

**Modelación del riesgo de inundación mediante análisis multicriterio en SIG para el
municipio de Saravena, Arauca**

Janny Anderson Lucumi Leal: jalucumil@unadvirtual.edu.co

Natalia Concepción Barrera Wilches - ncbarreraw@unadvirtual.edu.co

Ninfa Gisela Tovar Escobar – ngtovare@unadvirtual.edu.co

María Fernanda Salamanca Corso - msalamancaco@unadvirtual.edu.co

Ana Hilda Vargas Arias - ahvargasa@unadvirtual.edu.co

Asesor

Rolando Santos Santos - rolando.santos@unad.edu.co

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Diplomado de Profundización Sistemas de Información Geográfica para el Ordenamiento

Agroambiental del Territorio

2025

Resumen

El siguiente estudio tuvo como objetivo evaluar el riesgo de inundación en el municipio de Saravena (Arauca) mediante la aplicación de un modelo de análisis multicriterio en un Sistema de Información Geográfica (SIG). “Se integraron variables físicas y ambientales, tales como elevación, pendiente, cobertura del suelo, precipitación y distancia a drenajes” (Song et al., 2022) generadas y reclasificadas. Posteriormente, los insumos fueron transformados en productos vectoriales y refinados mediante procesos de suavizado y disolución en ArcGIS Pro para obtener zonas homogéneas de riesgo. El resultado principal consistió en un mapa de riesgo de inundación clasificado en cinco categorías cualitativas. Este producto permitió identificar áreas con distintos niveles de susceptibilidad y constituye un insumo fundamental para la gestión del riesgo, la planificación territorial y la toma de decisiones agroambientales en el municipio.

Palabras claves: riesgo, inundación, SIG, análisis multicriterio, modelación, espacial.

Tabla de contenido

Introducción	6
Objetivos	8
Objetivo General	8
Objetivos Específicos.....	8
Identificación del caso de estudio	9
Metodología	10
Resultados	15
Conclusiones	20
Recomendaciones	21
Referencias Bibliográficas	22
Enlace de sustentación	23

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Datos aplicados para el análisis multicriterio</i>	13
Tabla 2 <i>Áreas por categoría de riesgo</i>	16

Lista de graficas

Figura 1 <i>Localización geográfica del municipio de Saravena, Arauca</i>	9
Figura 2 <i>DEM recortado, capa ráster base para modelar el fenómeno hidrológico de inundación</i>	10
Figura 3 <i>Pendientes municipio de Saravena</i>	11
Figura 4 <i>Reclasificación del Modelo Digital de Elevación DEM</i>	12
Figura 5 <i>Resultado de la suma ponderada</i>	12
Figura 6 <i>Diagrama de flujo</i>	14
Figura 7 <i>Mapa de riesgo</i>	15
Figura 8 <i>Proporción de áreas según nivel de riesgo de inundación</i>	16

Introducción

El incremento en la frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos ha intensificado los riesgos asociados a fenómenos como las inundaciones, una de las amenazas naturales más recurrentes en las regiones tropicales. “El cambio climático ha influido en la variabilidad de la precipitación y en la ocurrencia de lluvias extremas” (IPCC, 2022), lo cual modifica los patrones hidrológicos y aumenta la vulnerabilidad de los territorios. En Colombia, entidades como el IDEAM (2023) han documentado un aumento significativo en los eventos de inundación asociados a temporadas de lluvias intensas, generando afectaciones en comunidades, infraestructura estratégica y actividades productivas.

El municipio de Saravena, ubicado en el departamento de Arauca, posee una topografía predominantemente plana y un sistema de drenaje denso, características que incrementan su susceptibilidad a inundaciones durante los periodos de alta precipitación. De acuerdo con la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD, 2021), los municipios de la región del Piedemonte Llanero han experimentado afectaciones recurrentes en redes viales rurales, viviendas, ecosistemas ribereños entre otros debido a desbordamientos y encharcamientos prolongados. Lo cual reconoce las inundaciones como una de las principales amenazas para el territorio.

En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten integrar múltiples variables ambientales, reclasificarlas bajo un estándar común y modelar espacialmente la susceptibilidad a inundaciones. Diversos autores destacan el papel de los SIG y el análisis multicriterio como herramientas esenciales para la evaluación del riesgo y la planificación territorial.

Con base en lo anterior, este estudio tuvo como propósito aplicar un modelo de análisis multicriterio en SIG para generar el mapa de riesgo de inundación del municipio de Saravena y realizar una primera caracterización de las zonas más críticas.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el riesgo de inundación en el municipio de Saravena mediante un modelo de análisis multicriterio en SIG, integrando variables ambientales y territoriales para generar un producto cartográfico de apoyo al ordenamiento agroambiental.

Objetivos Específicos

Evaluar las zonas críticas de riesgo de inundación e identificando las posibles afectaciones sobre comunidades, infraestructura y sistemas productivos en el municipio.

Analizar la relación entre las variables ambientales utilizadas en el modelo y la configuración espacial del riesgo de inundación, identificando los factores de mayor influencia en el territorio.

Generar un mapa final del riesgo de inundación del municipio que visualice cómo se distribuyen las zonas según su nivel de riesgo.

Identificación del caso de estudio

Saravena es un municipio ubicado al Noroccidente del departamento de Arauca, en el Piedemonte Llanero. Limita al norte con Venezuela, al sur con el municipio de Fortul, al este con el municipio de Arauquita y al oeste con el departamento de Boyacá (Figura 1). Posee una extensión aproximada de 945 km², con una división territorial que incluye áreas urbanas y extensas zonas rurales dedicadas a actividades agropecuarias.

Figura 1

Localización geográfica del municipio de Saravena, Arauca



Fuente. Viaja Por Colombia-Arauca Saravena. (2013)

El territorio presenta una topografía predominantemente plana, con elevaciones que oscilan entre 180 y 350 metros sobre el nivel del mar, lo cual favorece la acumulación de agua en eventos de alta pluviosidad. La red hídrica está conformada por caños y ríos como el Bojabá y el Banadía, cuyos desbordamientos generan inundaciones recurrentes. En cuanto a la climatología, Saravena presenta un régimen monomodal de lluvias con picos importantes entre abril y junio, con alta probabilidad de lluvia diaria e intensa.

Metodología

El presente estudio se realizó con el fin de calcular las áreas de riesgo de inundación en el municipio de Saravena, para lo cual se implementó la metodología SIG, de análisis multicriterio, la cual permite la toma de decisiones basada en el estudio de variables cualitativas y cuantitativas (Rojas, 2017). Para este caso el proceso inició ajustando las variables principales a un sistema de coordenadas común (MAGNA SIRGAS CMT – 12); posteriormente se cargó el Modelo Digital de Elevación (DEM), la capa vectorial del límite municipal, la capa de las pendientes, coberturas de suelo, distancia de los drenajes y precipitaciones, que permitieron establecer las condiciones topográficas, de relieve del área de estudio, así como su capacidad para mantener el agua, las épocas de mayor pluviosidad y proximidad de las fuentes hídricas con zonas inundables.

Figura 2

DEM recortado, capa ráster base para modelar el fenómeno hidrológico de inundación



Fuente. Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Para obtener la capa distancia de drenajes, se aplicó la herramienta rellena (Fill) que eliminó imperfecciones en el DEM y así se calculó el flujo de dirección y posteriormente el flujo

de acumulación, que determina la formación de cauces mayores con base en pendientes descendentes (Esri, 2025).

Como etapa siguiente del proceso se trabajaron las capas coberturas de suelo y precipitaciones, utilizando herramientas de análisis espacial y geoprosos como la conversión de polígonos a ráster, extracción por máscara, disolver, entre otros de importancia que permitieron adquirir variables fundamentales para el análisis del riesgo de inundación, como lo es la capa “Stream” que permite identificar la red principal de drenajes (Tovar & Cely Rojas, 2016).

Figura 3

Pendientes municipio de Saravena (Arauca)



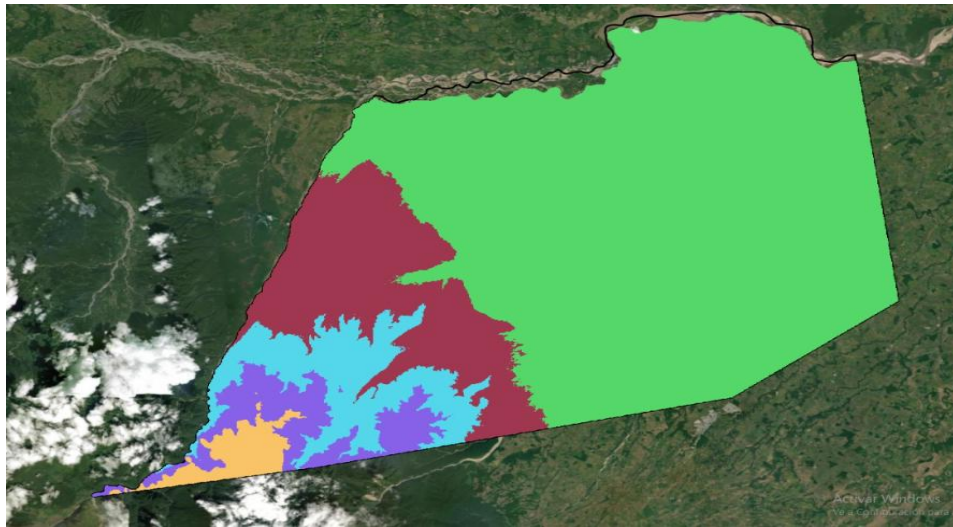
Fuente. Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Posteriormente las variables más importantes (DEM, pendientes, precipitaciones, coberturas de suelo, distancia de drenajes) fueron reclasificadas asignando valores comunes relacionados a la susceptibilidad de inundación. Seguido a esto se utilizó la calculadora ráster para realizar la suma ponderada de los valores y obtener el índice del riesgo de inundación para

el municipio de Saravena (Arauca), el cual posteriormente fue categorizado en rangos cualitativos, asignándoles la simbología de color correspondiente.

Figura 4

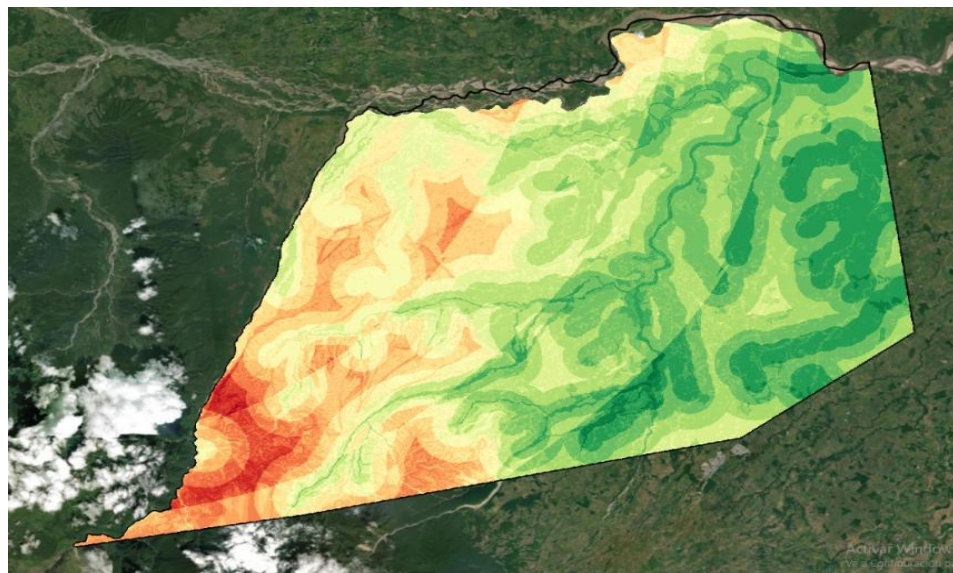
Reclasificación del Modelo Digital de Elevación DEM.



Fuente. Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Figura 5

Resultado de la suma ponderada



Fuente. Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

En la siguiente tabla se podrán interpretar los criterios asignados, valores, porcentajes y clasificación asignada.

Tabla 1

Datos aplicados para el análisis multicriterio

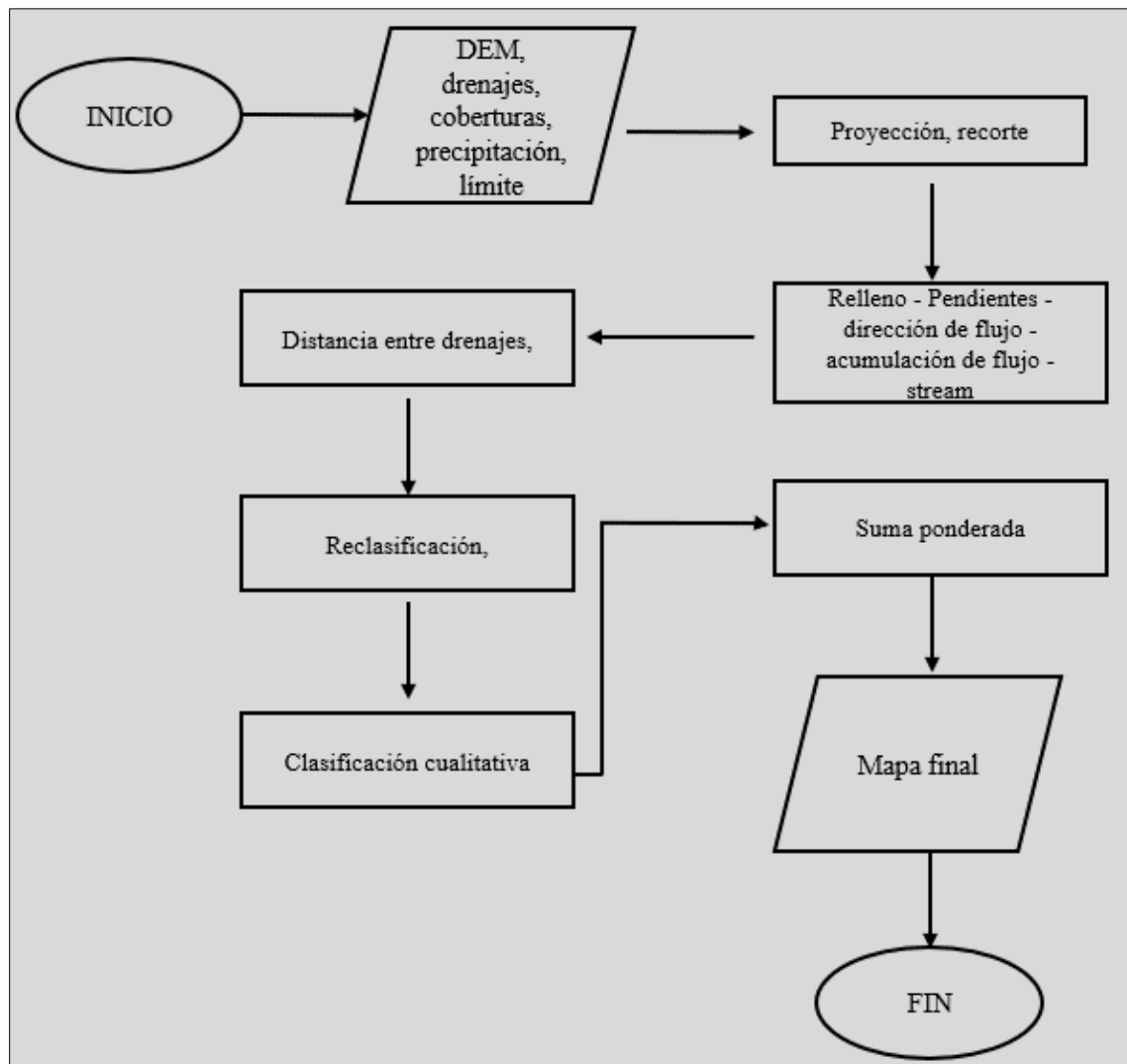
Variable	Rango / clases usadas en reclasificación	Valor asignado	Peso (%)
DEM (m)	171 – 2,483 (<i>5 clases, Jenks</i>)	10 - 8 - 6 - 4 - 2	10
Pendiente (°)	0.001 – 84.68 (<i>5 clases, Jenks</i>)	10 - 8 - 6 - 4 - 2	15
Precipitación (mm)	0 – 227.813 (<i>5 clases, Jenks</i>)	2 - 4 - 6 - 8 - 10	35
Distancia a drenajes (m)	0 – 10,526.090 (<i>5 clases, Jenks</i>)	2 - 4 - 6 - 8 - 10	30
Coberturas de suelo (Códigos CLC)	1 – 10 (<i>5 clases</i>)	2 - 4 - 6 - 8 - 10	10
Total			100%

Fuente. Autoría propia

Habiendo presentado los criterios y datos utilizados para la reclasificación y determinación del índice de inundación para el municipio de Saravena (Arauca), se muestra a continuación el proceso realizado con el programa ArcGIS Pro, en el siguiente diagrama.

Figura 6

Diagrama de flujo



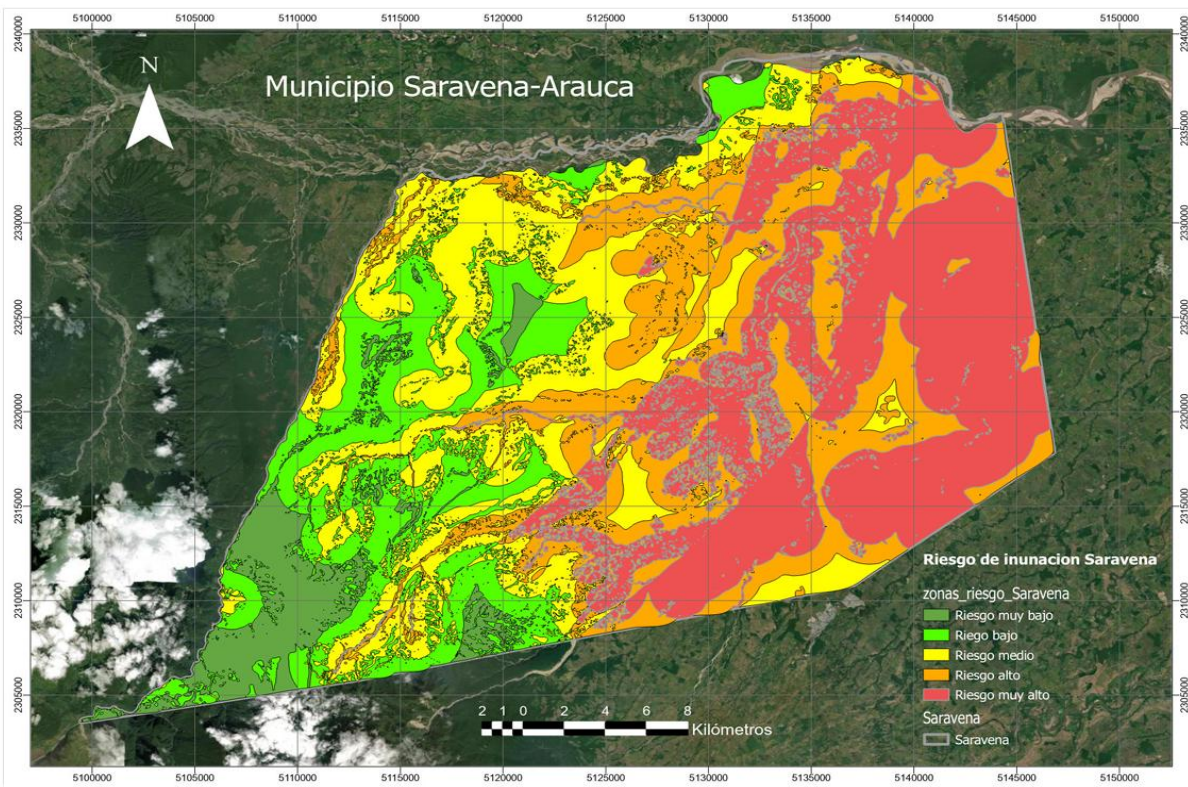
Fuente. Autoría propia

Resultados

En el análisis del riesgo de inundación para el municipio de Saravena, las áreas marcadas como riesgo medio, alto y muy alto, que se destacan en tonos amarillo, naranja y rojo, son las que tienen mayor probabilidad de sufrir inundaciones (figura 7). Estas zonas suelen estar ubicadas en llanuras, terrazas aluviales, o cerca de cauces y drenajes, donde la elevación es baja o la pendiente es suave, esto limita la infiltración del agua. Por otro lado, las áreas en verde (riesgo bajo o muy bajo) indican territorios con menor vulnerabilidad, que probablemente se caracterizan por una mayor elevación, pendientes que favorecen el drenaje, suelos con mejor capacidad de absorción, o una menor proximidad a los ríos.

Figura 7

Mapa de riesgo.



Fuente. Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Lo anterior se relaciona con la información que se encuentra en la tabla 2, donde se observa que las áreas en riesgo medio, alto y muy alto son las más representativas en comparación de las áreas en riesgo bajo y muy bajo. Es decir, el riesgo muy alto representa el 31.4%, alto 23.2% y medio 22.2% para un total de 76.8% de área con un mayor riesgo de inundaciones, mientras que para las áreas en verde es del 23.2% (Figura 8), lo cual se considera como zona segura para el desarrollo social o asentamientos sin medidas de mitigación o desplazamiento repentino.

Tabla 2

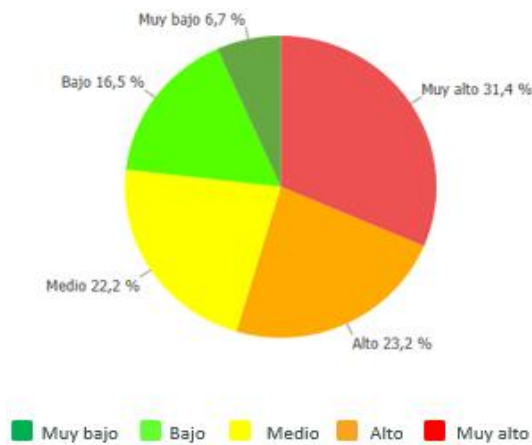
Áreas por categoría de riesgo

Índice	Riesgo	Área Km ²
1	Muy bajo	61,62
2	Bajo	151,91
3	Medio	204,73
4	Alto	213,35
5	Muy alto	289,68

Fuente. Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Figura 8

Proporción de áreas según nivel de riesgo de inundación



Fuente. Autoría propia

Análisis de riesgo

El análisis se realiza teniendo en cuenta los valores asignados para cada variable según la tabla 1, donde se puede observar que las más representativas e influyente son: precipitación y distancia a drenajes con un porcentaje del 65%, mientras que las variables DEM y coberturas de suelo tienen solo un 20% de impacto relativo y por último la variable pendiente con un 15% de influencia. Lo anterior significa que: según la distribución de los valores asignados, las variables de DEM y pendientes al tener valores decrecientes de 2 a 10 las hacen menos favorables para el aprovechamiento del territorio, sin embargo, ofrecen otro tipo de ventajas que también se deben tener en cuenta para su disposición como oxígeno, recurso hídrico, riqueza en flora y fauna y conservación de diversos hábitats y de toda la biodiversidad en general. Por otro lado; las variables de precipitación, distancia a drenajes y coberturas de suelo cuentan con valores crecientes de 2 a 10 garantizando una mayor aptitud para el aprovechamiento del territorio en cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico para llevar a cabo distintos procesos agropecuarios, ecológicos y de conservación de ecosistemas propios de la región. En cuanto de distancia a drenajes se presentan ventajas también por la disponibilidad constante de agua, pero es un riesgo latente para que se presenten inundaciones y en cuanto la cobertura del suelo se presenta una gran ventaja al ver siempre disponibilidad, debido a infiltración constante de agua para mantener el equilibrio ambiental adecuado, esto conlleva a favorecer la productividad y sostenibilidad en sistemas en la producción agrícola, ganadera y subsistencia humana.

La recolección y asignación de valores a las diferentes variables de la tabla 2, permite delimitar áreas con el fin de priorizar su restauración, protección y utilización con una previa evaluación, teniendo en cuenta factores como la biodiversidad y la calidad del suelo para no

ponerlos en riesgo por las inundaciones, erosiones y sequias; más bien evaluar y aplicar cercos de protección para que no se generen impactos económicos importantes.

La historia de inundaciones en Saravena nos muestra claramente su vulnerabilidad, en mayo de 2018, el centro poblado de Puerto Nariño, en la zona rural de Saravena, sufrió un desbordamiento del río Banadía y del Caño de La Madre vieja, inundando alrededor del 95 % de la población local y afectando a más de 2.500 personas de unas 450 familias. El agua llegó a superar el metro con 20 centímetros, inundando tanto las casas como la escuela del lugar (News Radio, 2018).

En junio de 2021, intensas lluvias causaron inundaciones en todo el departamento de Arauca. En Saravena, varios barrios urbanos como Montebello, 20 de Julio, La Unión, Los Alpes, Anuhogar, Complejo Metalúrgico y Ciudadela El Castillo tuvieron que ser evacuados por el incremento del agua. Además, en las áreas rurales, el puente conocido como La Hamaca colapsó, dejando a varias veredas completamente aisladas (Radio Nacional de Colombia, 2021).

En respuesta a estas emergencias, las autoridades municipales y departamentales han declarado calamidad pública en Saravena y están impulsando obras de mitigación a través de un plan de recuperación. Están priorizando áreas críticas como veredas, puentes y zonas ribereñas, con el objetivo de minimizar los efectos de futuras inundaciones (Gobernación de Arauca, 2021).

Las comunidades y la población, tanto en áreas urbanas como rurales, enfrentan el riesgo de inundaciones recurrentes. Esto pone en jaque no solo las viviendas, sino también los servicios básicos, la salud, la movilidad y, en general, la calidad de vida de las personas. En el tema de infraestructura, las vías de comunicación, puentes, y edificaciones como viviendas y escuelas en zonas de alto riesgo pueden sufrir daños severos debido a inundaciones o erosión.

Si los riesgos altos se encuentran cerca a zonas donde se localizan producciones agrícolas y pecuarias inmediatamente estas se categorizarían como vulnerables y pueden verse afectados, causando pérdidas económicas significativas, degradación del suelo, disminución de la productividad y el desplazamiento de actividades agrícolas. Por lo tanto, es crucial que las zonas clasificadas con riesgo alto y muy alto sean consideradas prioritarias para el ordenamiento territorial y la planificación del uso del suelo.

Conclusiones

El análisis permitió determinar que el municipio de Saravena presenta una alta susceptibilidad a inundaciones en zonas de baja pendiente y cercanas a drenajes naturales, donde la acumulación de escorrentía es mayor. La distribución espacial del riesgo evidencia una relación directa entre condiciones topográficas y la variabilidad climática del territorio.

El uso de Sistemas de Información Geográfica, combinado con el análisis multicriterio, resultó adecuado y eficiente para integrar variables ambientales y climáticas, permitiendo modelar el riesgo de manera precisa y visualmente interpretable. Esta metodología es replicable y constituye una herramienta de apoyo para la planificación territorial.

Los resultados obtenidos tienen importantes implicaciones para la gestión del riesgo y el ordenamiento del territorio. Identificar las zonas de mayor riesgo facilita la toma de decisiones enfocadas en la mitigación, la adaptación al cambio climático y la prevención de afectaciones a población, infraestructura y actividades agropecuarias.

Recomendaciones

Incorporar el mapa de riesgo de inundación generado en este estudio dentro de los instrumentos municipales de planificación, como el POT y los planes de gestión del riesgo, con el fin de orientar adecuadamente el uso del suelo y reducir la exposición de comunidades vulnerables.

Implementar medidas estructurales y no estructurales en las áreas clasificadas con riesgo alto y muy alto, como mantenimiento de drenajes, revegetalización de rondas hídricas, establecimiento de zonas de protección y fortalecimiento comunitario en gestión del riesgo.

Realizar monitoreo continuo de las condiciones climáticas y del comportamiento de las fuentes hídricas, especialmente durante los periodos de mayor precipitación, para anticipar posibles emergencias y mejorar los sistemas de alerta temprana.

Promover procesos de educación ambiental y participación comunitaria, de manera que los habitantes reconozcan las zonas de riesgo y adopten medidas preventivas en sus actividades productivas y habitacionales.

Referencias Bibliográficas

Esri. (2025). *ArcGIS Pro*. Recuperado el 30 de 11 de 2025, de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/3.3/tool-reference/spatial-analyst/how-flow-accumulation-works.htm>

Rojas, C. J. (2017). *Universidad Distrital Francisco José de Córdas*. Recuperado el 2025, de <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/8a86a960-87f1-435d-bf70-d43969d8860b/content>

Tovar, J. M., & Cely Rojas, D. A. (2016). *Universidad Distrital Francisco José de Córdas*. Recuperado el 2025, de <file:///C:/Users/USER/Downloads/Monta%C3%B1ezTovarJenniffer2016.pdf>

Tovar, J. M., & Cely Rojas, D. A. (2016). *Universidad Distrital Francisco José de Córdas*. Recuperado el 2025, de <file:///C:/Users/USER/Downloads/Monta%C3%B1ezTovarJenniffer2016.pdf>

Viaja Por Colombia - Arauca Saravena. (2013, mayo). Blogspot.com.

<https://araucasaravenago.blogspot.com/2013/05/saravena-arauca.html>

Enlace de sustentación: <https://youtu.be/HUF85M2xp9E>