

Análisis cartográfico de riesgos asociados a inundación, presentes en el municipio de Frontino, departamento de Antioquia Colombia

Autores:

César Augusto Galvis Galvis; cagalvisga@unadvirtual.edu.co

Duván Alberto Gaviria López; dagavirial@unadvirtual.edu.co

Jimmy Roberto Gómez Escobar; jrgomez@unadvirtual.edu.co

Juan Camilo Cardona Salgado; jccardonas@unadvirtual.edu.co

María Alejandra Marín Piedrahita; mamarinpi@unadvirtual.edu.co

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

Resumen

El presente estudio se centra en la identificación, análisis y representación espacial de las zonas de riesgo por inundación en el municipio de Frontino, Antioquia (Colombia), con el objetivo de dar uso a herramientas útiles para la gestión del riesgo y la planificación territorial. Para ello, se implementaron metodologías geoespaciales por medio de ArcGIS mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG), integrando diferentes capas geoespaciales y la conversión de datos ráster a formatos vectoriales. Se analizaron variables hidrológicas, topográficas y de uso del suelo que inciden directamente en la susceptibilidad a inundaciones. Se tomó como referencia de precipitaciones el mes de abril, en donde ocurre la mayor cantidad de estas. Con base en estos insumos, se delimitaron las áreas afectadas y se clasificaron los niveles de riesgo utilizando una escala cualitativa (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), lo cual permitió generar mapas de riesgo detallados. Los resultados obtenidos durante el desarrollo de la investigación han permitido levantar alertas e identificar cada uno de los cauces en los que interfieren las fuentes hídricas que atraviesan el municipio de Frontino, en donde las principales fuentes como el río Murrí y el río la Herradura presentan una zona inundable considerable, llegando a poner en riesgos alto y muy alto al 78.8% del municipio.

***Palabras clave:** análisis, capas, SIG, ráster, riesgo de inundación.*

Abstrac

This study focuses on the identification, analysis, and spatial representation of flood-risk zones in the municipality of Frontino, Antioquia (Colombia), with the aim of providing useful tools for risk management and territorial planning. To this end, geospatial methodologies were implemented using ArcGIS, integrating different geospatial layers, and converting raster data to vector formats. Hydrological, topographic, and land-use variables that directly influence flood susceptibility were analyzed. The month of April was used as a reference for rainfall, when the greatest amount of flooding occurs. Based on these inputs, the affected areas were delimited, and

risk levels were classified using a qualitative scale (very low, low, medium, high, and very high), which allowed for the generation of detailed risk maps. The results obtained during the investigation have allowed for the issuance of alerts and the identification of each of the channels affected by the water sources that flow through the municipality of Frontino. The main sources, such as the Murrí River and the La Herradura River, present a considerable flood zone, putting 78.8% of the municipality at high and very high risk.

Keywords: *analysis, flood risk, GIS, layers, raster,*

Introducción

La necesidad de tener información agroambiental de un territorio va más allá de la simple regulación normativa; identificar las condiciones agroambientales se vuelve determinante en el momento de tomar decisiones respecto al uso del suelo, la planificación territorial y agropecuaria, la gestión sostenible de los recursos, las variables de riesgos y muchos factores más.

El departamento de Antioquia es una región muy diversa respecto a características topográficas, geológicas, geomorfológicas, hidrológicas y climáticas, lo cual aumenta la vulnerabilidad y el riesgo ante los desastres naturales. Entre 1894-2014 se presentaron en el departamento 1.041 inundaciones, con un porcentaje de ocurrencia del 21,47%; 47 de estas inundaciones se presentaron en la región del occidente Antioqueño. (DAPARD, 2015). Sumado a esto, la región presenta un riesgo medio por inundación, lo que supone la debida atención a los diferentes municipios que presenten mayor vulnerabilidad, debido a que estos eventos han tenido un impacto fuerte, causando pérdidas de vidas humanas, y también afectaciones graves en el sector agropecuario, y zonas de reservas.

El desarrollo de este trabajo presenta el estudio de identificación de riesgo para el municipio de Frontino, teniendo en cuenta las siguientes variables: precipitación, elevaciones y coberturas de tierra; los datos se obtuvieron mediante el procesamiento de datos vectoriales y ráster, la aplicación de análisis multicriterio y la generación de productos cartográficos temáticos en ArcGIS pro.

De acuerdo con el DAPARD (2017), en el municipio no se hace seguimiento ni registro a los niveles promedios de los ríos, con el aumento de las lluvias las personas que habitan cerca a los cuerpos de agua permanecen alerta ante cualquier eventualidad. Sin embargo, no hay una medición específica para tomar decisiones de prevención y control. El desarrollo de este trabajo permite estimar las zonas de mayor riesgo y en su ejercicio práctico la implementación de una alerta temprana y con ella, acciones para la reducción de la vulnerabilidad y la preparación ante cualquier evento de riesgo. “Al profundizar nuestro conocimiento y comprensión de los riesgos de inundación, podemos desarrollar estrategias eficaces para minimizar su impacto.” (Efraimidou, E. et. al.2024).

Objetivos

General

Realizar análisis riesgo de inundación implementando Sistema Información Geográfico (SIG) en el ordenamiento agroambiental para el municipio de Frontino, departamento de Antioquia.

Específicos

- Construir productos cartográficos que faciliten la toma de decisiones por parte de las autoridades locales y actores del sector agroambiental.
- Determinar mediante mapeo de las zonas de alto riesgo provocadas por inundación como método de prevención a desastres.
- Identificar las zonas del municipio con mayor susceptibilidad a ser impactadas en caso de eventos de inundación.

Identificación Del Caso De Estudio

El municipio de Frontino está situado sobre la cordillera Occidental sobre la vertiente del Río Atrato, hacia la parte occidental del departamento de Antioquia y al noroeste de Colombia (Ver figura 1); el municipio está enmarcado dentro de la cuenca del Río sucio, conformado por los ríos la Herradura y Cañasgordas, es el accidente geográfico que caracteriza la región. Limita por el occidente con el municipio de Murindó, por el Oriente con el municipio de Cañasgordas, por el Norte con los municipios de Dabeiba y Uramita y por el Sur con Urrao y Abriaquí, a lo largo del cañón de esta cuenca hidrográfica se encuentra la carretera al mar que comunica la capital del departamento con la región de Urabá.

Figura 1:

Mapa de Antioquia



Fuente. Gobernación de Antioquia (2025)

La cabecera municipal está ubicada a 1350 metros sobre el nivel del mar, su elevación más alta es de 4080 metros en el páramo de Frontino, y la más baja de 40 metros en el suroccidente del municipio en límites con Vigía del Fuerte, la temperatura oscila entre los 12 y 31° C; posee un clima templado, sus precipitaciones anuales están en un rango de 2850 y 3943 mm y con una altitud promedio de 1350 msnm, la temperatura promedio es de 21 °C, su economía se basa en la agricultura, la ganadería integral y la minería. Es un municipio privilegiado en términos de biodiversidad, cuenta con reservas naturales y protegidas de importancia biológica además del Parque Nacional Natural Las Orquídeas. (Municipio de Frontino secretaria de Gobierno y Servicios Administrativos, 2020)

Frontino está rodeado por dos ríos principales que recogen todas las aguas del territorio, río Herradura o Sucio y el río Murrí. El río la Herradura nace en el municipio de Abriaquí, en el alto del Junco; corre de sur a norte y marca el límite con los municipios de Cañasgordas y Dabeiba. En el municipio recibe los siguientes afluentes: Quebrada la Pontona, quebrada la Honda, Río Frontino, río Nobogá, y Rioverde, los cuales a su vez antes de llegar al río principal han recibido las aguas de otros afluentes de menor rango.

El río Murrí nace en el Parque Nacional Natural las Orquídeas, es un río de gran importancia hidrográfica para el departamento y es un afluente del Atrato. Recibe dos ríos muy abundantes, Chaquenodá, y Curbatá, y a la vez, antes de su desembocadura han recogido otros afluentes importantes.

El desarrollo de este análisis multicriterio permite determinar el riesgo de inundación, se realizó con los datos de precipitación del mes de abril, del municipio de Frontino, mes

reconocido dentro de la época lluviosa del municipio, “La estación lluviosa empieza generalmente a mediados de marzo y dura hasta junio; vuelve a fines de septiembre y se prolonga hasta mediados de diciembre” Elejalde (2003). Sin embargo, la variabilidad y el cambio climático han hecho que los períodos de lluvia o sequía sean más extensos, lo que supone en aumento de riesgo de inundación en el municipio.

Metodología

Los sistemas de información geográfica (SIG) son fundamentales para la elaboración de mapas en los cuales se requiere identificar áreas o coberturas espaciales, siendo muy útiles, eficaces y de precisión. Lithmee, (2019), describe un (SIG) como “una herramienta informática o una tecnología para gestionar, analizar y mostrar información geográficamente referenciada”. El desarrollo de este estudio se realiza con el uso de manera conjunta y aplicable de las herramientas de un SIG, enfocado en reconocer las zonas más vulnerables, identificar riesgo y crear planes de mitigación, en el área de estudio con la población involucrada, en el contexto de riesgo de inundación “Los sistemas y análisis espaciales brindan la posibilidad de describir información geométrica en espacio de un objeto con relación a otros elementos”. (Howari & Ghrefat, 2021).

La implementación de este estudio se hizo a través de un análisis multicriterio, el cual brinda la posibilidad de realizar diversas evaluaciones para tomar decisiones de manera asertiva. En consideración con la afirmación hecha por Grajales, Q. et. al. (2013): “La evaluación multicriterio permite implementar soluciones-compromiso, con sentido de equidad, consenso y participación”

Tabla 1:

Diagrama de flujo



Fuente. Autoría propia, 2025.

“Los SIG utilizan, entre otras fuentes de datos, bases de datos espaciales que permiten a los usuarios acceder a información actualizada sin necesidad de tener archivos espaciales físicamente, y minimizar la posibilidad de errores en el manejo de la información” (Nur et al., 2018); de acuerdo con esto, se utilizan bases de datos ráster para realizar un análisis adecuado y preciso, los cuales fueron suministrados por el director del curso Yeffersson Serrato (2025), además del paso a paso para la aplicación de análisis multicriterio y su interpretación.

“El riesgo asociado a las inundaciones se define como la combinación de tres elementos: amenaza, exposición y vulnerabilidad” (Paranunzio et al., 2022). El primer paso para efectuar el análisis multicriterio consiste en el alistamiento de datos que permita considerar los diferentes factores de riesgo, para este estudio se usaron datos topográficos (elevaciones), climáticos (precipitaciones) y ambientales (usos del suelo). El nivel de pendientes (Ver figura 2); muestra las inclinaciones del municipio, en unos rangos de 116 a 3459 metros, se tiene presente que, en las zonas de pendientes más bajas, hay mayor acumulación de agua y por lo tanto mayor riesgo de inundación. Los datos de precipitación usados corresponden el mes de abril del año 2024, la cual estuvo entre 127 milímetros la más baja y 360 milímetros la más alta, lo cual puede evidenciarse en la Figura 3, cómo archivo de imagen rasterizado (TIF), que se utiliza para almacenar información de imágenes y gráficos. Respecto a los usos del suelo, la figura 4 muestra que un porcentaje importante de área del municipio está cubierto por bosques, áreas agrícolas o pastos. La información de estos datos se analiza sobre la capa modelo de elevación digital (DEM), el cual muestra la superficie del área para el municipio de Frontino, (Ver figura 5).

Figura 2: Pendientes Frontino



Fuente. Autoría propia, 2025.

En la Figura 2 se muestran las pendientes del municipio de Frontino, Antioquia, donde cada línea representa un nivel de altitud distinto, lo que permite observar con mayor detalle las variaciones en el relieve de la zona.

Figura 3:

Precipitación municipio de Frontino

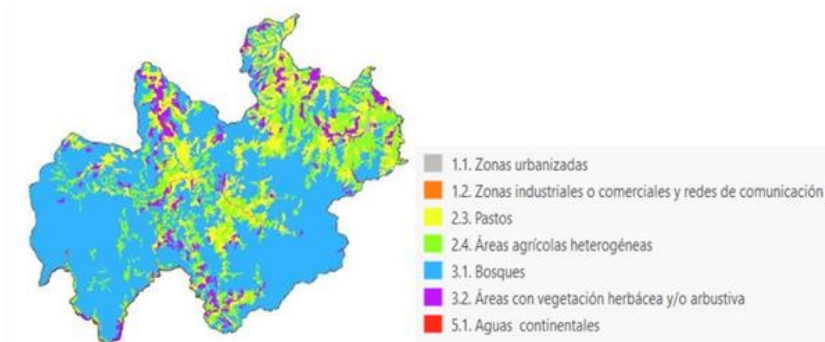


Fuente. Autoría propia, 2025.

En el mapa representado en Figura 3, se demuestran como han sido las incidencias de lluvia sobre el municipio de Frontino Antioquia durante el mes de abril, teniendo mayor incidencia en el área norte del municipio.

Figura 4:

Cobertura y uso del suelo Frontino

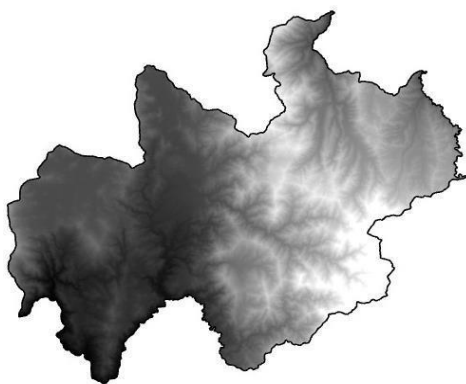


Fuente. Autoría propia, 2025.

Como se representa en Figura 4, el municipio cuenta con una gran cantidad de coberturas y divisiones, donde hay mayor incidencia de bosques y áreas agrícolas heterogéneas, lo que demuestra la conservación natural del municipio.

Figura 5:

Modelo de elevación digital (DEM)



Fuente. Autoría propia, 2025.

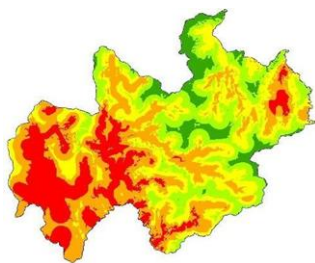
La Figura 5 representa el Modelo de elevación digital (DEM), obtenido en el aplicativo ArcGIS, luego de realizar diferentes procesos ráster de combinación de capas.

A partir de lo anterior, y con el apoyo de la herramienta digital ArcGIS Pro, el SIG de escritorio de nueva generación de ESRI, se llevó a cabo un análisis del municipio seleccionado por el grupo colaborativo. “Gracias a los avances tecnológicos rápidos de ArcGIS Pro, los abrumadores problemas espaciales son fáciles de resolver”. (Where, 2021). “El geoprocésamiento proporciona un amplio conjunto de herramientas para realizar tareas SIG que van desde simples zonas de influencia y superposiciones de polígonos a complejos análisis de regresión y clasificación de imágenes” (ArcMap 2021). De este modo, los datos de precipitación, elevaciones, y usos del suelo, se transforman y se clasifican a través de las

herramientas de los geoprocursos, hasta obtener un mapa de niveles de riesgos, el cual muestra de forma cualitativa las zonas de mayor riesgo, clasificadas por colores. Rojo muy alto, naranja alto, amarillo medio, verde claro bajo y verde oscuro muy bajo. Como producto de la suma ponderada se obtiene la gráfica vectorial (Ver figura 6); donde se evidencia los niveles de riesgo de inundación en el municipio de Frontino

Figura 6:

Niveles de riesgo de inundación en el municipio de Frontino.



Clasificación de Riesgo por Inundación		
Gridcode	Class_Riego_Inundación	Área Ha
1	Riesgo Muy Bajo	9883,76
2	Riesgo Bajo	26596,06
3	Riesgo Medio	34740,31
4	Riesgo Alto	41796,82
5	Riesgo Muy Alto	25162,45

Fuente. Autoría propia, 2025.

Resultados y discusión

El municipio de Frontino se encuentra en territorio tradicional del pueblo indígena (Embera Katio), (Guisao, 2024), cuenta con altitudes desde los 40 msnm en límites por el suroccidente con Vigía del Fuerte, hasta los 4080 msnm ubicados en el páramo de Frontino, esto genera que el municipio tenga dentro de su misma geografía una gran diversidad de topografía, haciéndolo beneficioso para múltiples situaciones; es importante mencionar que aunque esto sea beneficioso, en un mapa de riesgos se convierte en todo lo contrario, pues en épocas con niveles altos de precipitaciones, ponen en riesgo gran parte del territorio.

Clasificación Riesgos:

- Mayor riesgo de inundación (Riesgo Muy Alto) Área: 25162,45 Hectáreas (Ha). Estas áreas están representadas por color rojo en el mapa riesgo, y son zonas que se encuentran ubicadas en las zonas de bajas pendientes, laderas de ríos y quebradas.
- Riesgo Alto: Se evidencia la mayor área comprometida, está representada por el color naranja y abarca 41796,82 Ha, esto significa que de las 126,300 Ha que tiene municipio, el 33% presenta un riesgo alto de inundación.
- Riesgo Medio: está representada por un área de 34740,31 Ha, se evidencia riesgo Intermedio en el cual se tiene cobertura vegetal, y buena distribución de fuentes hídricas que lo hace menos vulnerable.
- Riesgo Bajo: Un área considerable se clasifica como riesgo bajo para esta ocasión 26596,06 Ha esto dado por la topografía presente en la zona y se ubican en zonas alejadas de afluentes. Menor riesgo de inundación: (Riego muy bajo) Área: 9883.76 ha. Las cuales

se representan en el mapa con color verde, estas zonas están alejadas de fuentes hídricas, en laderas, con buena cobertura forestal y drenajes estructurados. (Ver tabla 2)

Tabla 2:

Clasificación de riesgo por inundación en el municipio de Frontino.

Clasificación de Riesgo por Inundación		
Gridcode	Class_Riego_Inundación	Área_Ha
1	Riesgo Muy Bajo	9883,76
2	Riesgo Bajo	26596,06
3	Riesgo Medio	34740,31
4	Riesgo Alto	41796,82
5	Riesgo Muy Alto	25162,45

Fuente. Autoría propia, 2025.

Teniendo en cuenta la información recopilada se evidencia que el municipio presenta Riesgo Alto y Riesgo muy alto de inundación para los lugareños que están cerca a estos afluentes. Donde se pueden ver afectadas escuelas, hospitales, viviendas, carreteras, sistemas eléctricos, acueductos, puentes, se limita el tránsito y posiblemente el acceso a servicios esenciales básicos; situación que puede ser más compleja con los períodos prolongados de lluvia.

De acuerdo con Olaya, V. (2020). “Todos los elementos en el límite del área delimitada tienen el mismo valor de coste acumulado”. Haciendo referencia que toda área que es considerada con riesgo alto y muy alto de inundación tiene la misma probabilidad de ser afectada en cada uno de sus puntos demarcados.

Como lo ha demostrado Sosa Franco, et al. (2023). En su investigación, los sistemas de información geográfica son herramientas que permiten obtener una gran cantidad de información precisa, permitiendo de esta manera detectar con mayor facilidad zonas de riesgo y usos de suelo que permitan a futuro ser contrarrestadas actuando de manera oportuna.

Según (Monsiváis, 2015) “El agua representa un desafío en cuanto al desarrollo de una ciudad, desde su fundación se busca la disponibilidad de ésta; sin embargo, pocas o nulas veces se toma en cuenta la relación que tendrá el crecimiento de la ciudad respecto, no solo a la disponibilidad del agua; sino también a la distribución y comportamiento que presenta ésta en el entorno cambiante. Esto ocasiona muchas veces situaciones no esperadas como son las inundaciones urbanas.

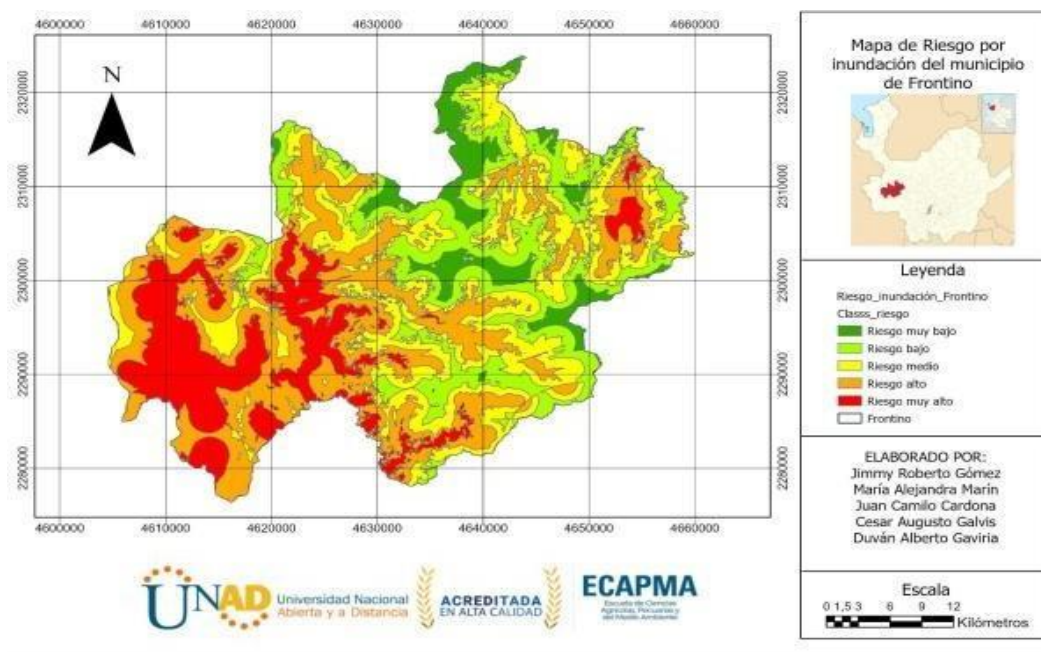
El corregimiento Valle de Murri, se encuentra en el suroccidente del municipio y representa las zonas de mayor riesgo a nivel municipal, allí el 70% del territorio está ubicado entre los 40 y 1000 msnm; con una gran riqueza hídrica, este corregimiento cuenta con más de 40 ríos, sumado a los arroyos y quebradas que atraviesan las cien mil hectáreas que posee. Dichas

condiciones geográficas e hidrológicas aumentan su vulnerabilidad de riesgo por inundación.

Como se puede apreciar en la Figura 7, se cuenta con unas zonas del municipio de Frontino Antioquia, en donde el nivel de riesgo se sostiene en alto y muy alto, acumulando entre estos dos niveles de alerta un 48.4% del área total del municipio, lo que genera inmediatamente una alarma alta a tener en cuenta para la administración municipal en cuanto a permisos de construcción y ampliación del área urbana. Si bien, el relieve del municipio ayuda a prevenir en gran escala las inundaciones, es importante tener en cuenta que las fuentes hídricas que atraviesan el municipio, en épocas de altas lluvias aumentan la probabilidad de generar borrascas y derrumbes que terminan afectando las comunidades aledañas.

Figura 7:

Mapa de riesgo por inundación del municipio de Frontino.



Fuente. Autoría Propia, 2025.

Como se evidencia la Figura 8 y Figura 9, el municipio de Frontino, Antioquia, mantiene un nivel de riesgo entre moderado y alto con respecto a inundaciones, cabe aclarar que este nivel de riesgo es generado por la gran cantidad de afluentes hídricos presentes en el municipio, el cual es rico en fuentes hídricas, en épocas de lluvia se mantiene constantemente la probabilidad de tener desbordamientos de estas, generando de esta manera borrascas que pongan en riesgo la vida humana.

Figura 8:

Distribución del Riesgo de inundación en Categorías

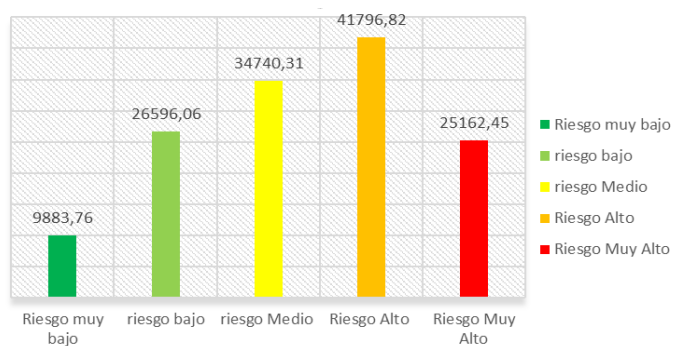


Fuente. Autoría Propia, 2025.

La Figura 8 muestra la distribución porcentual de los diferentes niveles de riesgo, representados por segmentos de colores. El riesgo alto (naranja) ocupa el 30.2%, seguido por el riesgo medio (amarillo) con el 25.1%, el riesgo bajo (verde claro) con el 19.2%, el riesgo muy alto (rojo) con el 18.2% y, finalmente, el riesgo muy bajo (verde oscuro) con el 7.2%. Esta distribución refleja cómo se agrupan los diferentes niveles de riesgo, con el riesgo alto siendo el más frecuente y el riesgo muy bajo el menos representado.

Figura 9:

Comparación de Valores según Categorías de Riesgo de inundación en el municipio de Frontino.



Fuente. Autoría Propia, 2025.

La Figura 9 es un gráfico de barras que muestra la distribución de valores en cinco categorías de riesgo: riesgo muy bajo con un valor de 9,883.76, riesgo bajo con 26,596.06, riesgo medio con 34,740.31, riesgo alto con 41,796.82, y riesgo muy alto con 25,162.45. Cada barra está representada por un color específico (verde, verde claro, amarillo, naranja y rojo, respectivamente), lo que facilita la identificación visual de cada categoría. La figura 9 destaca que el riesgo alto tiene el valor más alto, seguido por el riesgo medio, mientras que el riesgo muy bajo es la categoría con el valor más bajo, evidenciando una diferencia notable entre las distintas categorías de riesgo.

Conclusiones

La implementación de SIG y la utilización de análisis multicriterio brinda la posibilidad de identificar de manera oportuna cada una de las zonas que presentan mayores riesgos por inundación en Frontino, resaltando la importancia de utilizar estas herramientas de planificación agroambiental en el territorio, estas áreas identificadas de riesgo alto y muy alto se debe priorizar para mitigar riesgos, para esta ocasión implementar sistemas de drenajes eficientes en las zonas de actividades agropecuarias susceptibles a estos riesgos, de esta manera las zonas de menor riesgo brindan posibilidad de realizar diferentes actividades agrícolas pecuarias con menor riesgo, para esta ocasión es de vital importancia implementar buenas prácticas sostenibles, pensado en la salud del suelo, por medio de coberturas y la diversidad de cultivos, con este enfoque se logra integrar herramientas tecnológicas para mitigar impactos negativos a diferentes eventos climáticos extremos, apuntando a la sostenibilidad y la capacidad de poder fortalecer las prácticas sostenibles en la región.

Como lo menciona (Dolore, 2023), “Los sistemas de información geográfica en la agricultura ayudan a los agricultores a detectar tendencias y patrones, usar la detección de cambios y abordar rápidamente los problemas”. En el trabajo realizado se puede concluir que es más evidente el riesgo de inundación del municipio de Frontino en zonas con pendiente menos pronunciada y notoriamente se refleja mayor precipitación en la misma zona, lo que genera un diagnóstico más evidente de riesgo de inundación, independientes de otros factores que también pueden incidir en este, pero que no son tan notorios, aunque de gran importancia como lo es la distancia entre drenajes y condiciones de cobertura vegetal.

Llamas & Rodríguez, (2022) afirmó que “uno de los grandes desafíos a los que se han enfrentado los académicos interesados en la historia espacial es el modo de integrar espacio y tiempo en nuevas narrativas vinculadas al mapa”. Dicho esto, y gracias a los sistemas de información geográfica, se logran detectar zonas con un nivel de riesgo alto y muy alto, detalles que probablemente no se han venido teniendo en cuenta durante los años en el crecimiento urbanístico del municipio, a su vez la importancia de detectar estas zonas, ayudarán a las administraciones a contemplar posibles zonas de restricción urbanística.

Se logra identificar, además, que las zonas de riesgos bajos en la región de estudio corresponden a lugares con buena cobertura vegetal y lejos de afluentes hídricos. Esto sugiere que la vegetación abundante cumple un papel fundamental en la regulación de la escorrentía superficial y la estabilidad del suelo, disminuyendo la probabilidad de inundaciones. Asimismo, la ubicación alejada de cauces y zonas de pendiente pronunciada reduce la exposición a eventos extremos, lo cual resalta la importancia de conservar estas áreas como zonas de amortiguamiento natural ante fenómenos posibles

de inundaciones en el municipio.

El trabajo realizado permitió identificar zonas con diversas clases de riesgo de inundación en el municipio de Frontino, Antioquia, destacándose áreas clasificadas tanto con riesgo bajo como con riesgo muy alto. Las zonas de riesgo bajo se ubican principalmente en sectores con buena cobertura vegetal y lejos de los afluentes hídricos, lo cual evidencia el papel protector de la vegetación. Por el contrario, las zonas de riesgo muy alto se concentran en áreas cercanas a ríos, quebradas y sectores con pendientes pronunciadas o con escasa cobertura natural, lo que incrementa la vulnerabilidad ante eventos de lluvias intensas. Estos resultados destacan la necesidad de implementar estrategias de ordenamiento territorial, conservación ambiental y monitoreo permanente, con el fin de mitigar los efectos negativos de posibles inundaciones y proteger tanto a la población como a los ecosistemas locales.

Recomendaciones

La aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la agricultura es de suma importancia debido a su capacidad para mejorar la eficiencia, la productividad y la toma de decisiones en este sector. (Franco Castro, 2023). Desde el punto de vista agronómico se hace necesario apoyarse en herramientas digitales como los SIG para determinar zonas de riesgo en puntos determinadas para así poder realizar análisis y determinar la vocación agrícola de los suelos, se puede tomar acciones de mejoras o preventivas con el fin de evitar daños causados por factores climáticos y por falta de planificación.

Por otro lado, es muy recomendable que se empleen estrategias de prevención y planes de reubicación a las familias que habitan las zonas ribereñas, “la gestión del riesgo consiste en crear políticas de prevención y recuperación ante desastres, pero su falta de articulación con la planificación territorial genera ineficacia en su ejecución (Cárdenas, K. 2018); a pesar de que hay factores que no se pueden cambiar, hay algunos que sí se pueden mitigar.

Los suelos en zonas con altas precipitaciones son propensos a sufrir procesos de degradación física, especialmente cuando se encuentran expuestos debido a prácticas agrícolas tradicionales. Estas actividades pueden intensificar los problemas asociados al uso inadecuado del suelo, los cuales ya se ven agravados por fenómenos naturales como el cambio climático. Esta situación tiene un impacto negativo en el sector agrícola de la región.

El cambio climático genera ya impactos irreversibles, la adaptación es necesaria integrada a los planes de mitigación del riesgo, García Bonilla, I. (2024) afirma: “el impacto del cambio climático en las precipitaciones e inundaciones extremas se ve agravado por la disponibilidad de agua, y la intensificación de estos fenómenos es más

pronunciada en regiones con mayores niveles de humedad”. Es de gran importancia tener en cuenta dentro de la planificación territorial la presencia de cuerpos de agua, respetando las áreas de protección hídrica.

Dado el papel fundamental que desempeñan los suelos en las zonas de mayor riesgo para el desarrollo agropecuario del municipio, es indispensable formular e implementar planes de contingencia y prevención de desastres. Estos deben enfocarse en minimizar los impactos económicos, sociales y ambientales asociados a eventos de inundación, garantizando así la sostenibilidad de las actividades productivas y la seguridad de las comunidades locales.

Se recomienda fortalecer los procesos de ordenamiento territorial mediante la identificación y zonificación de áreas de riesgo, promoviendo el uso adecuado del suelo y la conservación de coberturas vegetales estratégicas. Además, es clave impulsar programas de educación y capacitación ambiental y gestión del riesgo dirigidos a la comunidad, con el objetivo de fomentar una cultura de prevención y resiliencia frente a desastres naturales.

“Para mejorar la resiliencia del sector primario, las próximas iniciativas políticas del gobierno y la industria podrían centrarse en identificar los usos del suelo más vulnerables a las inundaciones y facilitar su transición a zonas menos propensas a inundaciones”. (Djanibekov, U. et. al. 2024)

Con el cambio climático, las épocas de lluvias se han prolongado y pocas veces coinciden con las normalmente identificadas por la población, de modo que en las épocas de lluvias las personas que habitan cerca a los afluentes deben de tener especial cuidado y estar alerta a los cambios del caudal. “Es importante indicar a las comunidades iniciar el monitoreo continuo de los ríos y quebradas desde su nacimiento y determinar acciones de prevención y control de inundaciones.” (CMGRD Municipio de Frontino, 2017).

Referencias bibliográficas

- ArcMap (2021) ¿Qué es el geoprocesamiento?
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/analyze/main/what-is-geoprocessing.htm>
- Cárdenas, K. (2018). Análisis general de la gestión del riesgo por inundación en Colombia. Revista Científica En Ciencias Ambientales Y Sostenibilidad, 4(1).
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/CAA/article/view/335841>
- CMGRD Municipio de Frontino (2017) Plan municipal de contingencia ante la temporada de lluvias y posible fenómeno de la niña en el municipio de Frontino Antioquia 2017 – 2019.

https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/29585/PlanContingencia_Frontino_Tlluvias_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

DAPARD (2015) Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático. Gobernación de Antioquia.
<https://antioquia.gov.co/images/pdf/Plan-Departamental.pdf>

DAPARD (2017) Estrategia municipal de respuesta a emergencias (EMRE) municipio de Frontino Antioquia. Consejo municipal para la gestión del riesgo y desastres. Versión 1.
<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/27897/Frontino.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Djanibekov, U., Polyakov, M., Craig, H., y Paulik, R. (2024). Flood Impacts on Agriculture under Climate Change: The case of the Awanui Catchment, New Zealand. *Economics of Disasters and Climate Change*, Vol. 8, pp. 283–316. <https://doi.org/bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1007/s41885-024-00147-3>

Dolore, G. D. (27 de noviembre de 2023). APLICACION DEL SIG EN LA AGRICULTURA. Obtenido de ¿Es necesario la aplicación del SIG en la agricultura Por qué?
<https://storymaps.arcgis.com/stories/3ecd5f9f29cb40c89292d786c7163585>

Efraimidou, E., y Spiliotis, M. (2024). A GIS-Based flood risk assessment using the decision-making trial and evaluation laboratory approach at a regional scale. *Environmental Process*. No. 11, Article:9. <https://doi.org/10.1007/s40710-024-00683-w>

Elejalde (2003). A la sombra del plateado: Monografía de Frontino (3ra edición)
Repositorio institucional Universidad de Antioquia.
<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/bde072f6-3962-4f4f-8f74-6b1bd9fa833d/content>

Franco Castro, B. E. (2023). Importancia de los sistemas de información geográfica aplicados en la agricultura en el Ecuador. Obtenido de
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14885>

García Bonilla, I. (2024). Análisis de la vulnerabilidad socioeconómica ante la amenaza de inundaciones en ciudades latinoamericanas. Caso de estudio, Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia. <https://hdl.handle.net/10495/40030>

Guisao, A. P. (2024). Informe de Gestión de la Evaluación y Monitoreo del PTS.
https://dssa.gov.co/images/2024/documentos/monitoreo_evaluacion_planes_territoriales/2020-2023/Occidente/Frontino.pdf

Gobernación de Antioquia (2025) Mapa de Antioquia. <https://antioquia.gov.co/mapa-de-antioquia>

- HOWARI, F.M.; GHREFAT, H.: “Chapter 4 - Geographic information system: spatial data structures, models, and case studies”, [en línea], En: Mohamed, A.-M.O.; Paleologos, E.K. y Howari, F.M. (eds.), *Pollution Assessment for Sustainable Practices in Applied Sciences and Engineering*, Ed. Butterworth-Heinemann, pp.165-198, 1 de enero de 2021, DOI: 10.1016/B978-0-12-809582-9.00004-9, ISBN: 978-0-12-809582-9, Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/sc>
- Grajales-Quintero, a., Serrano-Moya, ed, & Hahn Von-h., cm (2013). Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación. *Revista Luna Azul*, (36), 285-306. <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321728584014.pdf>
- Monsiváis, M. A. (febrero de 2015). Instituto Potosino de investigación científica y tecnológica, A.C. Análisis de riesgo por inundación en la zona metropolitana de San Luis Potosí: <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/448/3/TMIPICYTC3A62015.pdf>
- LITHMEE: “What is the Difference Between Attribute Data and Spatial Data”, [en línea], En: Pediaa.Com, 3 de marzo de 2019, Disponible en: <https://pediaa.com/what-is-the-difference-between-attribute-data-and-spatial-data/>
- Llamas, L. C., & Rodríguez, A. P. (2022). Digitalizar, georreferenciar, visualizar y narrar la ciudad. *Usos del suelo y orden urbano: Bogotá, 1894*. <https://www.redalyc.org/journal/357/35777169003/html/#B18>.
- Municipio de Frontino secretaria de Gobierno y Servicios Administrativos (2020) Plan integral de convivencia y seguridad ciudadana del municipio de Frontino, Antioquia. <https://seguridadyjusticia.antioquia.gov.co/wp-content/uploads/PISCC/PISCC-2020-2023-FRONTINO-min.pdf>
- NUR, W.H.; KUMORO, Y.; SUSILOWATI, Y.: “GIS and Geodatabase Disaster Risk for Spatial Planning”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118: 012046, febrero de 2018, ISSN: 1755-1315, DOI: 10.1088/1755-1315/118/1/012046.7
- Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*. Open Library. https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica
- Paranunzio, R., Guerrini, M., Dwyer, E., Alexander, P. J., & O’Dwyer, B. (2022). Assessing Coastal Flood Risk in a Changing Climate for Dublin, Ireland. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/jmse10111715>
- Serrato Velosa, Y. (2025). Insumos Diplomado SIGOAT. https://unadvirtualedu-my.sharepoint.com/personal/yetfersson_serrato_unad_edu_co/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fyetfersson%5Fserrato%5Funad%5Fedu%5Fco%2FDocuments

%2FCadena%20agroforestal%2FInsumos%20Diplomado%20SIGOAT%2FVectorial%20y%20r%C3%A1ster&ga=1

Sosa-Franco, I., Pérez-Guerra, G., Machado-García, N., & Elena-Ruiz Pérez, M. (2023). Method for query processing in a geographic information system. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 32(2), pp. 1–9. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=033edfb1-14a2-3d6e-80bf-572383cf71b3>

Where, T. S. (Junio de 2021). Guía de implementación de ArcGis Pro. Tareas esenciales para iniciar su organización con ArcGIS Pro.: <http://esri.com/content/dam/esrisites/es-es/media/pdf/implementation-guides/arcgis-pro-implementation-guide.pdf>

Enlace de sustentación: <https://youtu.be/u-wqxpYiYiY>