

Aplicarse sistemas de información geográfica para el ordenamiento agroambiental y el análisis de riesgo por inundación en el municipio de Valledupar del departamento del Cesar

Diego Andrés Ovalle Polo, daovallep@unadvirtual.edu.co

Edwin Rayo Elizalde erayoe@unadvirtual.edu.co

José Manuel Hernández Salas, Jmhernandezsal@unadvirtual.edu.co

Evangelina Parra Pérez, evangelina.parra@unad.edu.co

Resumen

Este trabajo analiza la aplicación de los sistemas de información geográfica (SIG) en el ordenamiento agroambiental del municipio de Valledupar, con un enfoque en el riesgo por inundación asociado a las precipitaciones del mes de noviembre. El objetivo principal es diseñar un mapa de riesgo por inundación mediante la integración de métodos de análisis multicriterio y SIG, facilitando la planificación territorial sostenible.

La metodología empleada combina la recopilación de datos climáticos, hidrológicos y geográficos, con el análisis multicriterio para jerarquizar variables críticas como la topografía, el uso del suelo y la intensidad de las lluvias. Se implementaron herramientas SIG para modelar y visualizar las áreas de mayor vulnerabilidad a inundaciones.

Los resultados destacan la utilidad de los SIG para identificar zonas críticas de riesgo de inundación y su potencial para priorizar intervenciones en el territorio. El mapa generado permitió delimitar áreas susceptibles a eventos de inundación, contribuyendo a la planificación agroambiental y la gestión del riesgo.

Este estudio refuerza la importancia de integrar enfoques tecnológicos y metodológicos para abordar desafíos ambientales en contextos locales, promoviendo estrategias de resiliencia y sostenibilidad en el ordenamiento territorial.

Palabras claves: Sistemas de información geográfica (SIG), riesgo por inundación, ordenamiento agroambiental

Introducción

Las inundaciones representan uno de los riesgos ambientales más recurrentes y destructivos en diversas regiones del mundo, afectando significativamente la dinámica social, económica y ambiental de los territorios. En Colombia, los eventos de inundación son frecuentes, particularmente en regiones donde las intensas precipitaciones, combinados con

aspectos como las modificaciones de uso del suelo, la deforestación y la expansión urbana desorganizada, aumentan el riesgo para las comunidades y los ecosistemas. Según el IDEAM, 2021, cerca del 12% del territorio colombiano es altamente susceptible a inundaciones, afectando anualmente a miles de personas y ocasionando pérdidas significativas en infraestructuras y actividades productivas.

El municipio de Valledupar no es ajeno a este problema, siendo las lluvias de noviembre un período crítico donde se presentan niveles elevados de precipitación, generando impactos negativos en las zonas urbanas y rurales. A nivel nacional, se han implementado estrategias de gestión del riesgo, como el desarrollo de planes de ordenamiento territorial con componentes ambientales y la integración de sistemas de alerta temprana. Sin embargo, la eficacia de estas medidas depende en gran parte de la información espacial detallada que permita identificar áreas vulnerables y priorizar acciones preventivas.

En este escenario, los sistemas de información geográfica (SIG) se destacan como herramientas fundamentales para modelar escenarios de riesgo por inundación y apoyar la planificación territorial. Este trabajo se enfoca en la aplicación de métodos de análisis multicriterio, integrados con SIG, para diseñar un mapa de riesgo por inundación en el municipio de Valledupar, contribuyendo al ordenamiento agroambiental y la mitigación de los impactos asociados a estos eventos. Santos & Hernández, 2014

Objetivos

General

- Aplicar sistemas de información geográfica para una propuesta de ordenamiento agroambiental y análisis de riesgo por inundación en el municipio de Valledupar

Específicos

- Identificar variables relevantes como precipitación, uso del suelo, topografía e hidrología, que influyen en la susceptibilidad del territorio a inundaciones en el municipio de Valledupar.

- Implementar técnicas de análisis multicriterio integradas con SIG para evaluar y jerarquizar las áreas del municipio según su nivel de riesgo por inundación.

- Elaborar un mapa temático de riesgo por inundación, que permita delimitar zonas críticas y priorizar acciones de mitigación, contribuyendo a la planificación territorial sostenible.

Identificación del caso de estudio

El municipio de Valledupar, que se encuentra ubicado en el departamento del Cesar, Colombia, se encuentra en la región Caribe, a una altitud promedio de 169 metros sobre el nivel del mar. Su clima es tropical. Tiene un clima tropical seco, con una temperatura promedio anual de 27.8°C. Las lluvias son más abundantes durante los meses de octubre y noviembre. En noviembre, se registra una media de 138 mm de lluvia, lo que convierte a este mes en un momento crítico para la evaluación del riesgo por inundaciones. Valledupar está atravesado por importantes cuerpos de agua como el río Cesar y el Guatapurí, que, junto con el relieve plano en algunas zonas y el incremento de la urbanización, eleva la vulnerabilidad del municipio a eventos de inundación. (Climate-Data.org, s.f.)

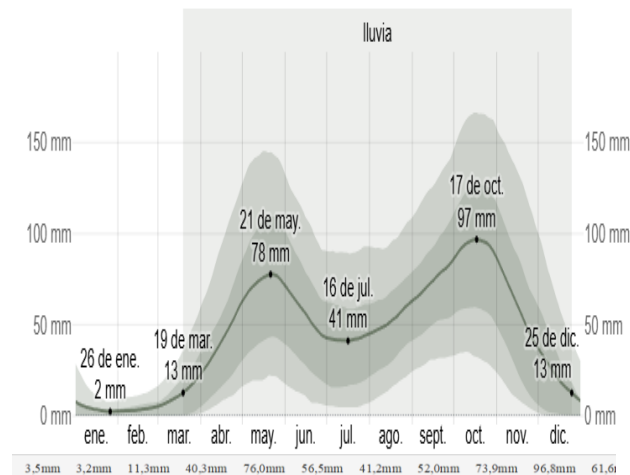
Lluvias

Según Weather Spark. (s. f.) “Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período de 31 días en una escala móvil centrado alrededor de cada día del año. Valledupar tiene una variación considerable de lluvia mensual por estación”. La temporada de lluvias en Valledupar se extiende durante 9,2 meses, desde el 19 de marzo hasta el 25 de diciembre, con periodos de al menos 13 milímetros de precipitación en intervalos de 31 días. Octubre es el mes más

lluvioso, con un promedio de 97 milímetros de lluvia.

Por otro lado, El período sin lluvia en Valledupar dura 2,8 meses, desde el 25 de diciembre hasta el 19 de marzo. El mes con menos precipitaciones es febrero, con un promedio de solo 3 milímetros de lluvia. (WeatherSpark.com,s.f)

Figura 1. Promedio de lluvias Valledupar

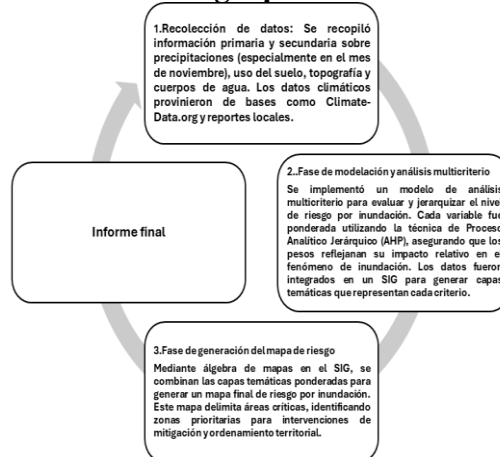


Fuente: Adaptado de informe de precipitaciones anuales Valledupar (WeatherSpark.com, 2024)

Metodología

Para alcanzar los objetivos establecidos en este estudio, se empleó un enfoque de análisis multicriterio combinado con herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este método permitió integrar diversas variables climáticas, hidrológicas y territoriales para la evaluación del riesgo por inundaciones en el municipio de Valledupar.

Figura 2. Metodología planteada



Fuente: Autoría propia, 2024

Este enfoque metodológico asegura la reproducibilidad del estudio y proporciona una base para la toma de decisiones en ordenamiento agroambiental.

El análisis jerárquico de procesos (AHP) se plantea de la siguiente manera:

Paso 1: estructura jerárquica

Se divide en tres niveles:

Meta principal: diseñar un mapa de riesgo por inundación.

Criterios: variables específicas del análisis (precipitación, topografía, uso del suelo, hidrología).

Alternativas: priorizar las áreas del municipio de Valledupar en función de su susceptibilidad al riesgo.

Paso 2: ponderación de criterios

Cada criterio se compara en pares según su influencia relativa en el riesgo de inundación. Se emplea una escala de importancia relativa (1-9), donde:

Precipitación: alta influencia (ponderación más alta).

Topografía: moderada influencia (impacto en la acumulación del agua).

Uso del suelo: moderada influencia (relación con la permeabilidad).

Hidrología: alta influencia (cercanía a cuerpos de agua).

Paso 3: matriz de comparación

Se elabora una matriz para definir las relaciones entre los criterios.

Tabla 1. Matriz de comparación

| Criterios | Precipitación | Topografía | Uso del suelo | Hidrología |
|---------------|---------------|------------|---------------|------------|
| Precipitación | 1 | 3 | 5 | 7 |
| Topografía | 1/3 | 1 | 3 | 5 |
| Uso del suelo | 1/5 | 1/3 | 1 | 3 |
| Hidrología | 1/7 | 1/5 | 1/3 | 1 |

Fuente: Autoría propia, 2024

Paso 4: cálculo de pesos

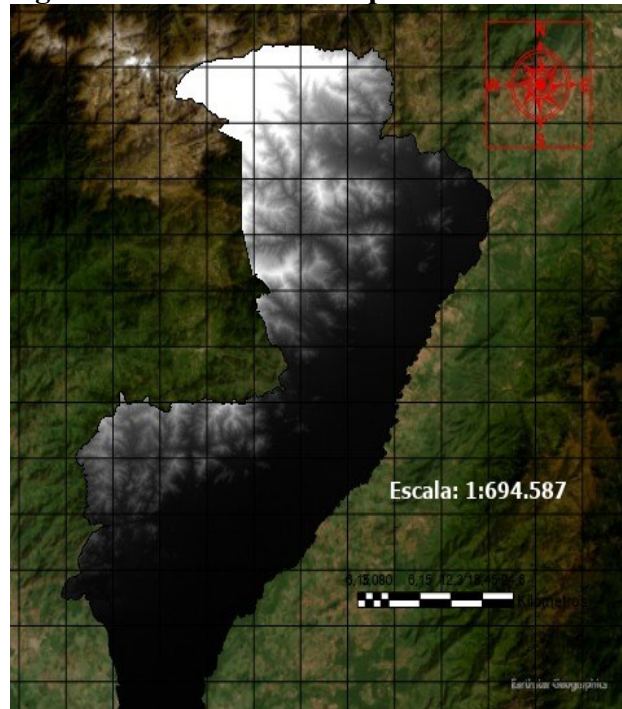
Se normalizan las filas y se calculan los pesos relativos de cada criterio, evaluando la consistencia del modelo (índice de consistencia menor a 0.1).

Paso 5: Integración en SIG

Los pesos finales se aplican a las capas temáticas en Arcgis pro, generando un mapa de riesgo que combina todos los factores según su importancia relativa.

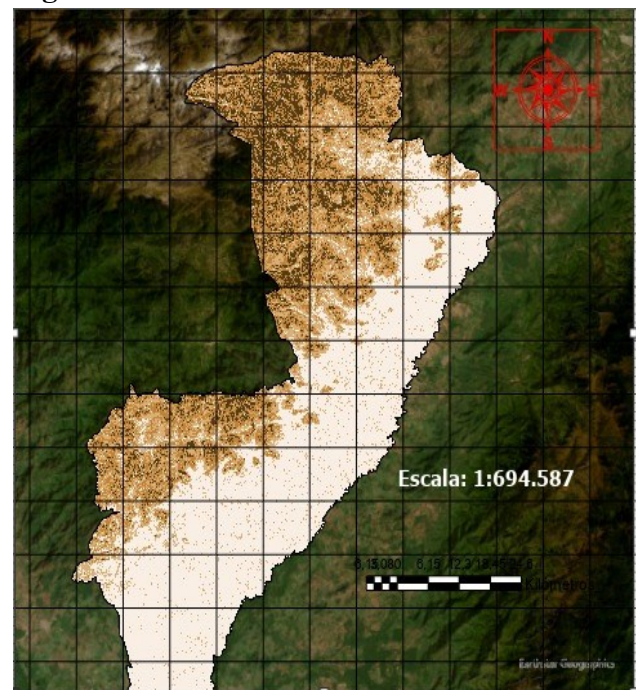
Capturas de procesos realizados en ArcGIS Pro

Figura 3. DEM de Valledupar



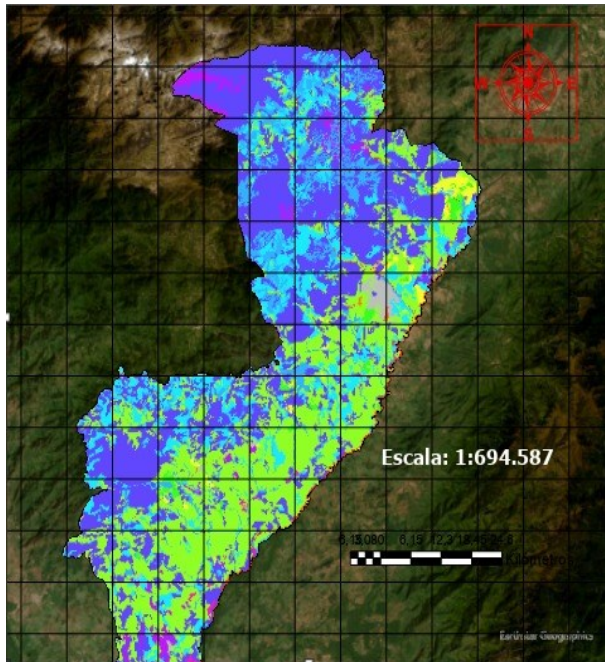
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 4. Pendiente



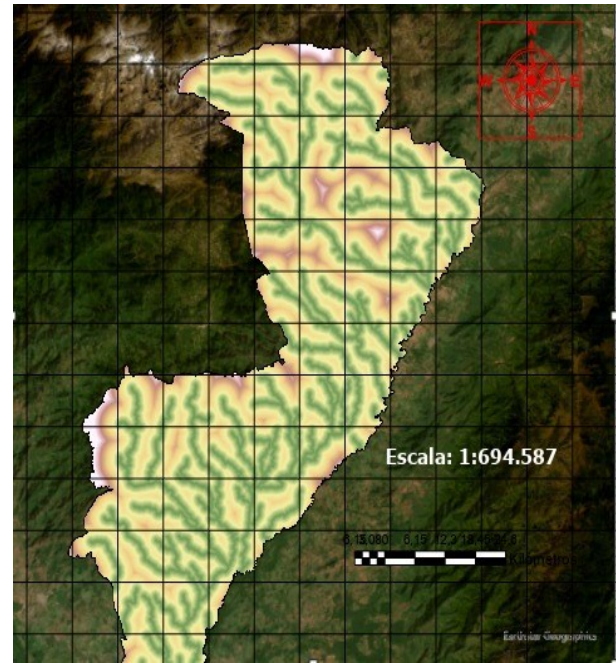
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 5. Cobertura Landcover



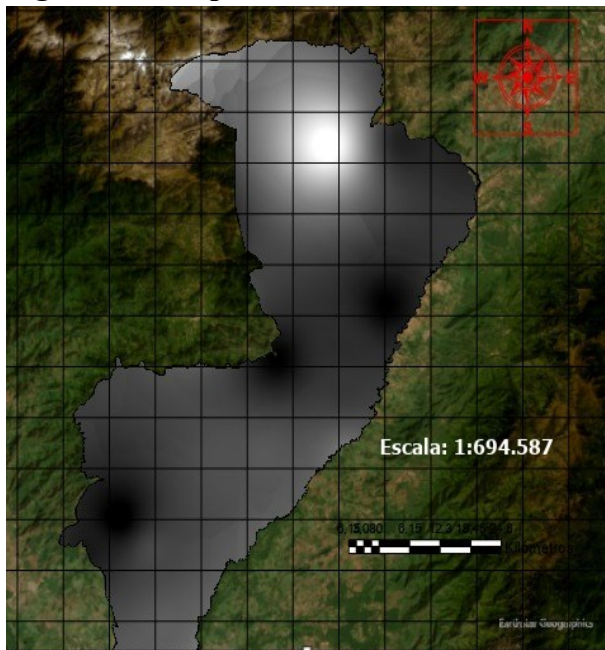
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 7. Drenajes



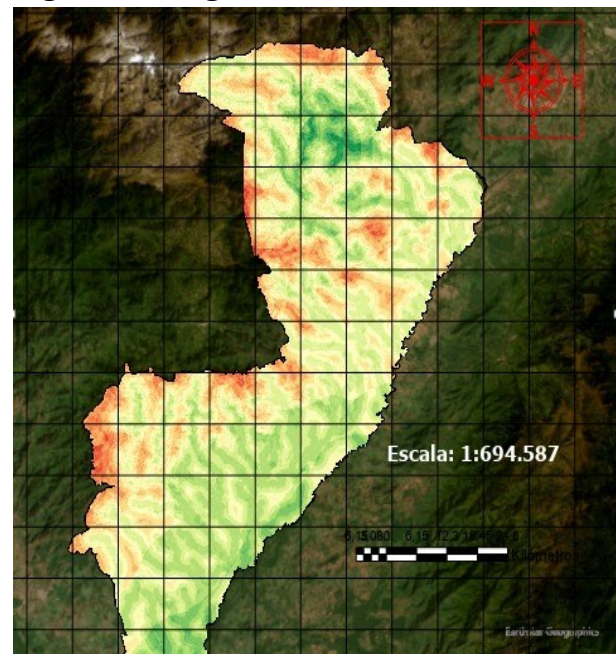
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 6. Precipitaciones de noviembre



Fuente: Autoría propia, 2024

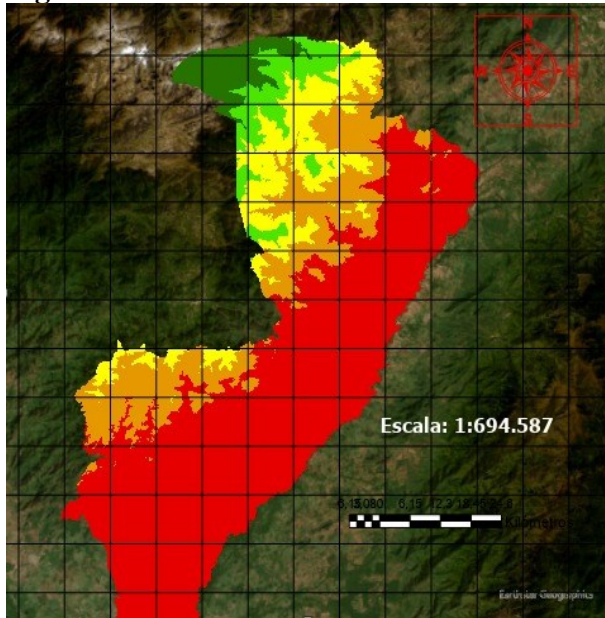
Figura 8. Riesgo de inundación



Fuente: Autoría propia, 2024

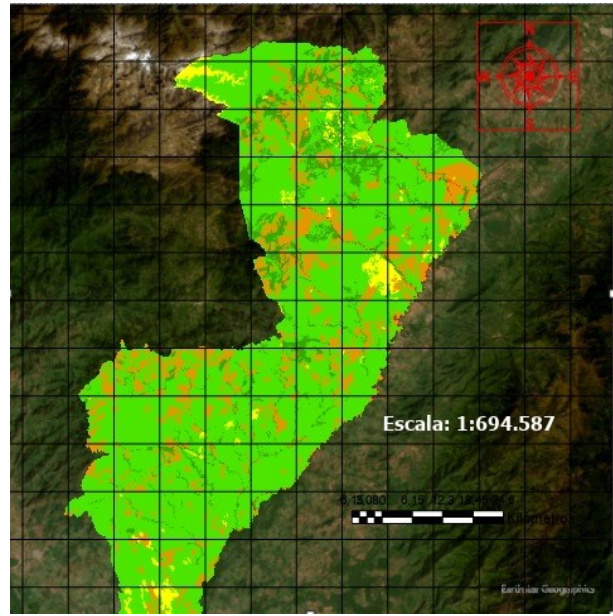
Criterios de Reclasificación y suma ponderada

Figura 10. Reclas DEM



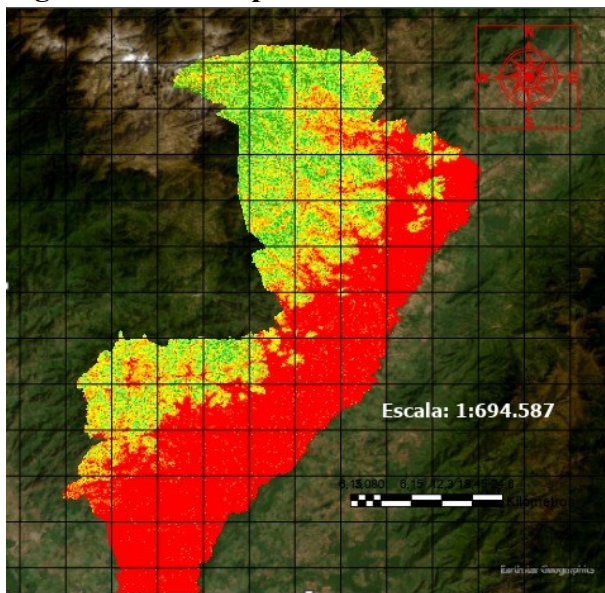
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 12. Reclas Landcover



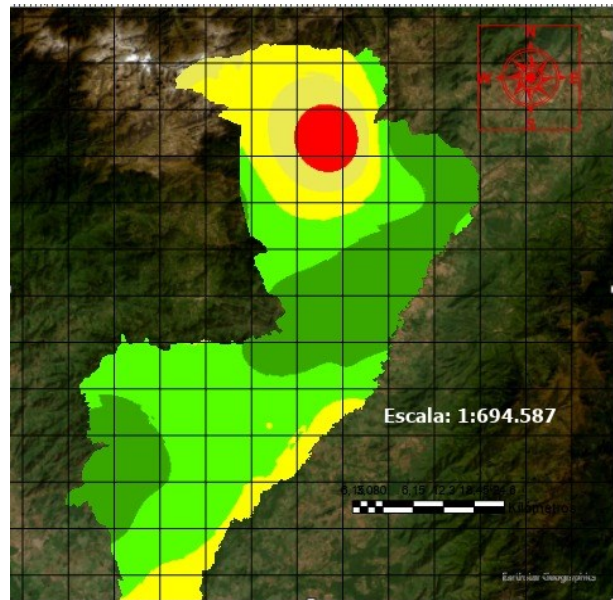
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 11. Reclas pendiente



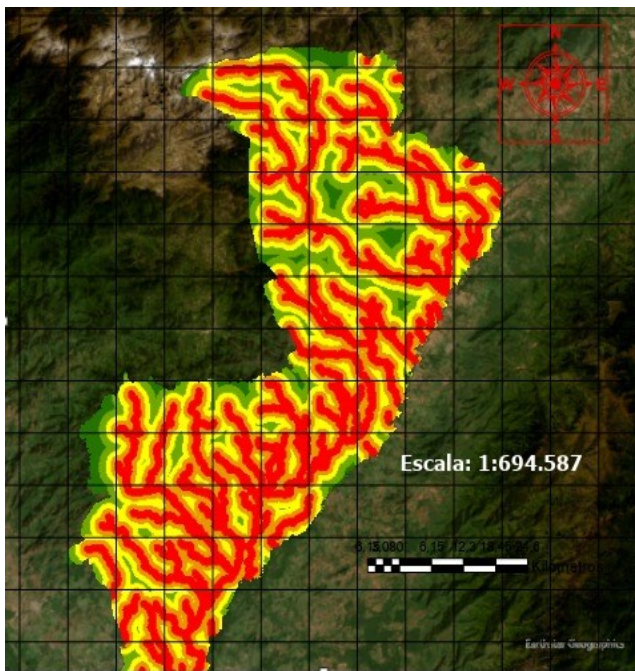
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 13. Reclas precipitación



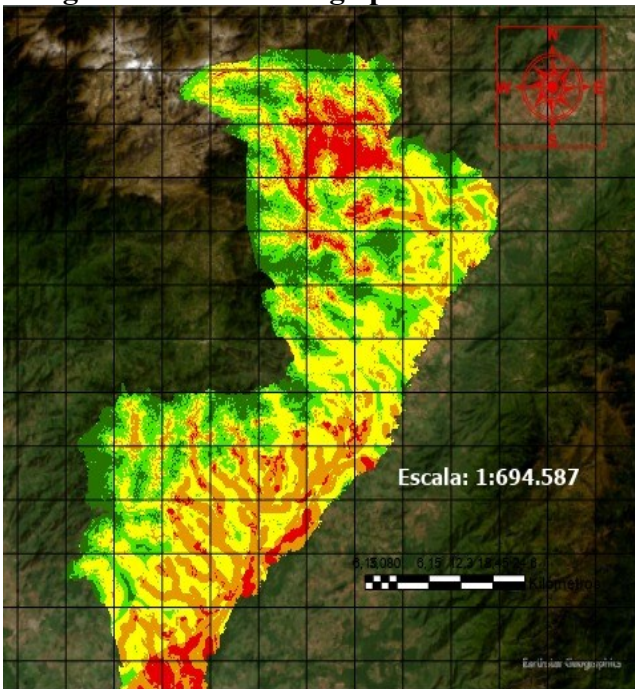
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 14. Reclas drenaje



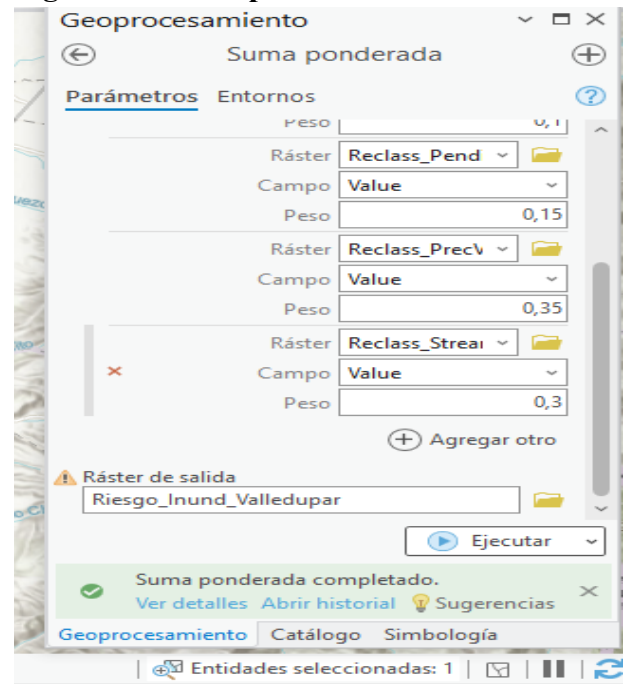
Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 15. Reclas riesgo por inundación



Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 16. Suma ponderada



Fuente: Autoría propia, 2024

Según Santos y Hernández (2014) en su estudio sobre SIG, nuestro modelo generado integra datos climáticos, topográficos y de uso del suelo mediante un análisis multicriterio, priorizando factores que influyen en el riesgo de inundaciones. La metodología utilizada ponderó estas variables y produjo un mapa que clasifica el territorio en cinco categorías de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

El mapa vectorial de drenaje destaca las zonas de mayor riesgo concentradas en áreas bajas y cercanas a ríos principales, como el Guatapurí. Estas áreas coinciden con patrones de inundación históricos y condiciones geomorfológicas críticas.

El modelo contribuye a la identificación precisa de sectores vulnerables, siendo una herramienta

fundamental para la planificación territorial, diseño de estrategias de mitigación y la gestión agroambiental sostenible.

Resultados

El análisis multicriterio permitió identificar y clasificar las áreas del municipio de Valledupar según el riesgo de inundación para el mes de noviembre. Los resultados, representados en el mapa de riesgo, muestran la distribución espacial de las categorías: riesgo muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

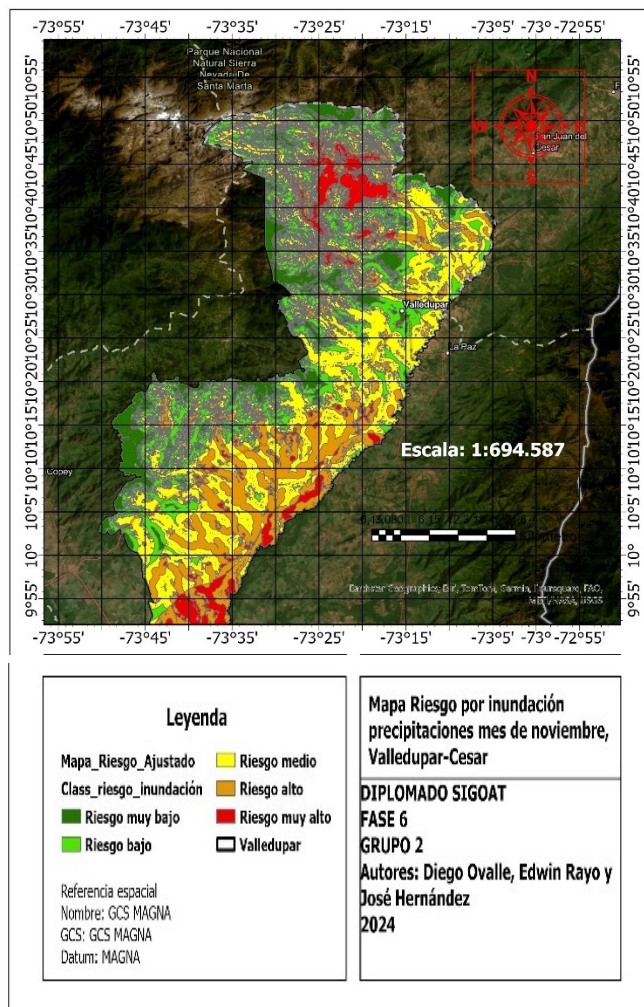
El mapa espacial complementa este análisis al localizar dichas áreas críticas, especialmente en regiones cercanas a los principales ríos y zonas bajas, como las cercanas a la ciudad de Valledupar. Este enfoque integrado proporciona una base concreta para orientar decisiones en el ordenamiento territorial agroambiental y la gestión de riesgos, enfocándose en la seguridad de las comunidades y la sostenibilidad del territorio.

Tabla 2. Clasificación cualitativa del riesgo

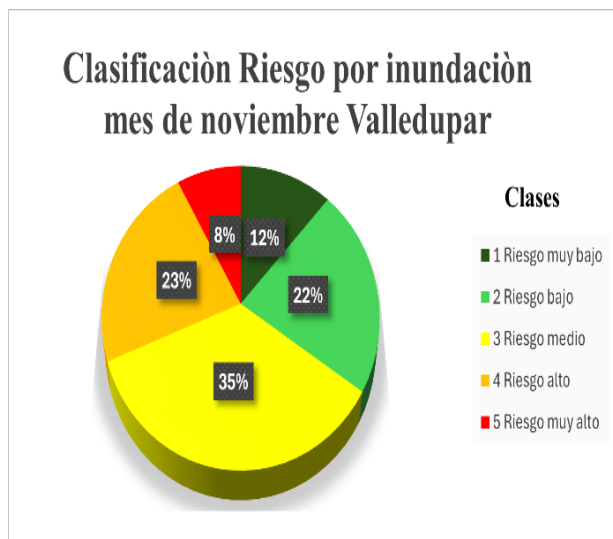
| Gridcode | Clas riesgo inundación | Área Ha |
|----------|------------------------|-----------|
| 1 | Riesgo muy bajo | 48958,40 |
| 2 | Riesgo bajo | 93844,71 |
| 3 | Riesgo medio | 144201,81 |
| 4 | Riesgo alto | 95114,07 |
| 5 | Riesgo muy alto | 33949,57 |

Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 17. Mapa vectorial generado clasificación de riesgo



Fuente: Autoría propia, 2024

Figura 18. Grafica porcentaje de riesgo

Fuente: Autoría propia, 2024

La gráfica de pastel muestra una distribución porcentual de las áreas según su nivel de riesgo. Las zonas con riesgo bajo (35%) dominan, seguidas por las de riesgo medio (23%) y riesgo alto (22%). Sin embargo, un 8% del territorio presenta riesgo muy alto, lo que evidencia zonas críticas que requieren atención prioritaria en términos de mitigación y planificación.

El análisis de riesgo por inundación para el municipio de Valledupar muestra que las zonas con riesgo muy alto (8%) y riesgo alto (22%) están concentradas principalmente en áreas bajas cercanas a los ríos Guatapurí, Cesar y otros cuerpos de agua secundarios. Estas áreas presentan alta vulnerabilidad para las comunidades debido a la acumulación de agua, afectando infraestructuras, viviendas, cultivos y ecosistemas locales.

Por otro lado, el riesgo bajo (35%) y el riesgo muy bajo (12%) se encuentran en sectores elevados y alejados de cauces principales,

donde las pendientes y características del suelo limitan el impacto de inundaciones.

Distribución espacial y análisis:

- Las áreas críticas con mayor riesgo se localizan en la periferia de Valledupar, donde confluyen factores como alta densidad de drenajes y suelos con baja permeabilidad.
- Las zonas de menor riesgo incluyen áreas agropecuarias en el norte y centro del municipio, menos expuestas a acumulaciones de agua.

Impacto potencial:

- Comunidades: Las áreas de alto riesgo afectan principalmente barrios periféricos y zonas rurales vulnerables, incrementando la exposición a daños materiales y sociales.
- Infraestructura: Caminos rurales y sistemas de alcantarillado en zonas críticas podrían colapsar por el aumento de caudales.
- Sistemas agropecuarios: Los cultivos en áreas de alto riesgo están expuestos a pérdidas significativas por anegación, afectando la seguridad alimentaria local.
- Ecosistemas: El aumento del nivel del agua puede causar alteraciones en humedales y pérdida de biodiversidad.

Conclusiones

La aplicación de sistemas de información geográfica permitió identificar y analizar variables clave como la precipitación, el uso del suelo, la topografía y la hidrología, las cuales son determinantes en la susceptibilidad del

municipio de Valledupar a inundaciones. Este enfoque integral facilita una comprensión más precisa de los factores de riesgo y sus interrelaciones.

La implementación de técnicas de análisis multicriterio integradas con SIG demostró ser eficaz para jerarquizar las áreas según su nivel de riesgo por inundación. Este método aseguró una evaluación objetiva que prioriza las zonas más vulnerables del territorio.

El desarrollo del mapa temático de riesgo por inundación permitió delimitar las áreas críticas del municipio, proporcionando una herramienta valiosa para la planificación territorial. Este producto no solo contribuye a la mitigación del riesgo, sino que también apoya la toma de decisiones orientadas a la sostenibilidad agroambiental.

Los resultados obtenidos resaltan la importancia de adoptar estrategias basadas en evidencias, como las que ofrece este estudio, para enfrentar los desafíos relacionados con las inundaciones y su impacto en las comunidades, los sistemas agropecuarios y los ecosistemas locales.

Por otro lado, los resultados destacan que el 30% del territorio presenta riesgo alto o muy alto, lo que subraya la necesidad de priorizar estas zonas en los planos de mitigación. Las áreas rurales y las zonas periféricas urbanas son especialmente vulnerables.

Para concluir la metodología utilizada proporciona datos evidentes para apoyar procesos de ordenamiento agroambiental. Sin embargo, es fundamental complementar estos análisis con estudios más detallados a escala

local para abordar particularidades socioeconómicas y culturales del municipio.

Recomendaciones

Desde el campo de la agronomía se recomienda Implementar obras de infraestructura como diques, sistemas de drenaje y canales de desviación en áreas críticas para disminuir el riesgo de inundaciones y proteger tanto a las comunidades como a los sistemas agropecuarios.

Promover prácticas agroambientales sostenibles en áreas vulnerables, como la implementación de sistemas agroforestales que mejoren la absorción de agua y reduzcan la erosión.

Incorporar los mapas de riesgo en la planeación territorial del municipio, asegurando que las áreas de riesgo alto y muy alto se consideren en los planos de uso del suelo y las estrategias de adaptación climática.

Realizar campañas educativas para sensibilizar a la comunidad sobre las zonas del riesgo y las acciones de prevención requeridas, fomentando una participación activa en la gestión del riesgo y el cuidado ambiental.

Referencias bibliográficas

- Alcocer-Yamanaka, V. H., Rodríguez-Varela, J. M., Bourguett-Ortiz, V. J., Llaguno-Guilberto, O. J., & Albornoz-Góngora, P. M. (2016). Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas. *Tecnología y ciencias del agua*, 7(5), 33-55.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222016000500033&script=sci_arttext
- Avila León, J. F. (2022). Análisis de la gestión del riesgo de inundaciones en la región de la Mojana (2016-2022). <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/>

core/bitstreams/af1e790f-ba7a-4f22-8feb-aea9db984a2c/content

•Avila Quimbayo, L. V., & Gomez Moncaleano, B. Evaluación de riesgo de inundaciones en áreas de cultivo de Saldaña, Tolima aplicando sistemas de información geográfica (SIG). [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/62326/bgomezmo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/62326/bgomezmo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

•Clima Valledupar: Temperatura, climograma y tabla climática para Valledupar. (s. f.). *Climate-Data.org*. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/cesar/valledupar-3832/>

•Efraimidou, E., 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>

•El clima en Valledupar, el tiempo por mes, temperatura promedio (Colombia) - Weather Spark. (s. f.-a). *Weather Spark*. <https://es.weatherspark.com/y/24425/Clima-promedio-en-Valledupar-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

•García, C. C., Guevara, J. B. M., & Rogel, Y. Á. (Eds.). (2004). *Medio ambiente, recursos y riesgos naturales*. EDITUM. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Cu9SxN3DuVQC&oi=fnd&pg=PA243&dq=Aplicaci%C3%B3n+de+SIG+en+el+an%C3%A1lisis+de+riesgos+naturales.&ots=O8uZrmyP70&sig=VEFAvuvvPEXGfarlhCt3aWEVCM#v=onepage&q=Aplicaci%C3%B3n%20de%20SIG%20en%20el%20an%C3%A1lisis%20de%20riesgos%20naturales.&f=false>

•Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2012). Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación.

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/119883892/Guia+Metodologica+para+la+Elabor>

<aci%C3%B3n+de+Mapas+de+Inundacion.pdf/980318f6-7181-4b1c-9a37-58c9fcd12ac3>

•Isidro, M. L., Herrero, A. D., & Huerta, L. L. (2009). Aplicaciones de los SIG al análisis y gestión del riesgo de inundaciones: avances recientes. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (29), 29-37. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Estrategias+de+mitigaci%C3%B3n+de+inundaciones+usando+SIG+y+an%C3%A1lisis+multicriterio&btnG=

•Mejía Coronel, J. F. (2021). Estimación del riesgo por inundación en la ciudad de Valledupar utilizando imágenes satelitales y sistemas de información geográfica. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/11316/1.192.758.659.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/11316/1.192.758.659.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

•Moreno Palacio, C., & Bermúdez Ordoñez, Ó. A. (2016). Análisis del riesgo por inundación utilizando herramientas SIG para la cuenca del Río Quito.

chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/2896/Moreno_Cristian_TrabajodeGrado_2016.pdf.pdf?sequence=1

•Palacios Cabrera, T., Valdes-Abellan, J., Jódar-Abellán, A., & Alulema, R. (2020). Análisis del cambio de uso del suelo y su impacto en la respuesta hidrológica en la cuenca del Embalse de Guadalest. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/109063/1/riesgo-inundacion-espana-399-408.pdf>

•Pineda Santos, LD, & Suárez Hernández, JE (2014). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4 (3), 28-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262041005>

•Sevillano Rodríguez. M.E. (2020). Zonificación de la amenaza ante inundaciones a partir de un método de evaluación multicriterio en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia

<https://geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/661>

•WeatherSpark (s.f.). "Clima en Valledupar: Precipitación y riesgos asociados.

<https://es.weatherspark.com/y/24425/Clima-promedio-en-Valledupar-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/AQHvtTKqOow>