

## **Aplicación de un análisis multicriterio para la evaluación de riesgo de inundación en Duitama (Boyacá)**

Luis Javier Velasco Correa [ljvelascoc@unad.edu.co](mailto:ljvelascoc@unad.edu.co)

Luis Alejandro Ospina Sánchez

### **Resumen**

El propósito de este artículo es identificar las zonas más vulnerables a inundaciones en Duitama, Boyacá, utilizando Argis Pro y analizando diversos factores como la topografía, el uso del suelo y la cobertura terrestre, para ello, se realizó una clasificación basados en Corine Land cover de las áreas según el nivel de riesgo, considerando el tipo de uso del suelo como las zonas urbanas, agrícolas y boscosas. Este análisis permitió identificar el elevado riesgo en el área urbana de Duitama subrayando la necesidad urgente de implementar medidas preventivas ante inundaciones.

*Palabras claves:* Inundaciones, riesgo, análisis multicriterio

### **Introducción**

Duitama enfrenta riesgos de inundación debido a su geografía montañosa, lluvias intensas y expansión urbana desordenada, además del cambio climático. Aunque no está cerca de grandes cuencas fluviales, los ríos y quebradas cercanas pueden desbordarse durante la temporada de lluvias, afectando zonas urbanas vulnerables. Las zonas más expuestas son las cercanas a cuerpos de agua u las zonas bajas de la ciudad.

Para mitigar estos riesgos es esencial mejorar la infraestructura de drenaje implementar planes de manejo del riesgo y restaurar ecosistemas que ayuden absorber el agua. La planificación urbana sostenible y el fortalecimiento de los sistemas de alerta son fundamentales para reducir los impactos de las inundaciones.

Los sistemas de información geográfica son fundamentales para ayudar a detectar este tipo de riesgos y así mismo generar planes de mitigación.

### **Objetivos**

#### General

Llevar a cabo un análisis de riesgo de inundación en el municipio de Duitama (Boyacá) mediante el uso del software ArcGis Pro.

#### Específicos

- Identificar las zonas con mayor riesgo de inundación.
- Determinar porcentualmente el riesgo de inundación de diferentes áreas del municipio.

- Generar acciones de mitigación de posibles inundaciones.

### Identificación del caso de estudio

Duitama es una ciudad ubicada en el departamento de Boyacá en la región andina. Se encuentra aproximadamente a 2.600 msnm lo que le otorga un clima templado de montaña con temperaturas frescas durante todo el año. El municipio está ubicado en una zona montañosa que lo hace susceptible a deslizamientos de tierra especialmente en épocas de lluvias (marzo a mayo y de septiembre a noviembre) además es posible que algunas de sus quebradas y ríos se desborden generando inundaciones localizadas.

A medida que la urbanización y el crecimiento poblacional se expanden, los riesgos geográficos de la ciudad pueden identificarse, la expansión de áreas de mayor pendiente o el uso intensivo de la tierra sin prácticas adecuadas de conservación agrava problemas como la erosión y los deslizamientos de tierra.

### Metodología

#### Análisis / Evaluación multicriterio (EMC)

Es una técnica donde se establece un objetivo, unas alternativas posibles soluciones para cumplir este objetivo que son confrontadas por distintos criterios que son modelados a través de pesos los cuales califican y evalúan las alternativas para seleccionar la más óptima y por último realizar un análisis de sensibilidad que es considerar posibles modificaciones al resultado final (Posada, 2015).

#### Realización del análisis

#### Recolección de datos geospaciales

Para llevar a cabo el análisis, se recolectaron y procesaron datos geospaciales fundamentales entre los pasos más importantes se incluyen:

- Importación de datos ráster
- Delimitación del municipio
- Análisis de altitud y pendiente

#### Clasificación y delimitación hidrográfica del municipio

Este paso se centró en entender cómo fluye el agua dentro del municipio para lo cual se realizaron los siguientes procedimientos:

- Flujo de dirección y acumulación
- Delimitación de la cuenca hidrográfica

#### Modelación y aplicación al ordenamiento agroambiental

En esta fase se integraron varios elementos clave para el análisis:

- Cargue de capa ráster y recorte
- Capa de precipitación
- Capa de distancia entre drenajes

#### Modelo de riesgo de inundación

Finalmente, se construyó un modelo de riesgo de inundación basado en varios factores geospaciales. Se reclasificaron diferentes capas geospaciales, como el DEM, las pendientes, las precipitaciones, la cobertura del terreno y la distancia a drenajes utilizando los siguientes criterios (*Tabla 1*)

Clasificación cualitativa	Valores
Riesgo muy bajo	2
Riesgo bajo	4

Riesgo medio	6
Riesgo alto	8
Riesgo muy alto	10

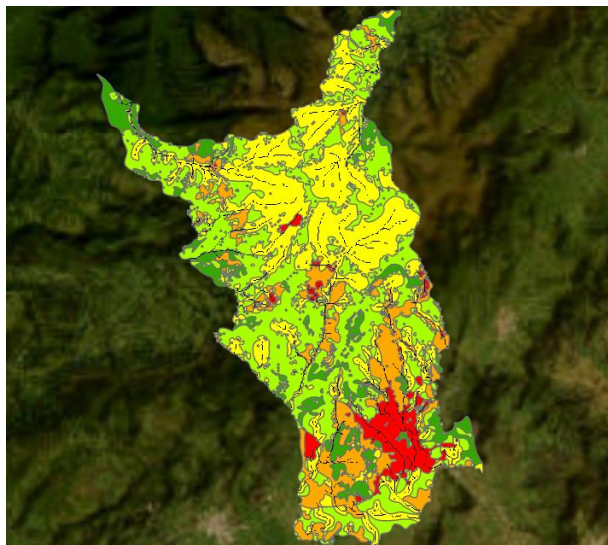
*Tabla 1 Estimación de clasificación cualitativa y cuantitativa*

### Aplicación del análisis multicriterio

Se aplicó para combinar todas las variables seleccionadas en un único modelo geoespacial.

### Generación de Mapas de riesgo de inundación

A partir de los resultados del análisis multicriterio se generaron mapas que representan las zonas de riesgo inundación en Duitama. Estos mapas no solo visualizan las áreas con alto medio y bajo riesgo, sino que también proporcionan una base sólida para la toma de decisiones en la gestión del riesgo. La gráfica 1 ilustra claramente estas zonas, facilitando la comprensión del nivel de vulnerabilidad en diferentes partes del municipio.



*Gráfica 1 Mapa riesgo de inundaciones*

La clasificación en el mapa se hizo basada en la *Tabla 2*.

Clasificación cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	Verde oscuro
Riesgo bajo	2	Verde claro
Riesgo medio	3	Amarillo
Riesgo alto	4	Naranja
Riesgo muy alto	5	Rojo

*Tabla 2: Clasificación del riesgo. UNAD*

El riesgo más alto se concentra en la zona urbana de Duitama debido a su proximidad a la quebrada la Aroma y al río Chicamocha, además la alta densidad de la población, la falta de drenaje adecuado y la topografía plana de algunas áreas agravan la situación. El riesgo medio se distribuye en áreas rurales con uso agrícola moderado mientras que el riesgo muy bajo se encuentra en las zonas de alto relieve como las montañas circundantes que cuentan con una mayor capacidad natural para absorber agua y están mejor protegidas contra inundaciones.

A continuación, la *gráfica 2* muestra la distribución porcentual de las áreas clasificadas por niveles de riesgo (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo) en el municipio. A pesar de que solo el 5.6% del territorio está en riesgo muy alto, este se encuentra en el área urbana, lo que resalta la necesidad urgente de implementar estrategias de prevención debido a la alta vulnerabilidad de la población frente a inundaciones.



*Gráfica 2 Distribución porcentual del riesgo*

### Conclusiones

El análisis de distribución porcentual de riesgo por inundaciones en el municipio de Duitama

nos muestra variación de porcentajes, mostrando así que los cuerpos de agua cercanos y la topografía del lugar influyen en el resultado obtenido.

Los sistemas de información geográfica son fundamentales para ayudarnos a identificar este tipo de desastres naturales como lo son las inundaciones y a la vez a tomar medidas preventivas y de solución antes y después de ocasionadas.

La aplicación del análisis multicriterio para la evaluación de riesgo en el municipio de Duitama nos ayuda a enriquecer nuestro conocimiento en como realizar el proceso mediante varios métodos y la ayuda de ArcGIS pro como fuente fundamental para la identificación de la situación y posibles alternativas de solución.

Se considera que es una de las secciones más importantes del artículo, pues se valoran y enjuician los resultados que surgen del análisis de la información recolectada. De igual forma, se analiza si el método empleado fue idóneo y pertinente y de qué manera permite resultados veraces; se debe evitar especular o dar meras intuiciones o subjetividades del autor, en cambio, se debe centrar en realidades.

Se concretan las conclusiones de manera clara, relacionándolas con los resultados que las sustentan. Es muy importante evitar dar conclusiones universales y generalizantes, pues la mayoría de los productos son modestas aportaciones a fenómenos globales y, además, porque los estudios se desarrollan en situaciones concretas, y si se modifican sus

condiciones, posiblemente los resultados también cambien.

### **Recomendaciones**

El uso de sistemas de información geográficas nos ayuda a entender y explorar mejor los mapas y los lugares, por ende, es fundamental utilizarlos y sacarles el mejor provecho.

los análisis multicriterio de inundaciones deben ser aplicados y estudiados constantemente en el país ya que estos nos permiten reaccionar a tiempo ante desastres.

### **Referencias bibliográficas**

Espectador, E. (2024, septiembre 29). Ideam: Alerta de inundaciones en Boyacá y deslizamientos en el Caribe. El Espectador. <https://www.elespectador.com/ambiente/ideam-alerta-de-inundaciones-en-boyaca-y-deslizamientos-en-el-caribe/>

IDEAM. (2020). Estudio de los fenómenos climáticos en Colombia: Impactos y medidas de mitigación. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co>

DANE. (2023). Estadísticas del Censo de Población y Vivienda 2023: Municipio de Duitama, Boyacá. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. <https://www.dane.gov.co>

**Enlace de sustentación:**

<https://youtu.be/XnHSv4MrCTw>