

Análisis de riesgo por inundación mediante los Sistemas de Información Geográfica en Bogotá D.C

Angel Ramiro Pulido arpulidop@unadvirtual.edu.co
Yenifer Caterine Pardo yvcpardol@unadvirtual.edu.co
Derly Botiva Romero debotivar@unadvirtual.edu.co

Tutor: Luis Alejandro Ospina luisa.ospina@unad.edu.co

Resumen

En el siguiente artículo se pone en práctica una herramienta de superposición ponderada que permitió dar un análisis multicriterio a la zona capital de Colombia llamada Bogotá para estudiar el riesgo de inundación por área Km². El estudio realizado se basa en analizar las variables como (DEM, pendiente, precipitaciones, cobertura y distancia entre drenajes) que fueron la base para identificar las zonas más vulnerables, teniendo en cuenta las pendientes, latitud y cuencas a su alrededor. (GEASIG, 2018)

Esta herramienta multicriterio permite evaluar a un mismo problema con la ayuda de diferentes criterios simplificando la problemática, basada en criterios de ponderación y al final dar una valoración a cada uno de los criterios encontrados. (Valladares, 2022)

Palabras claves: Multicriterio, Inundación, Riesgo, Cuencas y Análisis.

Introducción

La creciente incidencia de fenómenos hidrometeorológicos extremos, como las inundaciones, plantea desafíos significativos para las ciudades, especialmente aquellas ubicadas en áreas con características geográficas complejas, como lo es Bogotá D.C. En este contexto, es imprescindible implementar estrategias basadas en herramientas tecnológicas avanzadas para evaluar y mitigar estos riesgos. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han demostrado ser instrumentos esenciales para el análisis espacial, al permitir la integración de múltiples variables y facilitar la identificación de áreas vulnerables mediante técnicas como la superposición ponderada. (Eastman, 1999)

El análisis multicriterio, en particular, ofrece una metodología robusta para abordar problemáticas complejas al integrar criterios heterogéneos y asignarles valores numéricos o cualitativos según su relevancia. En estudios de riesgo de inundación, esta técnica resulta clave para evaluar factores como las pendientes del terreno, la proximidad a cuerpos de agua y el uso del suelo, entre otros (Malczewski, 2006). Además, su aplicación en entornos urbanos contribuye significativamente a la planificación del territorio y a la formulación de políticas de prevención y mitigación. (Chowdhury & Rahman, 2020)

Este artículo presenta un análisis multicriterio enfocado en la identificación de las zonas con mayor riesgo de inundación en Bogotá, utilizando la superposición ponderada como

herramienta principal. Al considerar variables relevantes y modelarlas en un entorno SIG, se busca generar un insumo técnico que apoye a realizar una propuesta a largo plazo en gestión del riesgo y el ordenamiento territorial. La implementación de metodologías como esta no solo mejora la identificación de los riesgos, sino que también promueve la resiliencia urbana frente a este tipo

Objetivos

General:

Determinar las áreas de riesgo por inundación mediante el uso de sistemas de información geográfica para Bogotá D.C.

Objetivos Especificos

- Identificar las características geográficas, hidrológicas y sociales que influyen en la vulnerabilidad frente a inundaciones en Bogotá D.C.
- Analizar las variables DEM, pendientes, precipitaciones, cobertura de suelos y distancia entre drenajes mediante un entorno SIG, para determinar los niveles de riesgo de inundación en la ciudad de Bogotá.
- Elaborar insumos técnicos que sirvan como base para proponer una estrategia académica de ordenamiento territorial sostenible a mediano y largo plazo.

Identificación del caso de estudio

La ciudad de Bogotá se encuentra delimitada por un sistema montañoso al oriente, mientras que en su zona occidental presenta terrenos planos que son altamente propensos a inundaciones debido a la ausencia de pendientes y a una baja capacidad de evacuación de aguas superficiales. (IDIGER, 2024) Este contexto geográfico, combinado con características hidrológicas particulares, la hace vulnerable a eventos de inundación, especialmente durante

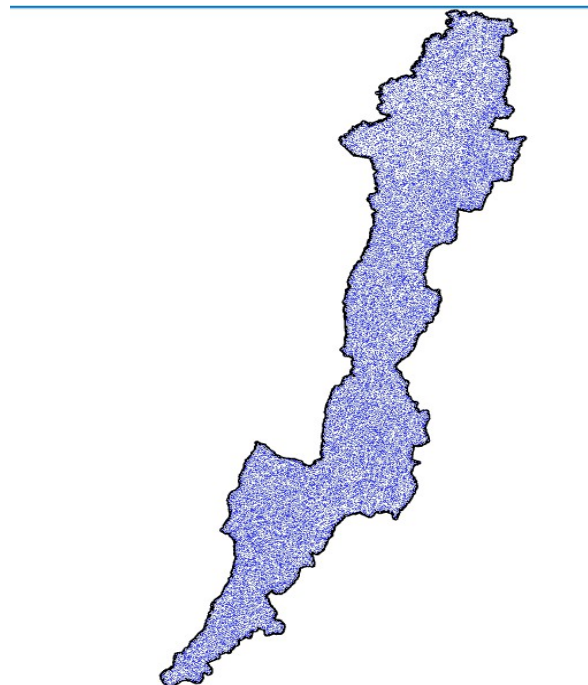
épocas de lluvias intensas en este caso se tomó el mes de abril como temporada alta de lluvias.

Bogotá cuenta con cuatro principales cuencas de drenaje: los ríos Fucha, Salitre y Tunjuelo, que fluyen en dirección oriente-occidente, y el río Torca, que drena de sur a norte. Todas estas cuencas desembocan finalmente en el río Bogotá, el principal cuerpo de agua que atraviesa la región. (IDIGER, 2024) Estas características hidrológicas, junto con factores antropogénicos como el mal manejo de residuos y fallas en los sistemas de alcantarillado y hasta la parte social incrementan significativamente la vulnerabilidad de las zonas urbanas bajas.

Cuencas hidrográficas de Bogotá

La ciudad de Bogotá cuenta con cuencas hidrográficas importantes, su principal cuenca es la del río Bogotá, que atraviesa de norte a sur la ciudad, seguida por Torca, Fucha, Salitre y Tunjuelo. Estas cuencas se ramifican en 19 subcuencas, las cuales, a su vez, dan origen a numerosos cursos de agua secundaria que conforman una red hídrica de gran complejidad.

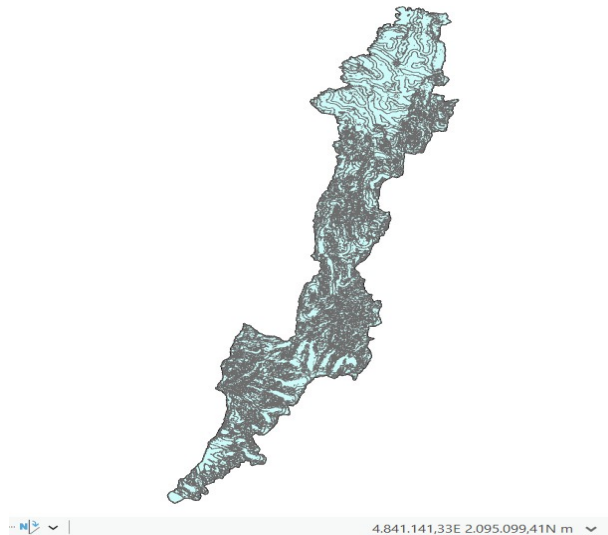
Figura 1: Red hídrica de Bogotá



Metodología

Para llevar a cabo el desarrollo de la fase final, el estudiante continúa con la modelación de los geoprocesos que trabajó en la fase anterior, donde realizó la reclasificación de diferentes capas (DEM, pendientes, precipitaciones, cobertura y distancia entre drenajes) para obtener el mapa de riesgo por inundación. Con el resultado obtenido del análisis multicriterio se procede a transformar la capa ráster en capa vectorial, para este proceso vamos a análisis, caja de herramientas y se busca de ráster a polígono para obtener la capa vectorial.

Figura 2: De ráster a polígono.

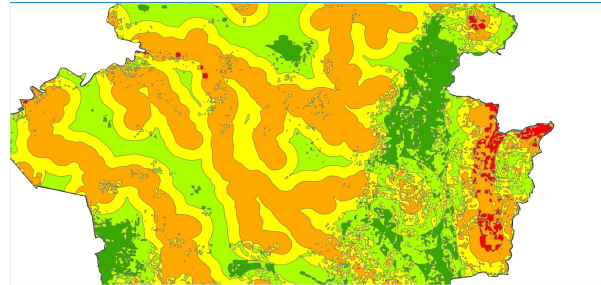


Con el resultado de la capa en formato polígono, se procede a realizar un geoproceso adicional de disolver el gridcode, para ello abrimos la tabla de atributos y nos muestra más de 600 datos, para reducir los datos vamos a la caja de herramientas y se ejecuta el geoproceso de disolver, donde simplifica los datos y solo deja cinco, como siguiente paso se anexa dos columnas, una llamada “class riesgo

Con el resultado del mapa vectorial y la tabla correspondiente se realiza la identificación cualitativa, el mapa nos muestra figuras cuadriculadas y no perfectas, para resolver este

problema realizamos el geoproceso de suavizar polígono para que muestre figuras casi perfectas.

Figura 3: Suavización de la capa

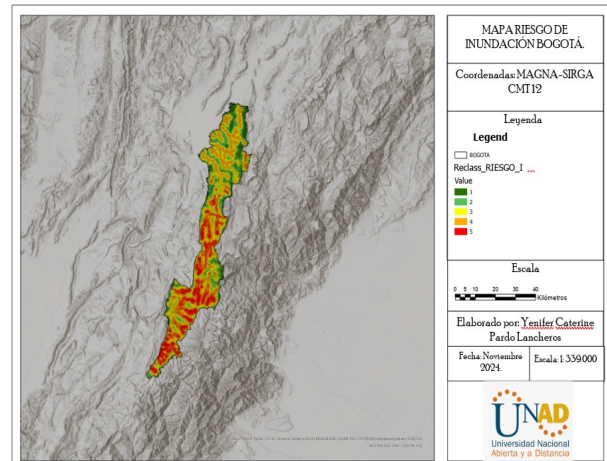


Para finalizar se realiza un análisis del mapa por riesgo de inundación, para identificar cuales son las áreas con mayor o menor riesgo, buscamos la herramienta que nos ofrece ArcGIS de gráficas, para ello se selecciona las variables que se van a tener presentes y se procede a ejecutar donde nos muestra la gráfica con los porcentajes de riesgo, desde el más alto al más bajo.

Se realiza un diagrama de torta para representar los porcentajes de participación de cada nivel de riesgo en la ciudad de Bogotá, de esta manera es más práctico identificar las diferentes áreas para los posibles planes de ordenamiento territorial.

Para finalizar se elabora el mapa de riesgo por inundación con su leyenda correspondiente.

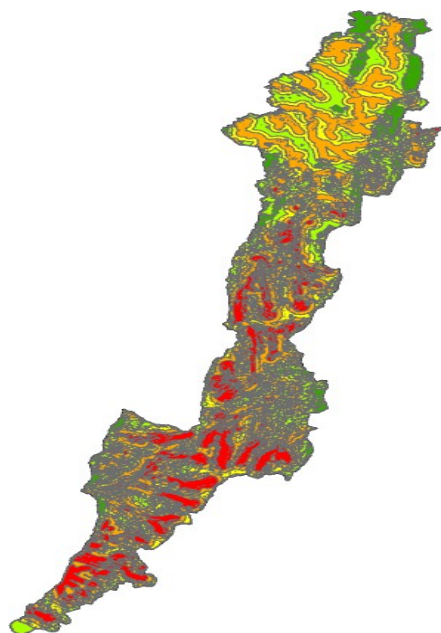
Figura 4: Mapa de riesgo por inundación.



Resultados

Riesgo muy bajo: Corresponde a 108,1 km², lo que equivale al 6,7 % del territorio. Esta categoría representa una pequeña proporción del área total, indicando que pocas zonas tienen condiciones favorables frente a inundaciones, identificado con color verde oscuro, representa diferentes áreas como montañas, ubicadas principalmente en las zonas orientales.

Figura 5: Disolución y ajuste de capa.



Riesgo bajo: Representa 283,3 km², lo que corresponde al 17,6 %. Estas áreas son menos propensas a inundaciones, aunque requieren monitoreo para evitar un aumento en la vulnerabilidad.

Riesgo medio: Abarca 401,1 km², correspondiente al 24,9 %. Indicando que una parte significativa del territorio presenta una vulnerabilidad moderada frente a inundaciones.

Riesgo alto: Ocupa 546,9 km², es decir, el 34 %. Esta categoría es la más extensa y refleja que más de un tercio del área de Bogotá está en condiciones críticas frente a inundaciones. Estas zonas se ven afectadas severamente en épocas de lluvia provocando inundaciones en zonas tanto urbanas como rurales.

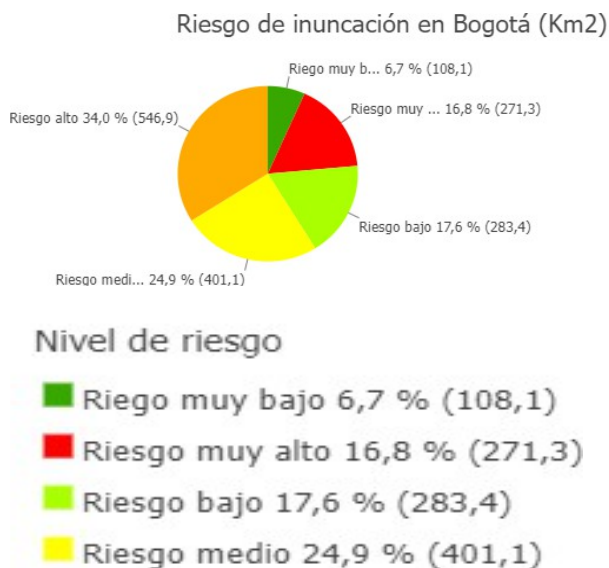
Figura 6: Tabla de clasificación cualitativa.

OBJECTID*	Shape*	gridcode	Class_riesgo_inundaci...	Area_km2	Shape_Length	Shape_Area	InPoly_FID	SmoPgnflag
1	Polígono	1	Riesgo muy bajo	108,08	1307391,905739	108083321,969968	1	1
2	Polígono	2	Riesgo bajo	283,36	4105033,195132	283355378,965802	2	1
3	Polígono	3	Riesgo medio	401,14	6745875,689705	401144054,14455	3	1
4	Polígono	4	Riesgo alto	546,86	6978992,86732	546862376,470803	4	1
5	Polígono	5	Riesgo muy alto	271,3	3023796,447096	271302283,442811	5	1

Haga clic para añadir una fila nueva.

Riesgo muy alto: Comprende 271,3 km², lo que representa el 16,8 %. Estas zonas requieren especial atención debido al impacto potencial que podrían sufrir en casos de eventos extremos.

Figura 7: Grafica de porcentaje de riesgo.



Más de la mitad del territorio (50,8 %, que incluye las categorías de riesgo alto y muy alto) está en condiciones de alta vulnerabilidad frente a inundaciones. Esto señala la necesidad de medidas urgentes en gestión del riesgo y planificación territorial.

Alrededor del 24,3 % del área (sumando las categorías de riesgo bajo y muy bajo) muestra menores probabilidades de inundación. Estas zonas, aunque más estables, necesitan un

manejo adecuado para prevenir un aumento en los niveles de riesgo.

La concentración de áreas con riesgo medio, alto y muy alto revela desafíos importantes para la planeación urbana y el desarrollo sostenible en Bogotá.

Conclusiones

Se logró identificar las características físicas y topográficas de las áreas más vulnerables a inundación, las cuales son zonas planas con ausencia de pendientes aledañas al río Fucha con incremento de sedimentos que los vuelve más vulnerables.

Se determinó como zonas de alto riesgo de inundación las localidades de Kennedy y parte de Bosa atravesadas por el río Fucha. Las cuales son vulnerables debido a que es una zona con características topográficas de ausencia de pendientes y con fallas en la estructura de los alcantarillados. A todo esto se suma el incremento de sedimentos en el cauce por el aumento de población debido al desplazamiento como conflicto social.

Es factible elaborar un insumo técnico debido a que el estudio realizado arroja la ubicación de las zonas con mayor riesgo de inundación, esto permite observar sus características y su nivel de riesgo para actuar conforme a sus necesidades preventivas.

Recomendaciones

Se recomienda hacer uso de estas herramientas multicriterio ya que esto permite dar diferentes enfoques a una problemática donde se logró poner en práctica en esta fase final y estudiando las variables con su grado de vulnerabilidad en la ciudad de Bogotá D.C, obteniendo información de las zonas planas por ser más propensas a inundarse por su baja capacidad de pendientes y de esta manera se tendrán que seguir generando este tipo de insumos técnicos

con el fin de realizar una propuesta de planes y estrategias de contingencias en cada una de las zonas identificadas.

El ordenamiento agroambiental del territorio abarca diferentes temas del entorno a la toma de decisiones, por esta razón debe ser integral y su principal función es la participación ciudadana, por otra parte, la academia debe participar por medio de evidencias científicas que concuerden con la realidad local, teniendo en cuenta criterios sociales, ambientales y económicos se puede elaborar la planificación territorial, los SIG son una herramienta importante en el ordenamiento al integrar datos espaciales y análisis de los territorios, permitiendo una planificación más exacta del uso del suelo. al ordenamiento agroambiental del territorio en el municipio seleccionado.

Referencias bibliográficas

Chowdhury, M. A., & Rahman, M. M. (2020). Flood risk mapping by integrating multi-criteria decision analysis and GIS: A case study in Bangladesh. *Environmental Earth Sciences*, 79(13), 1–15.

Eastman, J. R. (1999). Multi-criteria evaluation and GIS. In Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D., & Rhind, D. (Eds.), *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications and Management*. Wiley.

GEASIG.(2018). Superposición Ponderada en Análisis Multicriterio con ArcGIS.

<https://www.youtube.com/watch?v=YqZLMmXnMI4>

IDIGER.(2024). Caracterización General del Escenario de Riesgo por Inundación. <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>

Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature.

International Journal of Geographical Information Science, 20(7), 703–726.

Valladares.J.(2022). Métodos para realizar un Análisis Multicriterio en un SIG. <https://mastergis.com/blog/metodos-analisis-multicriterio-sig>

Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of geographical information systems. Oxford University Press.

Goodchild, M. F. (2000). The world's becoming flat: The impact of spatial data infrastructure. International Journal of Geographical Information Science, 14(8), 661-673.

Longley, P., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). Geographic information systems and science. John Wiley & Sons.

Montealegre, G., & González, M. (2005). Sistemas de información geográfica aplicados al ordenamiento territorial. Universidad Nacional de Colombia.

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/LHMdER630wU>