

Modelación de riesgos de inundación mediante sistemas de información geográfica (sig) para el municipio de Tuluá (Valle del Cauca).

JHON ELMER QUIÑONES CABEZAS - jequinonesc@unadvirtual.edu.co

VICTOR HUGO BUITRAGO GARCIA – vhbuitragog@unadvirtual.edu.co

JUAN JOSE CAMACHO ALEGRIA - jjcamachoa@unad.edu.co

YETFERSSON ARLEY SERRATO VELOSA – yetferson.serrato@unad.edu.co

Resumen

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) nos brindan informaciones muy relevantes por medio de ejercicios vectoriales, además de esto son utilizados para evaluar riesgos de inundación en diferentes municipios. Los cuales permiten obtener múltiples resultados, así como también las metodologías que se aplican para mitigar los riesgos a través de la toma de decisiones. Estas metodologías son muy importantes en la generación de resultados efectivos y la organización en las diferentes actividades y acciones que se toma para la solución de los problemas. En ello las poblaciones son los más involucrados o afectados por este tipo de fenómenos naturales, por lo que es indispensable trabajar en la mitigación de estos problemas de inundaciones.

La estrategia de trabajo o método propuesto se basa en buscar la manera más practica posible en poder llegar a mitigar nuestro objetivo propuesta de mitigación de inundación en el municipio de Tuluá, por medio del uso software Geográfico (SIG). El cual nos permitirá realizar ejercicios o pasos vectoriales para poder llegar a obtener los resultados requeridos. La herramienta de geoprocso de ArcGIS Pro, nos brinda la facilidad de obtener, almacenar y analizar los datos que se extraen, entenderlos para poder realizar la acción o toma de decisiones. Nuestro investigación y trabajo está enfocado en el municipio de Tuluá, el cual es un municipio vulnerable y propenso a inundaciones llegando a afectar un número muy significativo de su población, se manejará de una forma muy inmersa por medio de la inteligencia tecnológica y del reconocimiento visual e investigativo de las zonas de mayor riesgo de inundación por medio de Aero naves no tripuladas (Drones) que nos brindaran tomas de imágenes o satelitales. Para poder logra nuestro objetivo se debe aplicar un análisis multicriterio por la necesidad de convertir las capas en formato vectorial empleando las herramientas conversión de ArcGIS Pro, para realizar cálculos geométricos y estipular el área de los polígonos lo cual implica que se puede trabajar en el análisis.

Palabras claves: **Riesgo, Análisis multicriterio, SIG, Inundación, Modelación.**

Introducción

En el municipio de Tuluá recae un riesgo de mucha importancia el cual permite que parte de

la población tuluëña viva de forma insegura debido a los riesgos de inundaciones que se posee el municipio debido a esto se busca una investigación la cual nos permitirá tener un

análisis mucho más acercada a la realidad de la situación que se presenta en el municipio de Tuluá, este municipio es propenso a estos fenómenos de inundaciones siendo así cada vez más evidente.

Los riesgos que se presentan requieren investigaciones y evaluaciones más efectivas, debido a sucesos devastadores que se pueden presentar si no se actúa rápida y adecuadamente. Una de las formas que se pueden emplear para ayudar a mitigar este tipo de problemas, son (SIG) debido a que es una herramienta importante utilizada para analizar, recopilar y actuar.

En la realización de estudio de la problemática de riesgo por inundación del municipio de Tuluá es fundamental contar con materiales de investigación que nos puedan brindar unos análisis y esquemas claros y adecuados para poder realizar las gestiones adecuadas de la información. Debido a esto es importante contar con el software (ArcGIS Pro) el cual es más adecuado y con mejores herramientas que facilitan la realización ejecución de trazos vectoriales, cálculos geométricos y el análisis de resultados.

Objetivos

General

- ✓ Desarrollar y analizar un mapa de riesgo por inundación del municipio de Tuluá, con el software usando técnicas de modelación de riesgos utilizando sistemas de información geográfica.

Específicos

- ✓ Buscar datos de fuentes secundarias para analizar, visualizar y contrastar los datos de manera precisa de las zonas

vulnerables a los riesgos de inundación del municipio de Tuluá, facilitando la toma de decisiones para la planificación territorial del municipio.

- ✓ Identificar los riesgos potenciales de desastres en el municipio de Tuluá y desarrollar e implementar medidas de prevención y mitigación, con el fin de reducir la vulnerabilidad de la población y el entorno.
- ✓ Establecer las bases para un programa de alerta temprana para la cabecera municipal basado en los mapas de riesgos generados a partir de la modelación con sistemas de información geográfica.

Identificación del caso de estudio

El municipio de Tuluá se encuentra en el centro del Valle del Cauca, influenciado por el río Tuluá y morales, además de afluentes menores, lo que lo hace susceptible a inundaciones. Su sistema de drenaje enfrenta desafíos debido al crecimiento urbano poco planificado y la alteración de cauces naturales. La topografía montañosa de la parte alta y la cuenca del río Tuluá contrastada con la cabecera municipal que es predominantemente plana y el uso intensivo de suelos para cultivos extensivos de caña de azúcar o de uso ganadero incrementan el riesgo, ya que gran parte de las aguas lluvias desembocan en cauces sin infraestructura adecuada, ya que el municipio ha canalizado el río, pero en ocasiones, las lluvias son tan fuertes que este se desborda en zonas específicas ya identificadas.

Las normas sobre distancias mínimas a cauces no siempre se cumplen, permitiendo la ocupación de zonas vulnerables. La gestión del riesgo en Tuluá requiere considerar estudios

donde se modelen inundaciones con tiempos de retorno de un estimado de 100 años teniendo en cuenta el cambio climático, estos en concordancia con los sistemas cartográficos desarrollados, por ejemplo, la CVC, el IGAC y entidades locales para mitigar el impacto en comunidades y ecosistemas.

A pesar de los beneficios del embalse multipropósito (Salvajina) en la regulación del caudal del río Cauca, los tributarios como el río Tuluá y las quebradas cercanas aportan caudales significativos que pueden generar eventos extremos. La priorización de medidas de mitigación, como la construcción de sistemas sostenibles de drenaje y el fortalecimiento de la planeación urbana, resulta esencial para reducir la vulnerabilidad en esta región.

Además, el análisis de escenarios futuros debe integrar la interacción entre factores climáticos, como las lluvias intensas en abril, y los cambios en el uso del suelo, resaltando la necesidad de coordinar esfuerzos entre autoridades locales, regionales y nacionales para abordar los riesgos de manera integral.

Metodología

Para la realización del estudio en Tuluá valle sobre las inundaciones prolongadas y demás escenarios que afectan la integridad humana por lluvias y causas desbordamos observamos la poca capacidad que se tiene para drenar aguas lluvias y la poca capacidad de contención del río para las crecientes en los días lluviosos en la montaña, para ello se realizó un estudio de casos con anterioridad donde analizamos y desglosamos el municipio de Tuluá valle en el cual estamos enfocados.

Figure 1, Identificación municipio de Tuluá (Valle del Cauca), Fuente: Geoportall IGAC



Por lo que del municipio obtenemos una capa multicriterio la cual procedemos al analizar y trabajar metodológicamente obteniendo de ella dos resultados. Obteniendo el primer resultado clase de riesgo por inundación, y el área que se está viendo afectada.

Figure 2, Mapa de riesgo, Fuente: Elaboración propia.

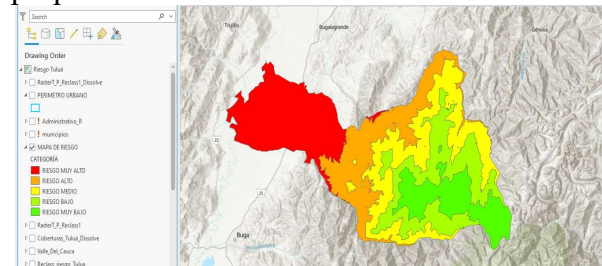
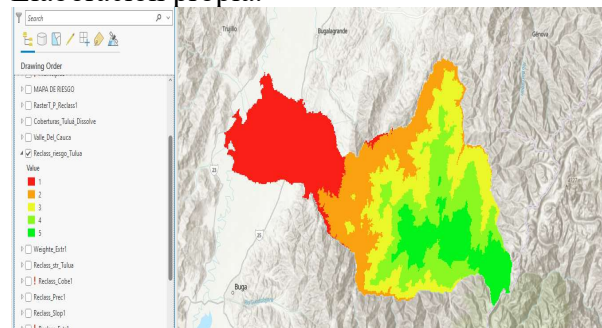


Figure 3, Reclasificación del riesgo, Fuente: Elaboración propia.



Obteniendo a si los resultados pertinentes para el análisis de datos, observando niveles de riesgo de 1 – 5 de menor a mayor. Mostrando la capacidad que tiene el municipio para resolver dichas problemáticas, por lo que observamos

que por la poca capacidad del alcantarillado en Tuluá y su poco mantenimiento las zonas más afectadas son las de color rojo obteniendo una capacidad alta de inundación por lluvias o por crecientes.

Tabla 1, Clasificación cualitativa, Fuente: Y. Serrato.

Clasificación cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	
Riesgo bajo	2	
Riesgo medio	3	
Riesgo alto	4	
Riesgo muy alto	5	

Analizando la poca capacidad de solución del gobierno y el poco interés por parte de los entes encargados, obtenemos que los barrios con más problemáticas de inundación son los barrios bajos los de escasos recursos y de poca posibilidad de mejora, interpretando las capas de drenajes y causas y su reclasificación a 30 metros de distancia. Obteniendo las zonas con muy alto riesgo de inundación en Tuluá.

Para el análisis multi criterio nos basamos en información secundaria entregada por el director del curso, minería de datos de diferentes fuentes como geo portales, institutos nacionales de información geográfica y climatología para interpolar todos estos datos y así poder generar un mapa lo más fidedigno a la realidad del territorio y hacer una aproximación a los posibles eventos de interés que se puedan presentar.

El primer dato de importancia es la altimetría de la zona, ya que con este podemos encontrar tanto las microcuencas como los drenajes, es aquí donde definimos en área tributaria para nuestra zona de interés.

El segundo criterio de selección es la pluviometría, ya que esta nos permite identificar las zonas de mayor precipitación y como esta se puede superponer con nuestro drenaje de interés.

Seguidamente, es necesario calcular el gradiente del terreno, ya que este nos muestra el comportamiento del afluente, si bien con este

gradiente se puede calcular la velocidad con que el cuerpo de agua baja, este parámetro se encuentra fuera del alcance de este documento, por diferentes criterios, como lo con los caudales actuales del río, los cuales no fueron de fácil acceso, y las concesiones entregadas a particulares.

Las coberturas vegetales también son un parámetro significativo, ya que estas nos permiten identificar como estas distribuido los cultivos y cómo podríamos usar estos como una barrera reductora de velocidad del agua para generar mas tiempos de seguridad para los pobladores.

Finalmente, con estos 6 parámetros podemos generar un análisis completo el cual se presenta en los resultados de nuestra investigación.

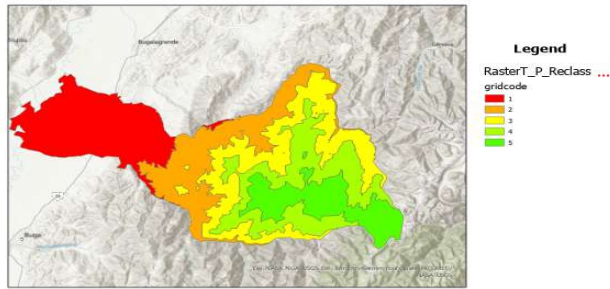
Resultados

Para el estudio en Tuluá (Valle del Cauca) obtenemos resultados puntuales. Aplicados a la clasificación cualitativa, para un mejor análisis de los resultados y una mejor interpretación.

Tabla 2, Clasificación cualitativa usada en mapas, Fuente: Y. Serrato.

Clasificación cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	
Riesgo bajo	2	
Riesgo medio	3	
Riesgo alto	4	
Riesgo muy alto	5	

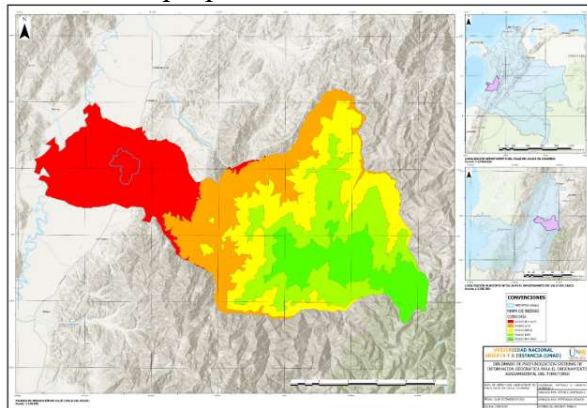
Figure 4, Reclasificación ráster y gridcode, Fuente: Elaboración propia.



Se obtiene mapa base con la clasificación respectiva donde obtenemos de mayor a menor un indicador por colores donde 1 es el mas propenso a inundaciones por aguas lluvias o desborde del rio Tuluá.

Obteniendo un mapa para presentación y sustentación final el cual nos indica lo solicitado por la guía. Y nos muestra la correcta presentación de un formato a futuro.

Figure 5, Mapa final presentación, Fuente: Elaboración propia.



El mapa final nos indica que noroccidente del territorio, el municipio presenta un mayor riesgo de inundaciones, ya que en esta zona se encuentra la zona rural plana de Tuluá, por lo que es aquí, donde los riesgos de inundaciones

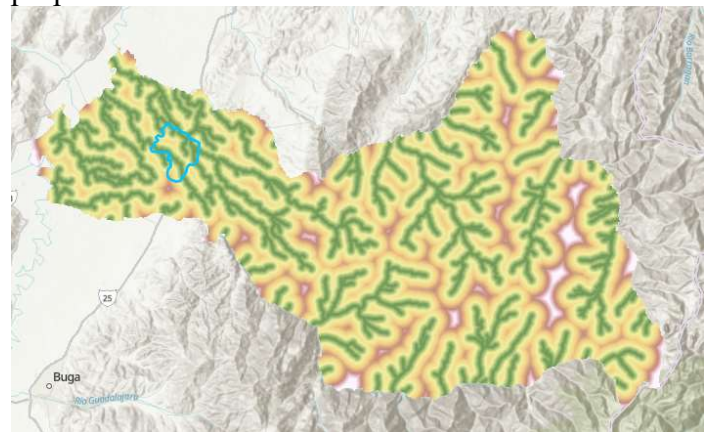
son más altos, incluso más que en el casco urbano.

Adicional a esto, en la ciudad no se cuenta con estanques reguladores de aguas lluvias, lo que es una adición de caudal pluvial al rio que atraviesa el municipio, adicionado un caudal significativo de agua, el cual, no puede soportar la canalización del río y la zona rural plana.

Figure 6, Convenciones mapa de riesgo de Tuluá, Fuente: Elaboración propia.



Figure 7, Drenajes existentes en el municipio de Tuluá (Valle del Cauca), Fuente: Elaboración propia.



Observamos la poca capacidad que tiene el perímetro urbano con una capacidad porcentual muy baja para lo que se necesita ya que Tuluá día a día crece poblacionalmente. Obteniendo más cantidad de habitantes y baja infraestructura.

CONCLUSIONES

En Tuluá, Valle del Cauca, los riesgos de inundación son altos debido a su ubicación en la zona baja de la cuenca, lo que incrementa la acumulación de escorrentías y la exposición a crecientes súbitas del río Tuluá, a pesar de estar parcialmente canalizado. Sin embargo, la canalización actual no garantiza una protección integral, ya que actividades irregulares en la parte media y alta de la cuenca pueden afectar las velocidades de descenso de las aguas, así como su caudal que baja en un periodo corto de tiempo.

El crecimiento poblacional y la ocupación de áreas de alta vulnerabilidad sin una adecuada zonificación ni regulación aumentan la exposición al riesgo, afectando a las comunidades más vulnerables. En este contexto, se deben incluir herramientas como los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), Plan de Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA), para tener una gestión urbana y rural que cumplan con estándares técnicos y ambientales, minimizando el impacto sobre las áreas rurales y respetando los ciclos hidrológicos naturales.

Además, los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) se podrán incorporar a los nuevos desarrollos habitacionales en el municipio para mitigar los picos de caudales de agua pluvial que se vierte al afluente municipal. El diseño de estos sistemas deberá tener un énfasis claro en la mitigación de los efectos de

las lluvias torrenciales tanto para la comunidad como para el ambiente.

Para el municipio de Tuluá, se debería tomar como ejemplo los conflictos generados por el uso del agua en el municipio de Jamundí (CVC, 2018), ya que, el uso inequitativo del agua o una mala gestión de la cuenca alta podría generar un desequilibrio hídrico y generar bajas de caudal en los meses de estiaje y picos de caudal con altas velocidades en los meses más lluviosos, generando emergencias en las zonas que se identificaron en este documento.

Recomendaciones

En la siguiente actualización del POT, de debe incluir un Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) que permita tener un papel protagonista al río Tuluá desde su cuenca alta hasta su desembocadura en el río Cauca, esto con el objetivo de desarrollar un plan que permita a la ciudad centrarse en el cuidado y protección de sus habitantes s las crecientes súbitas del río y desarrollar estructuras que permitan una conducción adecuada del ecosistema lótico, sin afectar a la biota que vive en él. Este plan debe priorizar la mitigación del riesgo en áreas de alta vulnerabilidad y garantizar un desarrollo territorial sostenible.

Fortalecer la articulación institucional con la CVC para revisar y ajustar proyectos de desarrollo urbano, asegurando que cumplan con normativas ambientales y de gestión del riesgo. Esto incluye la revisión y eventual suspensión de acuerdos municipales que promuevan la urbanización en áreas de alta susceptibilidad a inundaciones.

Diseñar e implementar obras de infraestructura hidráulica adicionales, como diques,

reservorios de control de crecientes y sistemas de drenaje optimizados, que permitan gestionar eficientemente los caudales provenientes de las zonas altas de la cuenca. Estas acciones deben contar con el apoyo técnico y financiero del gobierno nacional.

Prohibir la urbanización y densificación en zonas agrícolas y de alto riesgo mediante un enfoque de ordenamiento agroambiental, promoviendo la diversificación del uso del suelo más allá del monocultivo de caña de azúcar, para mejorar la resiliencia ambiental del municipio.

Fortalecer el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la planeación territorial, permitiendo analizar con precisión los riesgos de inundación, evaluar la viabilidad de nuevos desarrollos urbanos y diseñar soluciones basadas en datos históricos y proyecciones ambientales.

Incentivar prácticas agroambientales sostenibles en las áreas rurales aledañas al municipio, con el fin de reducir la erosión y el aporte de sedimentos al río Tuluá, mejorando así la capacidad de los sistemas de drenaje y mitigando los efectos de las inundaciones.

Fomentar la educación ambiental comunitaria, sensibilizando a la población sobre la importancia de respetar las dinámicas naturales del río, evitar la ocupación de zonas de riesgo y participar activamente en programas de gestión ambiental local.

Referencias bibliográficas

Alcaldía de Tuluá, (2015), *Plan de Ordenamiento Territorial, Tuluá (Valle del Cauca)*, Colombia,

<https://tulua.gov.co/publicaciones/147/pla-n-de-ordenamiento-territorial-alcaldia-de-tulua/>

Arias, F. (2000). *Evaluación del desarrollo sostenible en la cuenca del río Tuluá: a propósito de los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia*.

<https://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/colombia/cidse/doc97.pdf>

Climatedata.org, (2023), *Clima Tuluá*, <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/valle-del-cauca/tulua-49752/>

Corporación Autónoma del Valle del Cauca (CVC), (2018), *CVC medió en un conflicto por el agua en Jamundí, Cali, Valle del Cauca*,

<https://www.cvc.gov.co/carousel/3170-cvc-medio-en-un-conflicto-por-el-agua-en-jamundi>

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>

Fries A., Pucha-Cofrep F., (2023), *Manual de ArcGIS PRO, Berlín, Alemania*.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi, (2024), *Geoportal Cartografía y geografía, Bogotá, Bogotá D.C, Colombia.* <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>

Enlace de sustentación:

<https://www.youtube.com/watch?v=iMw1g7biBVE>