrada causó la muerte de más de 100 personas y la destrucción de gran parte del casco urbano (UNGRD, 2015). Más recientemente, durante la temporada de lluvias de 2022, el departamento reportó más de “23.000 familias damnificadas, siendo el Bajo Cauca una de las subregiones más afectadas, con miles de viviendas inundadas y pérdidas significativas en actividades agropecuarias” (IDEAM, 2022; UNGRD, 2022).

Estos antecedentes evidencian que la combinación entre lluvias intensas, incremento de caudales, deforestación, minería y ocupación de zonas ribereñas ha incrementado la vulnerabilidad del territorio antioqueño, lo que refuerza la necesidad de fortalecer los procesos de ordenamiento territorial y gestión del riesgo de inundación, a continuación, se plasman los hechos más relevantes con el fin de tener una mayor comprensión en tiempo y ubicación.

Tabla 1*Cronología de Inundaciones*

Año / Fecha	Municipio / Zona / Subregión	Tipo de Evento	Consecuencias/ Daños, Victimas
2006/ 2014	“Antioquia (departamento)”	Desastres naturales múltiples (inundaciones + deslizamientos)	Entre esos años, el departamento registró 1.384 desastres naturales, con 586 víctimas fatales — 414 por inundaciones y deslizamiento
18 mayo 2015	Salgar (Suroeste antioqueño)	Avenida torrencial / avalancha por desbordamiento de quebrada	Más de 100 personas muertas, decenas desaparecidas, cientos de viviendas destruidas y graves daños a infraestructura.
2015 periodo general	Antioquia (varios municipios)	inundaciones y deslizamientos recurrentes	Refuerza que el departamento es uno de los más afectados en Colombia por desastres naturales de tipo hidrológico.
2022	Subregión del Bajo Cauca antioqueño (y otros municipios)	Inundaciones, crecientes súbitas, movimientos en masa	Más de 23.000 familias damnificadas en el departamento por lluvias; en Bajo Cauca reportaron 3.513 familias afectadas.

Año / Fecha	Municipio / Zona / Subregión	Tipo de Evento	Consecuencias/ Daños, Victimas
2025 (temporada de lluvias)	Varios municipios del departamento	Inundaciones, emergencias generalizadas	48 municipios afectados, miles de personas damnificadas; inundaciones reportadas en municipios como Venecia, Murindó y Vegachí

Nota. La tabla presenta un cuadro cronológico en el que se destacan los diferentes tipos de inundación, así como sus principales consecuencias y daños asociados. A través de esta información, se evidencia el nivel de riesgo al que están expuestos algunos municipios del departamento de Antioquia, permitiendo una mejor comprensión de la recurrencia e impacto de estos eventos en el territorio. El Colombiano. (2015, 24 de mayo)

Metodología

La metodología empleada para el análisis del riesgo por inundación en el departamento de Antioquia se desarrolló mediante la construcción de un producto cartográfico digital, utilizando herramientas especializadas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el software ArcGIS Pro. El enfoque metodológico se basó en la aplicación de un modelo de análisis multicriterio, el cual permitió integrar diversas variables ambientales asociadas a la ocurrencia de inundaciones.

El proceso inició con la recopilación, preparación y depuración de datos vectoriales y ráster, a partir de actividades de fotointerpretación y análisis de criterios como la clasificación Corine Land Cover y la interpretación de la gama de colores RGB, con el fin de identificar y detallar las características espaciales de las coberturas del suelo presentes en el área de estudio, tales como rastrojos, pastos limpios, bosques naturales y zonas urbanas, entre otras. Todas las capas fueron procesadas en el software ArcGIS Pro.

El sistema de referencia espacial fue configurado bajo el sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS / Origen Nacional (CMT12), correspondiente a Colombia, con el propósito de garantizar la coherencia y precisión espacial de la información. A partir de esta configuración, se realizó la edición de entidades vectoriales (puntos, líneas y polígonos), asignando a cada elemento su respectiva tabla de atributos, nomenclatura, simbología y gama de colores.

Posteriormente, se llevó a cabo el procesamiento del Modelo Digital de Elevación (MDE o DEM) para cada municipio, obtenido a partir del Geoportal del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), el cual proporciona archivos ráster en formato TIFF. Para el cargue y procesamiento del DEM, se utilizaron shapefiles municipales previamente descomprimidos, lo

que permitió realizar el recorte del ráster mediante la herramienta de extracción por máscara, delimitando exclusivamente el municipio seleccionado.

A partir del DEM recortado, se generó la capa de pendientes mediante la herramienta Surface Slope de la caja de herramientas de ArcGIS Pro, configurando como ráster de entrada el DEM municipal y obteniendo como resultado un ráster de pendientes expresado en grados, insumo clave para el análisis del riesgo por inundación.

De manera complementaria, se incorporaron capas temáticas como la red hídrica, el uso del suelo y la delimitación municipal, obtenidas a partir de la consulta e investigación de geoportales y visores SIG, entre los cuales se destacan el portal del IGAC Colombia en Mapas y el Mapa de Clasificación de las Tierras por su Oferta Ambiental a escala 1:100.000 del IGAC. Estas plataformas permitieron la visualización, consulta, análisis y descarga de información geoespacial confiable.

Cada una de las variables ambientales fue reclasificada según su grado de influencia en el riesgo por inundación, asignando valores cualitativos que representaron distintos niveles de susceptibilidad. Posteriormente, mediante herramientas de geoprocésamiento y superposición de capas, se aplicó un procedimiento de suma ponderada, integrando todas las variables en un único modelo espacial.

Como resultado, se generó un mapa integrado de riesgo por inundación, clasificado en categorías cualitativas de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Finalmente, se realizaron cálculos de geometría para determinar la extensión territorial de cada categoría de riesgo en kilómetros cuadrados, información fundamental para la interpretación de los resultados.

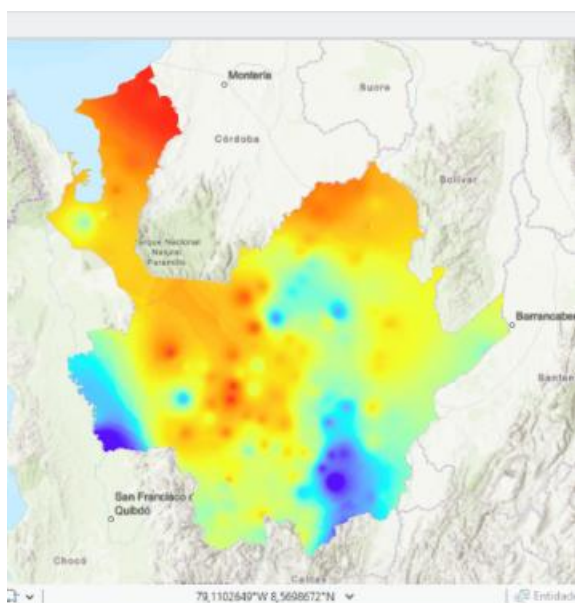
A continuación, se detalla de forma clara el procedimiento realizado para este análisis:

Extracción por Mascara:

En esta fase se realizó el recorte del ráster mediante la herramienta *Extraer por máscara* en ArcGIS Pro, utilizando el límite departamental de Antioquia como entidad de recorte, con el fin de delimitar el área de estudio y preparar la información para el análisis del riesgo por inundación.

Figura 1

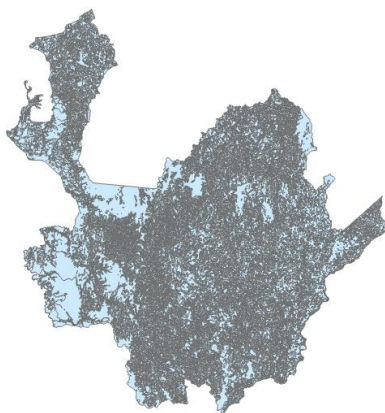
Extracción por Máscara en ArcGIS Pro



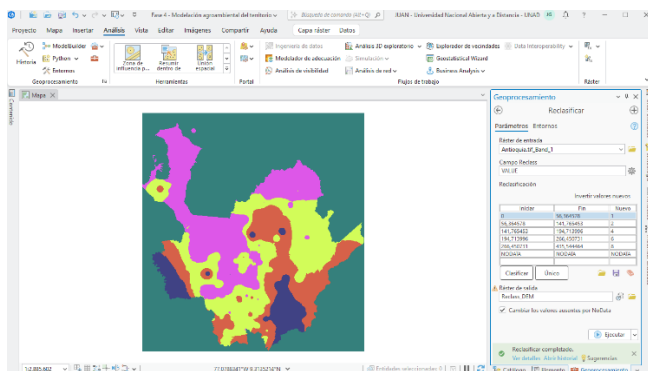
Nota. Tomado de ArcGIS Pro

Capa Vectorial Coberturas

En esta fase se realizó el recorte de la capa vectorial de coberturas del suelo mediante la herramienta Recortar (Clip) en ArcGIS Pro, utilizando el límite departamento de Antioquia como entidades de recorte con el fin de delimitar la formación al área de estudio y asegurar la coherencia espacial del análisis.

Figura 2*Capa Vectorial ArcGIS Pro**Nota.* Tomado de ArcGIS Pro**Modelo Digital de Elevación (DEM)**

En esta etapa se realizó la reclasificación del Modelo Digital de Elevación (DEM) mediante la herramienta Reclasificar en ArcGIS Pro, agrupando los valores altitudinales en clases de susceptibilidad con el fin de estandarizar la variable e integrarla al modelo de análisis multicriterio del riesgo por inundación.

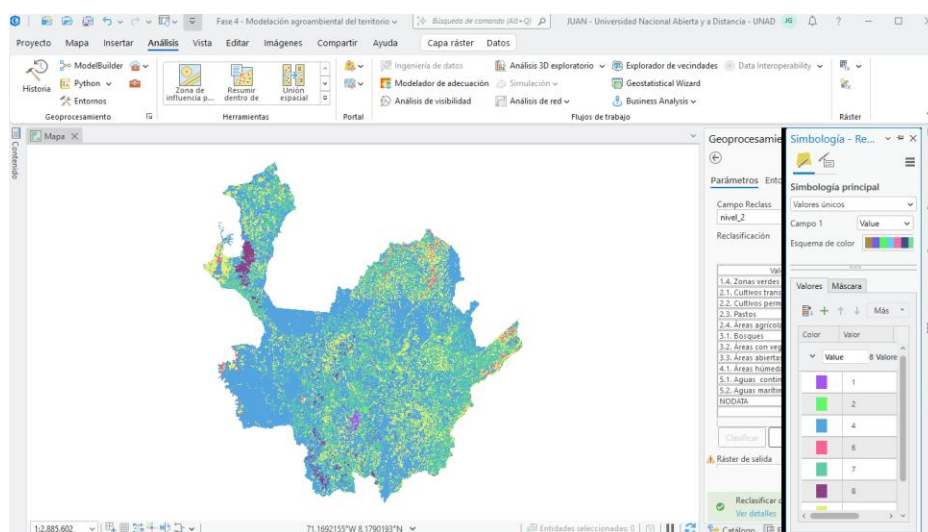
Figura 3*Modelo Digital**Nota.* Tomado de ArcGIS Pro

Distribución Espacial de las Coberturas del Suelo y Sectores Productivos en el Departamento de Antioquia

En esta fase se realizó la reclasificación y simbolización de la capa de coberturas del suelo, utilizando la clasificación Corine Land Cover, específicamente el nivel 2, mediante valores únicos en ArcGIS Pro.

Figura 4

Suelo y Sectores Productivos



Nota. Tomado de ArcGIS Pro

La información fue representada cartográficamente asignando colores diferenciados a cada categoría, lo que permitió identificar de manera clara la distribución espacial de los distintos tipos de cobertura y sectores productivos en el departamento de Antioquia.

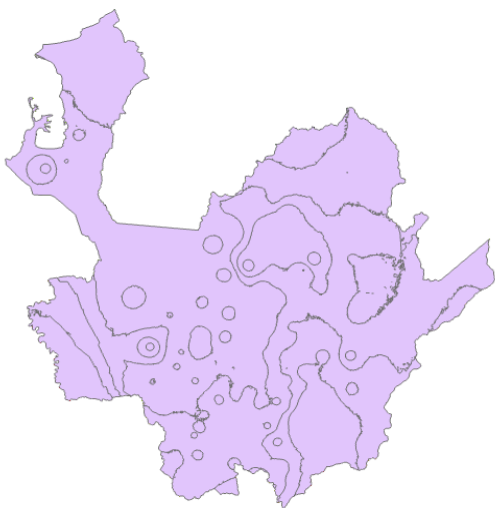
Resultados

Como parte del proceso de modelación y análisis espacial del riesgo por inundación en el departamento de Antioquia, se realizó la transformación de la capa ráster obtenida en la Fase 4 a una capa vectorial, mediante la herramienta Raster to Polygon disponible en ArcGIS Pro. Este procedimiento permitió convertir los valores continuos del ráster en polígonos diferenciados según su categoría de riesgo, garantizando una adecuada correspondencia entre los valores de clasificación y su representación espacial.

La conversión a formato vectorial fue fundamental para facilitar la interpretación del mapa de riesgo, ya que permitió delimitar con mayor precisión las áreas clasificadas, visualizar de forma clara los límites de cada categoría y realizar cálculos geométricos como la medición de superficies. Asimismo, el uso de polígonos facilitó la integración del mapa de riesgo con otras capas vectoriales del proyecto, fortaleciendo el análisis espacial del territorio estudiado.

Figura 5

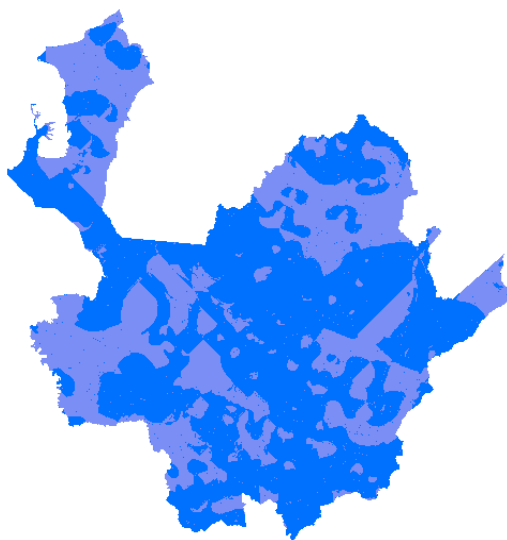
Vectores de Riesgo



Nota. Tomado de ArcGIS Pro

Figura 6

Vectores de Riesgo



Nota. Tomado de ArcGIS Pro

Análisis de Coberturas del Suelo por Polígonos

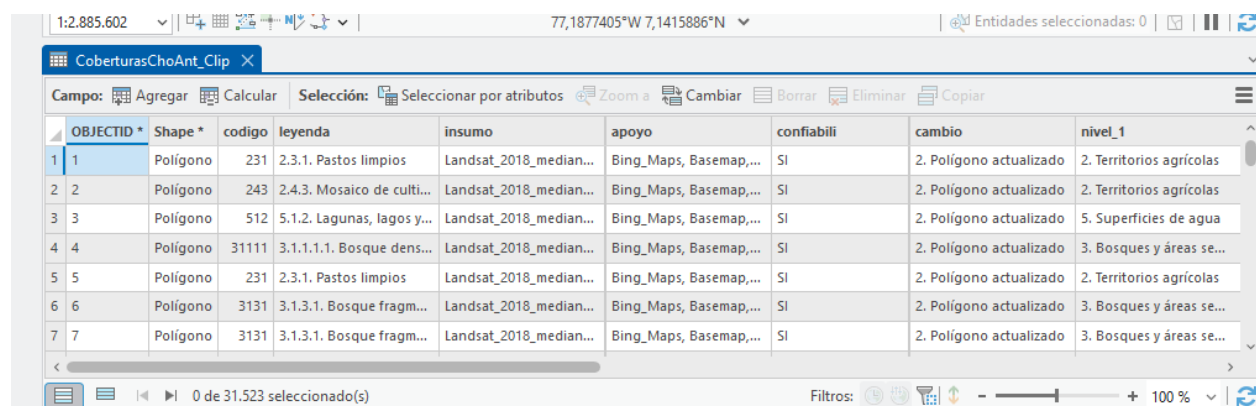
La tabla de atributos asociada a la capa *CoberturasChoAnt_Clip* constituye un insumo fundamental para el análisis territorial, dado que permite la identificación detallada de las coberturas del suelo a partir de polígonos, cada uno de los cuales representa un tipo específico de ocupación y uso del territorio dentro del departamento de Antioquia.

A través de esta tabla se logró reconocer y diferenciar los principales sectores productivos, destacándose especialmente el sector agrícola, representado por polígonos correspondientes a territorios agrícolas, pastos limpios, mosaicos de cultivos y áreas agropecuarias. De igual forma, se identificaron otros sectores relevantes como los bosques naturales y fragmentados, las superficies de agua, las áreas urbanas y las zonas de transición, lo que permitió una lectura integral de la estructura productiva y ambiental del territorio.

El análisis por polígonos facilita la asociación directa entre cada cobertura y su localización espacial, permitiendo evaluar cómo los diferentes sectores productivos se distribuyen en el territorio y cómo su ubicación puede incidir en la susceptibilidad frente al riesgo por inundación. En particular, las áreas agrícolas localizadas en zonas planas o cercanas a cuerpos de agua evidencian una mayor exposición, lo cual resulta clave para la interpretación del impacto potencial sobre la producción y los medios de vida.

Figura 7

Impacto por Categorías de Riesgo



OBJECTID *	Shape *	codigo	leyenda	insumo	apoyo	confiabili	cambio	nivel_1
1	Polígono	231	2.3.1. Pastos limpios	Landsat_2018_median...	Bing_Maps, Basemap,...	SI	2. Polígono actualizado	2. Territorios agrícolas
2	Polígono	243	2.4.3. Mosaico de culti...	Landsat_2018_median...	Bing_Maps, Basemap,...	SI	2. Polígono actualizado	2. Territorios agrícolas
3	Polígono	512	5.1.2. Lagunas, lagos y...	Landsat_2018_median...	Bing_Maps, Basemap,...	SI	2. Polígono actualizado	5. Superficies de agua
4	Polígono	31111	3.1.1.1.1. Bosque dens...	Landsat_2018_median...	Bing_Maps, Basemap,...	SI	2. Polígono actualizado	3. Bosques y áreas se...
5	Polígono	231	2.3.1. Pastos limpios	Landsat_2018_median...	Bing_Maps, Basemap,...	SI	2. Polígono actualizado	2. Territorios agrícolas
6	Polígono	3131	3.1.3.1. Bosque fragm...	Landsat_2018_median...	Bing_Maps, Basemap,...	SI	2. Polígono actualizado	3. Bosques y áreas se...
7	Polígono	3131	3.1.3.1. Bosque fragm...	Landsat_2018_median...	Bing_Maps, Basemap,...	SI	2. Polígono actualizado	3. Bosques y áreas se...

Nota. Tomado de ArcGIS Pro

En este sentido, la información contenida en la tabla de atributos no solo respalda la representación cartográfica, sino que se consolida como una herramienta analítica esencial para la toma de decisiones, al permitir cruzar las coberturas del suelo con las categorías de riesgo, fortaleciendo el análisis del impacto del riesgo por inundación sobre los sectores productivos del departamento.

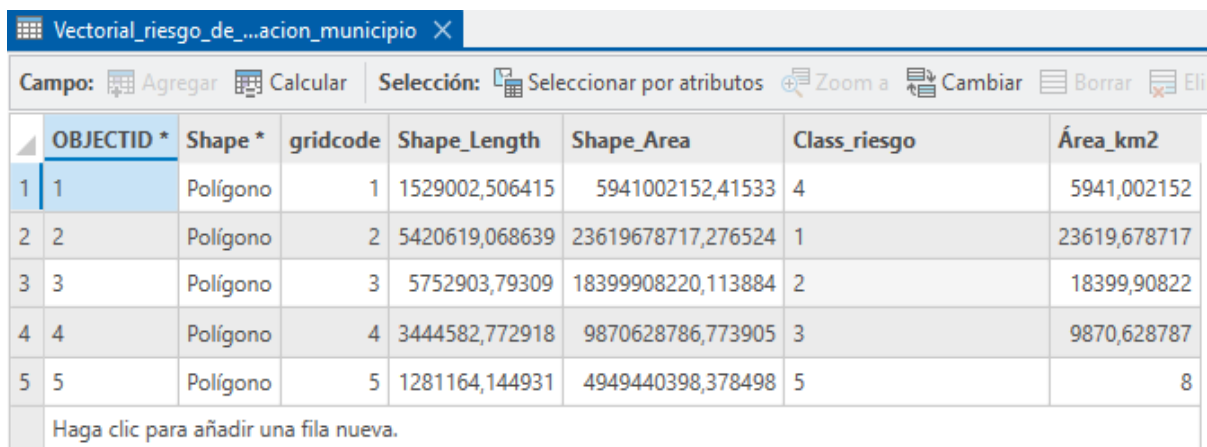
Cálculo de Áreas por Categoría de Riesgo

Una vez obtenida la capa vectorial, se realizó el cálculo de geometría en la columna “Área”, determinando la superficie correspondiente a cada categoría de riesgo en unidades de

kilómetros cuadrados (km²). Este procedimiento permitió cuantificar la extensión real de cada nivel de riesgo y aportar información clave para la interpretación de los resultados.

Figura 8

Tabla de Atributos Vectorial



OBJECTID *	Shape *	gridcode	Shape_Length	Shape_Area	Class_riesgo	Área_km2
1	Polígono	1	1529002,506415	5941002152,41533	4	5941,002152
2	Polígono	2	5420619,068639	23619678717,276524	1	23619,678717
3	Polígono	3	5752903,79309	18399908220,113884	2	18399,90822
4	Polígono	4	3444582,772918	9870628786,773905	3	9870,628787
5	Polígono	5	1281164,144931	4949440398,378498	5	8

Nota. Tomado de ArcGIS Pro

Los resultados del cálculo del área por categoría de riesgo permiten identificar diferencias claras en la distribución espacial del peligro de inundación para el departamento. La mayor extensión corresponde al riesgo muy bajo (23619 km²) y al riesgo bajo (18399 km²), lo que indica que gran parte del territorio se encuentra en zonas altas o con buen drenaje natural. Sin embargo, esto no implica ausencia total de amenaza, sino que la probabilidad de inundación es reducida, tal como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 2

Categoría de Riesgo de Acuerdo al Área.

Categoría de riesgo	Área (km ²)
Muy bajo	23.619

Categoría de riesgo	Área (km ²)
Bajo	18.399
Medio	9.870
Alto	5.941
Muy alto	8

Nota. La tabla representa las categorías de riesgo de acuerdo al área del departamento de Antioquia a través de Argis.Pro

En contraste, las áreas categorizadas como riesgo medio (9870 km²) representan zonas de transición entre las partes altas y bajas, muchas veces asociadas a subcuencas, depresiones locales o zonas agrícolas vulnerables a crecientes súbitas.

Las áreas clasificadas como riesgo alto (5941 km²) coinciden con zonas próximas a ríos principales, planicies de inundación y terrenos con poca pendiente. Estas áreas son críticas, pues históricamente en municipios del Bajo Cauca, Urabá y Magdalena Medio se han registrado eventos frecuentes de inundación que afectan viviendas, vías terciarias, cultivos y ganado.

Finalmente, se destaca que el riesgo muy alto corresponde a una superficie muy reducida (8 km²), lo cual indica sitios altamente específicos donde la amenaza es extrema, posiblemente asociados a riberas, humedales o zonas con antecedentes de desbordamientos severos.

Comparando estos datos con los registros históricos, se observa coherencia entre las zonas de mayor riesgo y los eventos reportados por la UNGRD, especialmente en los municipios cercanos al río Cauca y a la región del Urabá, donde las inundaciones han generado daños a

comunidades rurales, pérdida de cultivos, afectación de animales de producción y deterioro de infraestructura vial.

La mayor extensión del territorio corresponde a las categorías de riesgo muy bajo y bajo, lo que indica que gran parte del departamento se encuentra en zonas elevadas o con condiciones de drenaje natural favorables. Sin embargo, estas áreas no implican una ausencia total de amenaza, sino una menor probabilidad de ocurrencia de inundaciones.

Las áreas clasificadas como riesgo medio representan zonas de transición entre sectores altos y bajos, generalmente asociadas a subcuencas, depresiones locales o áreas agrícolas vulnerables a crecientes súbitas. Por su parte, las zonas de riesgo alto coinciden con planicies de inundación, terrenos de baja pendiente y áreas cercanas a ríos principales, particularmente en subregiones como el Bajo Cauca, Urabá y el Magdalena Medio, donde históricamente se han registrado eventos recurrentes de inundación que afectan viviendas, vías terciarias, cultivos y ganado.

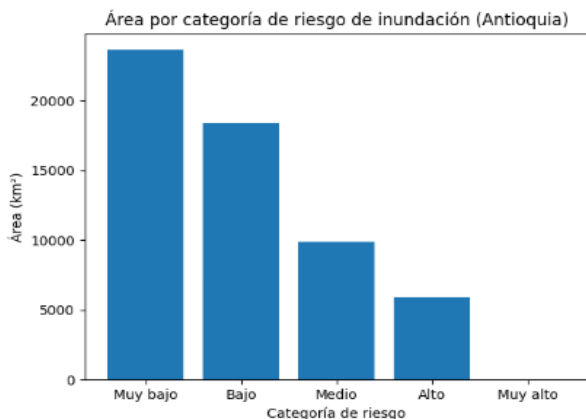
El riesgo muy alto, aunque corresponde a una superficie reducida, identifica áreas altamente específicas donde la amenaza es extrema, posiblemente asociadas a riberas activas, humedales y zonas con antecedentes de desbordamientos severos.

Ahora bien, el análisis permite establecer la siguiente gráfica de barras donde se evidencia que las categorías de riesgo muy bajo y bajo concentran la mayor extensión territorial del departamento, lo que confirma que gran parte de Antioquia presenta condiciones topográficas favorables para el drenaje natural. Sin embargo, la presencia de áreas clasificadas como riesgo medio y alto, con extensiones significativas, indica la existencia de zonas vulnerables donde la ocurrencia de inundaciones puede generar impactos relevantes.

Por su parte, la gráfica de distribución porcentual muestra que, aunque el riesgo muy alto representa una proporción mínima del territorio, estas áreas corresponden a sectores altamente críticos debido a su localización en planicies inundables, riberas y zonas con antecedentes de desbordamientos severos. En este sentido, las gráficas complementan el análisis cartográfico al permitir una interpretación cuantitativa del riesgo, reforzando la importancia de priorizar acciones de gestión del riesgo en las zonas clasificadas como alto y muy alto.

Figura 9

Área por Categoría de Riesgo



Nota. Se realiza una grafica que representa que en la categoría muy bajo presenta una mayor incidencia en el departamento de Antioquia de acuerdo a su área. Tomado del análisis realizado a través del aplicativo ArcGIS. Pro.

En términos de impacto, las áreas de riesgo alto y muy alto representan una amenaza directa para:

- Comunidades rurales y asentamientos ribereños, por la posibilidad de pérdida de viviendas.

- Sistemas agropecuarios, especialmente la ganadería y cultivos de arroz, plátano y yuca.
- Ecosistemas estratégicos, como humedales, rondas hídricas y bosques aluviales.
- Infraestructura vial, que suele ser afectada por erosión e inundaciones temporales.

Reclasificación e Interpretación del Riesgo por Inundación

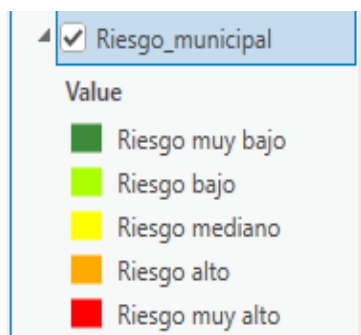
El análisis del riesgo por inundación permitió identificar y caracterizar las zonas más vulnerables del territorio a partir de una clasificación cualitativa representada mediante una escala de valores de 1 a 5 (muy bajo a muy alto), reforzada con una simbología cromática que facilitó la lectura e interpretación del mapa. Esta representación evidenció contrastes marcados entre áreas bajas y planas, asociadas a cuerpos de agua y zonas de acumulación hídrica, y sectores más elevados donde el riesgo disminuye considerablemente.

La conversión del ráster a polígonos permitió obtener límites precisos para cada categoría de riesgo y realizar cálculos geométricos confiables. Los resultados muestran coherencia entre las zonas clasificadas con riesgo alto y muy alto y los sectores donde históricamente se han presentado desbordamientos, procesos de erosión lateral y saturación de suelos, lo que coincide con registros documentados de eventos de inundación en el departamento. Estas áreas representan una amenaza potencial tanto para viviendas cercanas a cauces activos como para infraestructura vial, sistemas agropecuarios y ecosistemas estratégicos asociados a humedales y franjas de protección hídrica.

En este sentido, el mapa final de riesgo por inundación constituye un insumo fundamental para la gestión del riesgo, ya que ofrece una representación clara y precisa de las áreas críticas del territorio y aporta información relevante para la toma de decisiones orientadas a la prevención y mitigación de futuros eventos.

Figura 10

Área por Categoría de Riesgo



Nota. Tomado de ArcGIS Pro

Distribución Espacial del Riesgo por Inundación en Antioquia

El mapa de riesgo por inundación del departamento de Antioquia evidencia una distribución espacial diferenciada del peligro. Las zonas clasificadas como riesgo alto y muy alto se concentran principalmente en áreas centrales, suroccidentales y en algunos sectores del oriente del departamento, coincidiendo con valles, cercanías a ríos principales y zonas de pendientes suaves que favorecen la acumulación de agua.

Por el contrario, las áreas de riesgo bajo y muy bajo se localizan en zonas montañosas y de mayor altitud, donde el drenaje natural es más eficiente y la presión sobre los cuerpos de agua es menor. La comparación visual del mapa con antecedentes históricos muestra coherencia con eventos registrados en municipios como Caucasia, Tarazá, Nechí, Apartadó y Turbo, territorios que han sido recurrentemente afectados por inundaciones según reportes de la UNGRD y fuentes oficiales.

Impacto Potencial Según la Categoría de Riesgo

El impacto potencial varía de acuerdo con el nivel de riesgo identificado, desde afectaciones mínimas en zonas con condiciones naturales favorables, hasta escenarios de alta vulnerabilidad con consecuencias severas y recurrentes, que comprometen la infraestructura, las actividades productivas y la seguridad de la población. La Tabla 6 presenta una síntesis interpretativa del impacto potencial asociado a cada categoría de riesgo, constituyéndose en un insumo clave para la toma de decisiones en la planificación territorial, la gestión del riesgo y la formulación de medidas de prevención y mitigación frente a eventos de inundación.

Tabla 3

Impacto Según el Riesgo

Categoría de riesgo	Interpretación	Impacto potencial
Muy bajo	Zonas altas y montañosas con buen drenaje	Baja probabilidad de inundación
Bajo	Áreas ligeramente onduladas	Afectaciones menores y esporádicas
Medio	Zonas de transición	Impacto moderado en vías rurales, cultivos y viviendas dispersas
Alto	Áreas cercanas a ríos y terrenos planos	Daños frecuentes a viviendas, puentes y agricultura
Muy alto	Valles y planicies inundables	Afectación severa y recurrente, riesgo para la vida humana

Riesgo de Inundación Departamento de Antioquia

El mapa de riesgo por inundación del departamento de Antioquia evidencia una distribución espacial diferenciada del peligro, donde las zonas de riesgo muy alto y alto (rojo y naranja) se concentran principalmente en las áreas centrales, suroccidentales y algunos sectores del oriente del territorio. Estas regiones coinciden con zonas de valle, cercanía a ríos principales y áreas con mayor presencia de pendientes suaves que facilitan la acumulación de agua. De acuerdo con el comportamiento hidrológico del departamento, estas áreas resultan críticas por su susceptibilidad a inundaciones repentinas y desbordamientos de ríos.

Por el contrario, las zonas clasificadas como riesgo bajo y muy bajo (verde claro y oscuro) se localizan en áreas más elevadas y montañosas, donde el drenaje natural es más eficiente y la presión sobre los cuerpos de agua es menor.

La comparación visual con evidencia histórica muestra coherencia con eventos registrados en municipios como Caucasia, Tarazá, Nechí, Apartadó, Turbo y La Mojana antioqueña, territorios recurrentemente afectados por inundaciones según reportes de la UNGRD y medios locales. Asimismo, en el suroeste antioqueño se han documentado inundaciones asociadas a crecientes súbitas, lo cual coincide con zonas clasificadas como riesgo medio y alto en el mapa.

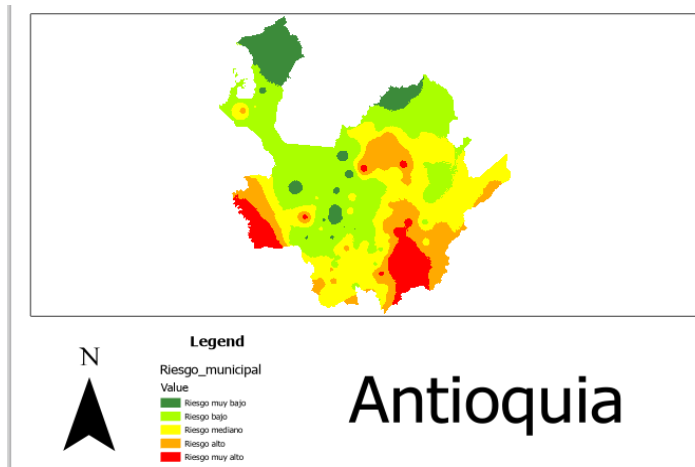
En términos de impacto, las áreas críticas pueden afectar directamente a comunidades rurales, infraestructuras viales, sistemas agropecuarios especialmente ganadería y cultivos de ciclo corto y ecosistemas estratégicos como humedales y rondas hídricas, lo que refuerza la necesidad de implementar medidas de gestión del riesgo.

Las inundaciones en Antioquia son el resultado de la interacción entre factores climáticos, geográficos y antrópicos que incrementan la vulnerabilidad del territorio. La región

presenta altos niveles de pluviosidad y una topografía variada que combina montañas, valles y planicies, lo que facilita tanto las crecientes súbitas como los desbordamientos graduales de los principales ríos, entre ellos el Cauca, el Magdalena, el Atrato y sus múltiples afluentes. A esto se suma la saturación de los suelos, la deforestación, la minería, la ocupación de rondas hídricas y la insuficiencia de sistemas de drenaje en zonas urbanas, factores que agravan la magnitud y frecuencia de los eventos de inundación. Fenómenos climáticos como La Niña y el cambio climático intensifican las lluvias y modifican los patrones hidrológicos, aumentando el riesgo para comunidades, ecosistemas e infraestructuras. En conjunto, estos elementos explican la distribución de las zonas de amenaza identificadas en los mapas generados con ArcGIS Pro y permiten comprender la dinámica del riesgo en el departamento.

Figura 11

Mapa de Inundación



Nota. Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Factores que Influyen en las Inundaciones en Antioquia

Las inundaciones en el departamento de Antioquia están determinadas por la interacción de factores climáticos, físicos y antrópicos que condicionan la dinámica hídrica del territorio.

Entre los factores climáticos se destaca la alta variabilidad de las precipitaciones, intensificada durante los eventos asociados al fenómeno de La Niña, los cuales generan lluvias prolongadas e intensas que superan la capacidad de infiltración de los suelos y el almacenamiento natural de los cauces hídricos. Estas condiciones incrementan el caudal de ríos y quebradas, favoreciendo desbordamientos e inundaciones en zonas bajas.

Desde el punto de vista físico-ambiental, la topografía del departamento cumple un papel determinante. Antioquia presenta una configuración compleja, con zonas montañosas, valles interandinos y planicies aluviales asociadas a ríos como el Cauca, el Magdalena y el Atrato. Las áreas con pendientes suaves y baja elevación, identificadas en el análisis SIG a partir del modelo digital de elevación (MDE), presentan mayor susceptibilidad a la acumulación de agua, lo que se refleja en los niveles de riesgo alto y muy alto del mapa de inundación. En contraste, las zonas de mayor pendiente y altitud tienden a presentar un riesgo menor debido a un drenaje natural más eficiente.

Los factores antrópicos también inciden significativamente en la ocurrencia de inundaciones. La deforestación, la expansión de la frontera agrícola, la minería y la ocupación de rondas hídricas reducen la cobertura vegetal y alteran el comportamiento natural del suelo, disminuyendo la infiltración y aumentando el escurrimiento superficial. Estas dinámicas, combinadas con la falta de planificación territorial y el inadecuado manejo de cuencas hidrográficas, incrementan la vulnerabilidad de comunidades rurales, sistemas productivos e infraestructura localizada en zonas inundables.

Adicionalmente, la modificación de los cauces naturales y la insuficiencia de sistemas de drenaje en áreas urbanas y rurales contribuyen a la recurrencia de eventos de inundación. El análisis espacial realizado mediante Sistemas de Información Geográfica permitió evidenciar que

las áreas clasificadas con mayor riesgo coinciden con sectores intervenidos y con antecedentes históricos de afectación, lo que valida la importancia de integrar criterios ambientales y técnicos en los procesos de ordenamiento agroambiental del territorio.

Finalmente, el cambio climático actúa como un factor transversal que intensifica los eventos hidrometeorológicos extremos, alterando los patrones de precipitación y aumentando la frecuencia de inundaciones. En este contexto, la identificación de los factores que influyen en las inundaciones resulta fundamental para la formulación de estrategias de prevención, mitigación y adaptación, orientadas a reducir el riesgo y promover un uso sostenible del suelo en el departamento de Antioquia.

Conclusiones

El análisis del riesgo por inundación en el departamento de Antioquia permitió identificar con precisión la distribución de las áreas más vulnerables, evidenciando que la combinación entre las características topográficas, la fuerte presencia hídrica y las dinámicas antrópicas del territorio genera escenarios críticos de amenaza. A través de la modelación espacial en ArcGIS Pro, fue posible delimitar zonas de riesgo muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, demostrando que aunque gran parte del departamento se encuentra en condiciones favorables para el drenaje natural, existen sectores específicos donde la amenaza es significativamente elevada, especialmente en valles, planicies inundables y áreas cercanas a ríos principales como el Cauca, el Atrato y el Magdalena.

Los resultados obtenidos son coherentes con los antecedentes históricos de inundaciones registrados en municipios como Caucasia, Nechí, Tarazá, Turbo y Salgar, donde se han presentado afectaciones recurrentes asociadas a desbordamientos, crecientes súbitas, erosión y saturación del suelo. Esto confirma que las zonas identificadas con riesgo alto y muy alto representan una amenaza directa para comunidades rurales, infraestructura vial, sistemas productivos y ecosistemas estratégicos.

Asimismo, el uso de herramientas SIG facilitó no solo la representación espacial del riesgo, sino también la cuantificación de las superficies afectadas, lo que aporta un insumo técnico fundamental para la gestión del riesgo, la planificación territorial y la toma de decisiones informadas. El estudio evidencia la necesidad de fortalecer las medidas preventivas, ordenar las rondas hídricas, mejorar los sistemas de drenaje y promover prácticas sostenibles de uso del suelo, especialmente en las áreas más expuestas.

En conclusión, el análisis confirma que Antioquia es un territorio altamente dinámico y vulnerable frente a las inundaciones, por lo que el uso de información geográfica y la articulación interinstitucional son elementos indispensables para reducir impactos, proteger vidas humanas y garantizar la sostenibilidad de los sistemas ecológicos y productivos del departamento.

Recomendaciones

Promover sistemas agroforestales en zonas de alta susceptibilidad, integrando especies forestales nativas con cultivos agrícolas para mejorar la infiltración del agua, estabilizar suelos y reducir el escurrimiento superficial que incrementa el riesgo de inundaciones.

Fomentar la restauración ecológica de rondas hídricas y bosques riparios, priorizando especies adaptadas a zonas húmedas que permitan recuperar la capacidad de regulación hídrica de estas áreas y disminuir la presión por ocupación antrópica.

Implementar planes de manejo de cuencas hidrográficas, orientados al uso sostenible del suelo, la conservación de coberturas vegetales y la reducción de procesos de erosión y sedimentación que disminuyen la capacidad de los cauces.

Recomendar prácticas de conservación de suelos en zonas agrícolas, como terrazas, barreras vivas, curvas a nivel y coberturas vegetales permanentes, para evitar la pérdida de suelo y la acumulación de sedimentos en los ríos, lo cual favorece desbordamientos.

Fortalecer programas de reforestación y revegetación en laderas y áreas deforestadas, especialmente en subcuencas de alto riesgo, con el fin de aumentar la retención de agua y estabilizar los flujos hídricos.

Promover la zonificación del uso del suelo basada en análisis SIG, definiendo áreas aptas para actividades agropecuarias, forestales, de conservación o de restricción, evitando asentamientos o cultivos en zonas clasificadas con riesgo alto o muy alto.

Incentivar la implementación de prácticas de ganadería sostenible, reduciendo la compactación del suelo y promoviendo sistemas silvopastoriles que aumenten la infiltración del agua y disminuyan los escurrimientos superficiales.

Recomendar el fortalecimiento de sistemas de drenaje rural y manejo de aguas lluvias, integrando zanjas de infiltración, canales vegetados y estructuras de control natural para reducir anegamientos en áreas productivas.

Sugerir la creación y mantenimiento de corredores biológicos hídricos, que permitan la conectividad ecológica y ayuden a regular la dinámica del agua en cuencas intervenidas.

Apoyar programas comunitarios de educación ambiental, orientados a la comprensión de los riesgos de ocupar rondas hídricas, la importancia de conservar la cobertura vegetal y el papel de los sistemas agroforestales en la mitigación de inundaciones.

Referencias bibliográficas

- Agencia EFE. (2015, 19 de mayo). *Sube a 62 la cifra de muertos por avalancha en Salgar, Antioquia*. W Radio. <https://www.wradio.com.co>
- ArcGIS StoryMaps. (s.f.). *Riesgo por inundación en Antioquia* [StoryMap].
<https://storymaps.arcgis.com/stories/1e8e0c97dab8498f952a6c7009290b87>
- Caracol Radio. (2015, 25 de mayo). *Antioquia es el departamento del país con más víctimas por desastres de origen natural entre los años 2006 y 2014*. <https://caracol.com.co>
- Cardona, V. J., Aristizábal, E., Jiménez, J. F., & col. (2019). *Meteorological conditions leading to the 2015 Salgar flash flood: Lessons for vulnerable regions in tropical complex terrain*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 19, 2635–2665.
<https://nhess.copernicus.org/articles/19/2635/2019/>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) & Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD). (2015). *3.181 muertos y 12,3 millones de afectados: Las cifras de desastres naturales entre 2006 y 2014*. <https://www.dnp.gov.co>
- El Colombiano. (2015, 24 de mayo). *Antioquia carga con el mayor número de víctimas*.
<https://www.elcolombiano.com>
- El Colombiano. (2025, 11 de abril). *Derrumbes e inundaciones por lluvias tienen sitiados a 15 municipios de Antioquia*. <https://www.elcolombiano.com>
- El Espectador. (2015, 19 de mayo). *Al menos 62 muertos deja avalancha en Salgar, Antioquia*.
<https://www.elespectador.com>
- Infobae. (2025, 17 de junio). *Antioquia en alerta: 48 municipios afectados y más de 10.000 damnificados tras intensas lluvias del fin de semana*. <https://www.infobae.com>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (s.f.). *Colombia en Mapas: Portal de información geoespacial*. <https://www.colombiaenmapas.gov.co>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). *Boletín de alertas hidrológicas*. <https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/boletines/Bolet%C3%ADn-de-Alertas-Hidrol%C3%B3gicas-%28BAH%29>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (s.f.). IDEAM. <https://www.ideam.gov.co>

Noticias RCN. (2015, 19 de mayo). *Asciende a 78 el número de víctimas mortales por la avalancha en Salgar (Antioquia)*. <https://www.noticiasrcn.com>

ReliefWeb. (2022). Colombia floods and landslides – UNGRD, Dagrañ, IDEAM report. <https://reliefweb.int/report/colombia/colombia-floods-and-landslides-ungrd-dagrañ-antioquia-ideam-media-echo-daily-flash-2>