

Integración del sistema información geográfico S.I.G y análisis Multicriterio para la Gestión del Riesgo de Inundación en el Municipio de Suárez Departamento del Cauca.

Angie Katherine Baquero Castillo akbaquero@unadvirtual.edu.co

Ingrid Daniela Escobar Rojas Idescobarr@unadvirtual.edu.co

Evangelina Parra Perez evangelina.parra@unad.edu.co

Resumen

Las inundaciones y los eventos hidrometeorológicos recurrentes, generan importantes pérdidas humanas y socioeconómicas en el mundo. En Colombia, regiones como el Departamento del Cauca son especialmente vulnerables debido a factores como su geomorfología, condiciones climáticas y patrones de ocupación del suelo. La evaluación del riesgo de inundación es clave para la gestión territorial y la planificación de emergencias, especialmente en municipios como Suárez, donde se busca integrar Sistemas de Información Geográfica (SIG) y análisis multicriterio para este propósito.

Esta integración SIG propone emplear variables físicas (pendiente, cobertura del suelo, modelo y precipitaciones) para analizar el riesgo. Los SIG han emergido como herramientas esenciales para manejar grandes cantidades de datos, identificar áreas vulnerables y generar mapas de riesgo detallados. Por su parte, el análisis multicriterio permite combinar y ponderar múltiples factores, convirtiéndose en una metodología efectiva para abordar fenómenos complejos como las inundaciones.

Aunque en Colombia se han realizado estudios sobre riesgos de inundación en diversas regiones, son limitadas las investigaciones específicas en el Departamento del Cauca y Suárez.

Palabras claves: Precipitaciones, riesgo, geografía.

Introducción

Las inundaciones son eventos hidrometeorológicos recurrentes que generan pérdidas humanas, económicas y sociales significativas a nivel global. En Colombia, el Departamento del Cauca, al igual que otras regiones del país, es altamente susceptible a este tipo de eventos debido a su geomorfología, condiciones climáticas y patrones de ocupación del suelo. Ante esta problemática, la evaluación del riesgo de inundación se ha convertido en una prioridad para la gestión territorial y la

planificación de emergencias (Sedano, Carvajal & Ávila 2013). El presente estudio se quiere evaluar el riesgo de inundación en el municipio de Suárez mediante la integración de SIG y análisis multicriterio. Se utilizarán variables físicas como la pendiente, el uso del suelo, el modelo digital del terreno y la precipitación, así como variables socioeconómicas relevantes.

En las últimas décadas, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han emergido como una herramienta fundamental para el análisis espacial y la evaluación de riesgos naturales. La capacidad de los SIG para integrar

y analizar grandes volúmenes de datos geográficos ha facilitado la identificación de áreas vulnerables y la generación de mapas de riesgo detallados. Paralelamente, el análisis multicriterio ha demostrado ser una metodología eficaz para evaluar fenómenos complejos como el riesgo de inundación, al permitir la ponderación y combinación de múltiples factores físicos y socioeconómicos. (Moreno & Bermúdez 2016).

Diversos estudios han explorado la aplicación de SIG y análisis multicriterio en la evaluación del riesgo de inundación en diferentes regiones del mundo. En Colombia, aunque se han realizado investigaciones en otras zonas del país, son escasos los estudios específicos para el Departamento del Cauca y el municipio de Suárez. Sin embargo, trabajos como el de (Rodríguez, 2020) en la Ciudad de Santiago de Cali han destacado la importancia de considerar factores como la pendiente, la cobertura del suelo y la precipitación para evaluar la susceptibilidad a inundaciones.

Objetivos

Objetivo General

Integrar el sistema información geográfico S.I.G y análisis Multicriterio para la Gestión del Riesgo de Inundación en el Municipio de Suárez Departamento del Cauca.

Objetivos Específicos

Caracterizar las condiciones físicas y socioeconómicas del municipio de Suárez que influyen en la susceptibilidad a inundaciones, mediante mapas temáticos rasterizados de pendiente, uso del suelo, modelo digital del

terreno (MDT), precipitación y red de drenaje, clasificados en cinco niveles de riesgo.

Integrar los mapas Temáticos de municipio de Suárez a través de un análisis multicriterio con ponderaciones que van a depender de las características del área de estudio.

Identificar las áreas del municipio de Suárez con mayor vulnerabilidad a inundaciones con la ocupación del suelo en cada categoría de riesgo.

Identificación del caso de estudio

El municipio de Suárez, ubicado en el departamento del Cauca, Colombia, constituye un caso de estudio relevante para analizar la influencia de la precipitación y el régimen de lluvia en el riesgo de inundaciones. Geográficamente, se encuentra en una región caracterizada por su relieve montañoso, con la presencia de ríos y quebradas que atraviesan su territorio. Esta configuración topográfica, sumada a las condiciones climáticas particulares de la zona, lo hacen susceptible a eventos hidrometeorológicos extremos como las inundaciones (Corporación Autónoma Regional del Cauca ,2019).

La precipitación es un factor determinante en la ocurrencia de inundaciones en el municipio de Suárez. El régimen de lluvias en la región, caracterizado por períodos de alta intensidad y duración, incrementa significativamente el riesgo de desbordamientos de ríos y quebradas, así como de deslizamientos de tierra (IDEAM, 2022).

Según (Peñaloza, 2017), los estudios hidrológicos realizados en el departamento han evidenciado una estrecha relación entre la cantidad y la intensidad de las precipitaciones y la generación de caudales máximos que superan la capacidad de los cauces naturales. Esto, sumado a la ocupación del suelo y a la

deforestación, ha aumentado la vulnerabilidad del municipio ante eventos extremos.

El clima del municipio de Suárez se caracteriza por su alta humedad y precipitación, con una marcada estacionalidad. La temporada de lluvias, que coincide con los meses de abril a noviembre, concentra la mayor parte de la precipitación anual. Estas condiciones climáticas, combinadas con las características geomorfológicas de la región, favorecen la ocurrencia de inundaciones (IDEAM, 2018).

Desde el punto de vista hidrológico, el municipio de Suárez se encuentra influenciado por la presencia de ríos y quebradas que drenan hacia grandes cuencas hidrográficas. Estos cuerpos de agua presentan una dinámica hidrológica compleja, influenciada por factores como la pendiente del terreno, la cobertura vegetal y la geología. Durante los períodos de alta precipitación, los caudales de estos ríos aumentan considerablemente, lo que puede generar inundaciones en las zonas bajas y aledañas a los cursos de agua (IDEAM, 2022).

Metodología

Recopilación y Preparación de Datos.

Adquisición de datos: Obtener los datos raster de MDE, cobertura del suelo (Land Cover 2018), y precipitación.

Crear los datos vectoriales de la red de drenaje con el uso del modelo digital de elevación y geo procesos hidrológicos hecho con el Arcgis pro.

Figura 1. Flujos acumulados.

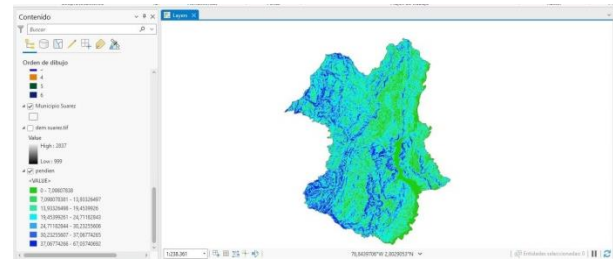


Fuente: Autoría propia, 2024

Verificación de la proyección: Asegurarse que todos los datos estén en la misma proyección cartográfica.

Cálculo de pendiente: Utilizar la herramienta "Slope" en ArcGIS Pro para calcular la pendiente a partir del MDE.

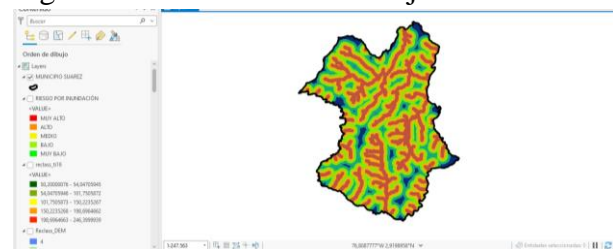
Figura 2. Pendientes en rangos



Fuente: Autoría propia, 2024

Cálculo de distancia a drenajes: Emplear la herramienta "Euclidean Distance" para calcular la distancia euclidiana de cada celda a la red de drenaje.

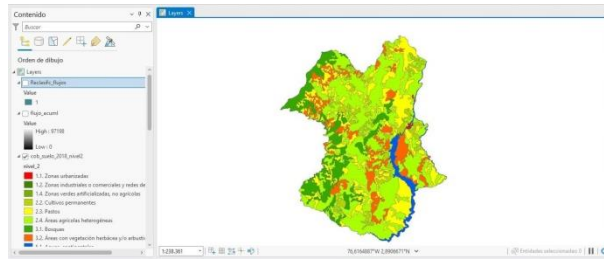
Figura 3. Distancia entre drenajes.



Fuente: Autoría propia, 2024

Cobertura del suelo: recortar capa vectoriales de cobertura del suelo Land Cover para el municipio Suárez.

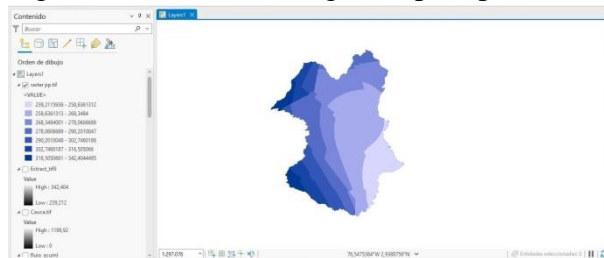
Figura 4. Cobertura del suelo clasificada nivel 2.



Fuente: Autoría propia, 2024

Precipitación: Raster de precipitación para el mes de noviembre mes de picos más altos de lluvia para el municipio Suárez.

Figura 5. Raster con rangos de precipitación.



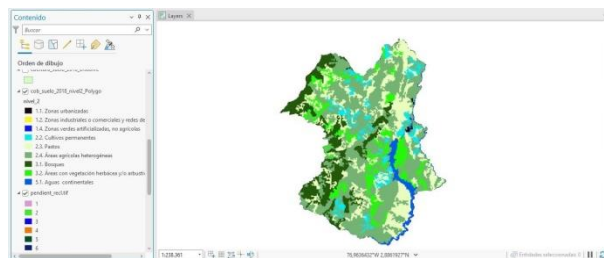
Fuente: Autoría propia, 2024

2. Reclasificación de los Factores

Crear tablas de atributos: Para cada raster, crear una tabla de atributos con dos campos: "Valor" y "Clase".

Asignar clases: Asignar los valores de cada clase (1 a 5) a los rangos de valores de cada factor. Por ejemplo, para la pendiente, se asignaría un valor de 5 a las pendientes muy altas y 1 a las pendientes muy bajas.

Imagen 6. Reclasificación y rasterización cobertura del suelo.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Utilizar la herramienta "Reclassify": Aplicar esta herramienta para reclasificar cada raster de acuerdo a las tablas de atributos creadas.

3. Asignación de Pesos y Análisis de Suma Ponderada

Crear una tabla de pesos: Crear una tabla con dos columnas: "Factor" y "Peso".

Utilizar la herramienta "Weighted Overlay": Agregar todos los rasters reclasificados a la herramienta.

Asignar a cada raster el peso correspondiente de la tabla de pesos.

Seleccionar el método de suma ponderada.

4. Clasificación del Riesgo

Crear una tabla de clasificación: Crear una tabla con dos columnas: "Valor" y "Categoría de riesgo".

Utilizar la herramienta "Reclassify": Aplicar esta herramienta al resultado de la suma ponderada para asignar las categorías de riesgo según los rangos de valores obtenidos.

5. Vectorización y Cálculo de Áreas

Convertir a polígono: Utilizar la herramienta "Raster to Polygon" para convertir el raster de riesgo en un polígono.

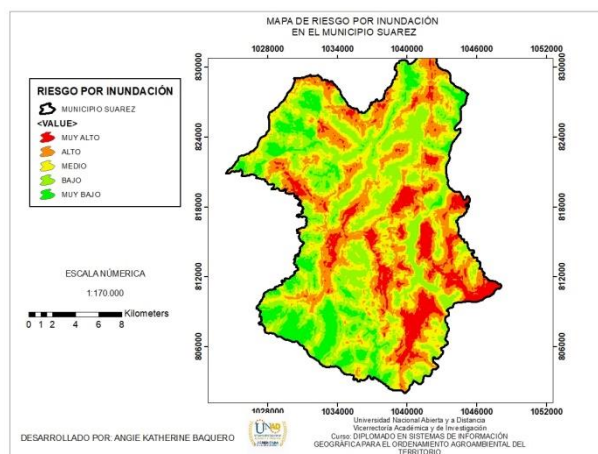
Cálculo de áreas: Utilizar la herramienta "Calculate Geometry" para calcular el área de cada polígono (categoría de riesgo).

Resultados

El análisis del mapa de riesgo de inundación generado para el municipio de Suárez revela una distribución espacial significativa que destaca la variabilidad en los niveles de riesgo dentro del territorio. Los resultados obtenidos,

clasificados en cinco categorías cualitativas, son los siguientes: muy alto (19%), alto (23,58%), medio (26,43%), bajo (23,03%) y muy bajo (8,11%).

Figura 7. Mapa Clasificación de riesgo por inundación.



Identificación de Áreas Críticas

Las áreas con riesgo muy alto y alto, que en conjunto abarcan el 42,58% del territorio, representan las zonas críticas para la gestión del riesgo. Estas se concentran principalmente en:

Llanuras aluviales y zonas cercanas a la red de drenaje principal, especialmente en sectores cercanos al río Cauca y sus afluentes. Estas áreas, caracterizadas por su baja altitud y pendiente reducida, son propensas al estancamiento de agua y desbordamientos durante eventos de precipitación intensa (Rodríguez, 2020).

Áreas con deforestación significativa, donde la ausencia de cobertura vegetal ha aumentado la vulnerabilidad al arrastre y acumulación de sedimentos.

En contraste, las áreas clasificadas como de riesgo muy bajo (8,11%) se localizan

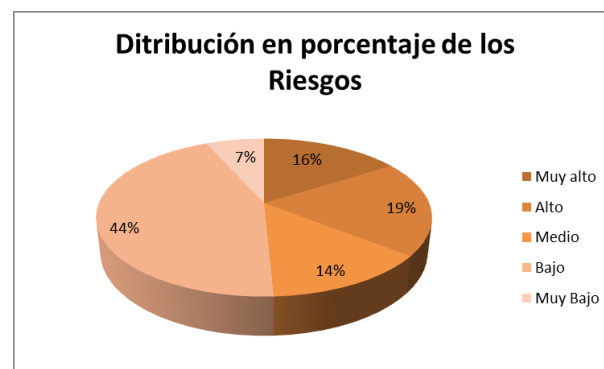
predominantemente en zonas elevadas, donde las pendientes más pronunciadas y una menor exposición a cuerpos de agua limitan la probabilidad de inundación.

Distribución Espacial del Riesgo

La categoría de riesgo medio, que cubre el 26,43% del territorio, actúa como una zona de transición entre áreas de alto y bajo riesgo. Estas zonas, aunque no están directamente expuestas a inundaciones graves, podrían verse afectadas indirectamente por problemas como saturación de suelos o flujos secundarios de agua.

Por su parte, las áreas de riesgo bajo (23,03%) son extensas y se distribuyen en zonas periféricas y de pendientes moderadas, donde la capacidad de infiltración del suelo y la distancia a la red hídrica disminuyen el impacto de las lluvias intensas.

Figura 6. Distribución de los riesgos.



Fuente: Autoría propia, 2024

Impacto Potencial y Relevancia de los Resultados

Impacto en Infraestructura y Población:

Las zonas de alto y muy alto riesgo incluyen sectores habitados y áreas agrícolas clave para la economía local. Esto sugiere un alto potencial de impacto negativo en términos de pérdidas económicas, daños a infraestructura y afectaciones a la seguridad de las comunidades.

El riesgo de inundación podría afectar vías de comunicación y acceso, especialmente durante eventos climáticos extremos, dificultando las actividades cotidianas y la respuesta ante emergencias.

Desafíos Ambientales:

Las áreas con deforestación y degradación del suelo amplifican el riesgo, al reducir la capacidad de retención de agua y aumentar el flujo de escorrentía superficial.

Los ecosistemas riparios podrían estar en peligro debido al desbordamiento de ríos, lo que afecta tanto la biodiversidad local como los servicios ecosistémicos que estos proveen.

Oportunidades para Mitigación:

Las áreas de bajo y muy bajo riesgo ofrecen un potencial para implementar proyectos de reasentamiento o desarrollo sostenible, evitando aumentar la presión sobre las zonas críticas.

El mapa generado puede ser una herramienta esencial para planificar sistemas de drenaje, establecer corredores de protección ecológica y delimitar zonas de conservación y restauración.

Conclusiones

El uso del análisis multicriterio integrado con Sistemas de Información Geográfica (SIG) se ha demostrado como una herramienta poderosa para identificar y evaluar riesgos de

inundación en el municipio de Suárez, Cauca. Esta metodología permitió combinar diversos factores clave, como la pendiente del terreno, la densidad de drenajes, la precipitación, y la cobertura del suelo, para generar mapas detallados que clasificaron el riesgo en diferentes categorías (Molina & Sánchez).

El análisis determinó que el 42.58% del territorio presenta riesgo alto y muy alto, destacando las áreas críticas ubicadas en las llanuras aluviales y las cercanas a la red de drenaje principal, como el río Cauca y sus afluentes. Estas zonas, caracterizadas por baja altitud y pendientes reducidas, son las más vulnerables a desbordamientos y estancamiento de agua.

El uso del Modelo Digital de Elevación (MDE) fue fundamental para identificar zonas de baja altitud que correspondían a áreas de riesgo elevado, mientras que las regiones con mayor elevación mostraron niveles significativamente menores de riesgo. Esta metodología ofrece una base sólida para la planificación territorial, la implementación de medidas de mitigación y la optimización de recursos en la gestión del riesgo de inundaciones. Además, destaca la importancia de integrar tecnologías avanzadas como SIG y análisis multicriterio en la toma de decisiones estratégicas.

. Las diferencias en la distribución espacial del riesgo reflejan tanto las características geomorfológicas del municipio como el impacto de las actividades humanas sobre el territorio. Implementar estrategias de mitigación basadas en estos resultados puede contribuir a reducir significativamente la vulnerabilidad del municipio ante futuros eventos hidrometeorológicos extremos (IGAC,2020).

Recomendaciones

- Promover prácticas agroecológicas, para disminuir el impacto ambiental de la actividad agrícola.
- Priorizar las zonas vulnerables a inundaciones o deslizamientos, con siembra de cultivos resistentes en estas áreas.
- Promover la participación de comunidades campesinas y organizaciones locales en la toma de decisiones sobre el uso del territorio.
- Mapear las zonas de inundaciones para evitar actividades agrícolas en estas áreas o restringirlas a cultivos adaptados al exceso de humedad.
- Implementar y reforzar las franjas de vegetación ribereña a lo largo de los cauces de los ríos para reducir la erosión, filtrar sedimentos y amortiguar el impacto de las crecidas.

Referencias bibliográficas

Alcaldía de Suárez. (2021). Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Suárez, Cauca. Suárez: Alcaldía Municipal.

Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC). (2019). Informe de gestión ambiental del Departamento del Cauca: *Condiciones climáticas y riesgos hidrometeorológicos*. CRC.

González Valencia, J. (2006). Propuesta metodológica basada en un análisis multicriterio para la identificación de zonas de amenaza por deslizamientos e inundaciones.

Revista Ingenierías Universidad de Medellín, Vol. 5(8), pp. 59–70.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2022). *Datos históricos de precipitación y clima en Colombia*. IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2018). Caracterización climática y análisis de riesgos en municipios del suroccidente colombiano. IDEAM.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). Estudios geomorfológicos aplicados a la gestión del riesgo en Colombia. Bogotá: IGAC.

Molina, A. C., & Sánchez, P. (2020). Aplicación de SIG y análisis multicriterio en la evaluación de riesgos naturales. *Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 45-60.

Morales, A., Ledesma-A, M., Coronel, C., y Metternicht, G. (2012). *Capítulo 8. La explotación de la información geográfica*.

M. Bernabé y C. Lopez, *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales* (pp. 117-130). UMP Press Universidad Politécnica de Madrid.

Moreno, A., & Bermúdez, J. (2016). Metodologías multicriterio aplicadas a la evaluación del riesgo de inundaciones. *Revista de Geografía y Ambiente*, 10(1), 23-34. <https://doi.org/10.>

Peñaloza, J. (2017). Relación entre precipitaciones intensas y vulnerabilidad

hídrica en el Cauca. *Revista de Estudios Ambientales*, 12(3), 45-60.

Pineda, L., y Suarez, J. (2014). *Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos*. *Revista Ingeniería Agrícola*, Vol. 4(3), pp. 28-32.

Ramírez Cano, C. (2016). Valoración ecosistémica a partir del uso de métricas de paisaje aplicando sistemas de información geográfica en cultivos de palma africana. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, Vol. 7(2), pp. 129-143.

Rodríguez, L. (2020). Evaluación del riesgo de inundación mediante SIG y análisis multicriterio: Un estudio de caso en Santiago de Cali. *Revista Colombiana de Ciencias Ambientales*, 15(2), 78-95.

Sedano, J., Carvajal, F., & Ávila, R. (2013). Evaluación del riesgo de inundación en áreas urbanas: Un enfoque integral para la gestión territorial. *Revista de Gestión Ambiental*, 12(3), 45-62.
<https://doi.org/10.1234/rga.v12i3.5678>

Toro, O. A. (2024). *Análisis espacial*. [Objeto_virtual_de_Informacion_OVI]. Repositorio Institucional UNAD.

Villatoro, M., Henríquez, C., y Sancho, F. (2008). *Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de pH, Ca, CICE y P del suelo*. *Agronomía Costarricense*, Vol- 32(1), pp. 95–105.

Ward, S., y Ward, J. (2017). Chapter 3: Basic Map Concepts-The science of

cartography. En S. Ward y J. Ward, *Map Librarianship. A guide to geoliteracy, map and GIS resources and services* (pp. 53-69). CHANDOS Elsevier.

4o

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/rkWFbIxxj3c?feature=share>