

# EVALUACIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIÓN CON EL USO DEL SIG Y ANÁLISIS MULTICRITERIO EN EL MUNICIPIO DE ITUANGO ANTIOQUIA.

Camila Alexandra Tabares David- catabaresdunadvirtual.edu.co  
Norman Humberto López Ríos- nhlopezr@unadvirtual.edu.co  
Kelly Johanna Castaño Arboleda - kjcastano@unadvirtual.edu.co  
Andrés Felipe Palacio García – afpalaciog@unadvirtual.edu.co  
Lady Rosa Royo Cordero – lrroyoc@unadvirtual.edu.co  
Jhon Henry Fonseca Piedrahita – jhon.fonseca@unad.edu.co

## Resumen

El presente trabajo lleva a cabo un estudio geoespacial del peligro de inundación en el municipio de Ituango Antioquia, utilizando métodos de cartografía digital y análisis territorial. El estudio determina una categorización del riesgo en cinco niveles (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) utilizando criterios geomorfológicos, hidrológicos y de cobertura del terreno. Los hallazgos demuestran que 89,349.41 hectáreas de la zona municipal (31.5%) exhiben condiciones de riesgo de alto y muy alto, concentrándose mayormente en las áreas norte y noreste del municipio. El estudio abarca un total de 283,196.32 hectáreas, de las cuales 118,274.31 corresponden a áreas de menor riesgo (41.8%). La ubicación geográfica del riesgo revela una relación directa con la red de drenaje natural y las particularidades geográficas del territorio. Este estudio se convierte en un instrumento esencial para la planificación territorial y la administración global del riesgo en la municipalidad.

*Palabras claves:* Evaluación de riesgo, análisis multicriterio, inundación, análisis geoespacial, planificación territorial, Ituango.

## Introducción

La evaluación del riesgo por inundación constituye un elemento fundamental en los procesos de planificación territorial y gestión ambiental, especialmente en regiones montañosas donde la configuración geográfica y los patrones climáticos favorecen la ocurrencia de eventos extremos. Según la Ley 388 de 1997 sobre Ordenamiento Territorial, cada municipio debe identificar las zonas con potencial riesgo de inundaciones, deslizamientos y otros eventos naturales que puedan afectar el desarrollo sostenible del territorio (Congreso de Colombia, 1997).

A nivel nacional, varias entidades han puesto en práctica técnicas de análisis espacial para estimar el riesgo de inundación. El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) ha establecido procedimientos normalizados para identificar zonas propensas a

inundaciones, en tanto que el Servicio Geológico Colombiano (SGC) ha elaborado mapas temáticos de amenazas naturales a diversas escalas territoriales (IDEAM, 2019).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son instrumentos esenciales para el estudio geoespacial del riesgo, ofreciendo habilidades sofisticadas para el procesamiento, análisis y representación de datos geoespaciales. Su uso en investigaciones de riesgo de inundación posibilita la creación de modelos espaciales que simplifican el entendimiento de patrones de vulnerabilidad territorial (Tehrany et al., 2014).

El análisis multicriterio se ha consolidado como una técnica sólida para la valoración del riesgo de inundación, facilitando la incorporación de diversas variables geoespaciales de forma imparcial y sistémica. Esta metodología simplifica la detección de zonas en riesgo a través de la mezcla de factores físicos, hidrológicos y geomorfológicos (Malczewski, 2006).

El municipio de Ituango, situado en la zona Norte de Antioquia, cuenta con características geográficas que comprenden cambios topográficos importantes, una red de ríos compleja y patrones de lluvia que pueden propiciar condiciones propicias para sucesos de inundación. El análisis del riesgo territorial se complica debido a la existencia de significativos proyectos de infraestructura y actividades económicas vinculadas al sector primario.

En este escenario, el uso de tecnologías de información geográfica facilita la realización de análisis espaciales completos que ayudan a entender la distribución del riesgo y respaldan la toma de decisiones para el ordenamiento territorial sostenible.

## **Objetivos**

### **General**

Identificar el riesgo de inundación en el municipio de Ituango, Antioquia, a través de un análisis geoespacial, para aportar a los procesos de ordenamiento territorial y administración integral del riesgo.

### **Objetivos Específicos**

1. Zonificar las áreas con distintos grados de riesgo de inundación se realiza utilizando factores, hidrológicos, cobertura del suelo, pendiente, precipitación y modelos digital de elevación.
2. Evaluar y describir la ubicación geográfica de las áreas con alto y muy alto riesgo de inundación en el municipio de Ituango.
3. Elaborar sugerencias técnicas para la administración del riesgo y la organización agroambiental del territorio, fundamentadas en los hallazgos del estudio espacial.

### **Identificación del caso de estudio**

El municipio de Ituango se encuentra ubicado en la subregión Norte del departamento de Antioquia, Colombia. Su cabecera municipal está localizada aproximadamente a los 7°10'16" de latitud norte y 75°45'49" de longitud oeste, según el sistema de coordenadas geográficas WGS84. El municipio limita al norte con los municipios de Briceño y Valdivia, al sur con Peque y Buriticá, al oriente con Santa Rosa del Osos y San Andrés de Cuerquia, y al occidente con Toledo. (Fig.1-Fig.2).

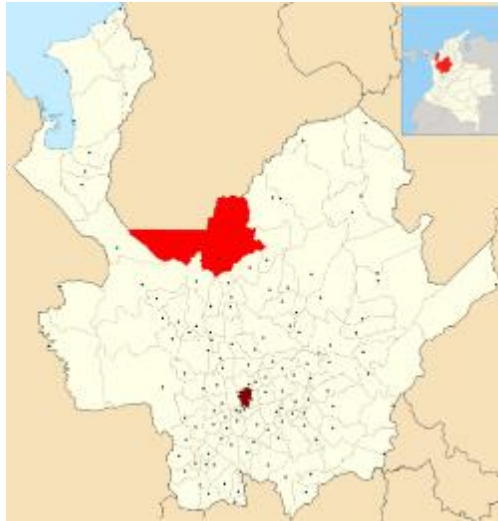
### **Características Físicas**

- **Nombre del municipio:** Ituango
- **Código Dane:** 05361
- **Gentilicio:** Ituanguinos
- **Extensión total:** 2347 Km<sup>2</sup>
- **Extensión área urbana:** 16 Km<sup>2</sup>
- **Extensión área rural:** 2345,4 Km<sup>2</sup>
- **Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar):** 1550
- **Temperatura media:** 21°C
- **Distancia de referencia:** 190 km de Medellín

Según los datos del anuario estadístico de Antioquia, se calcula la extensión del Municipio de Ituango en 2.347 km<sup>2</sup>. La suma de las áreas que forman parte del inventario catastral (PROCATASTRO, 1997) indica un total de 3.337 km<sup>2</sup>. No obstante, de acuerdo con las mediciones planimétricas realizadas por el equipo del Plan Básico de Ordenamiento Territorial, el territorio tiene una extensión de 3.904 km<sup>2</sup>. El Parque Nacional Natural Paramillo (P. N. N. Paramillo) tiene una extensión de 2.144,4 km<sup>2</sup>, representando el 54.8% del territorio municipal (3.908 km<sup>2</sup>, POT). Ituango Antioquia. Alcaldía de Ituango. Mi municipio [en línea]. (2025).

Este análisis se realizó utilizando datos provenientes de precipitaciones mensuales, empleando una extracción por máscara del mes con más registros de lluvias en el campo de estudio, lo que facilitó la reorientación de los valores y la modificación de simbologías en el área de estudio dependiendo del grado de peligro de inundación (Fase 4 – Camila Tabares, 2025)

**Figura 1.** Mapa de localización del municipio de Ituango en Antioquia



*Fuente:* Ituango Antioquia. Galería de Mapas. Mi municipio. [en línea]. (2025)

**Figura 2.** Topografía



*Fuente:* Ituango Antioquia. Galería de Mapas. Mi municipio. [en línea]. (2025)

- Se hizo Proceso de Análisis de Precipitación en el mes de noviembre Ituango
- Se generó un mapa de isoyetas (líneas de lluvia uniforme) que ilustra la distribución geográfica de las precipitaciones en noviembre en el municipio de Ituango, mostrando fluctuaciones geográficas en los patrones de lluvia de la región. (Fig.3).

**Figura 3.** *Proceso de Análisis de Precipitación*



*Fuente:* Autoría propia, 2025

### **Características Geográficas**

El municipio presenta una topografía compleja caracterizada por la presencia de valles profundos, la montaña y altiplanicies. Esta configuración geomorfológica está asociada al sistema montañoso de la Cordillera Occidental y genera condiciones particulares para el comportamiento hidrológico del territorio. Ituango Antioquia. Alcaldía de Ituango. Mi municipio [en línea]. (2025).

### **Red Hidrográfica**

El territorio de Ituango está irrigado por un grupo de corrientes que provienen de las corrientes del mar Caribe y del río Cauca, compuesto principalmente por las cuencas de los ríos Sinitavé e Ituango y las quebradas. La Pená (que comparte territorio con Peque, con 70 km<sup>2</sup> de los 572 de la cuenca del Ituango y 28 km<sup>2</sup> de los 91 de la Pená), La Guamera (que comparte 12 de los 31.5 km<sup>2</sup>) y otros cauces de menor relevancia, todos ellos afluentes del Río Cauca. Las cuencas situadas en los territorios del P. N. N. Paramillo, afluentes de la cuenca del mar Atlántico, entre las que sobresalen ríos importantes como el Sinú y el San Jorge, comparten el territorio de sus cuencas con el departamento de Córdoba. No se pudo obtener información de estas relevantes zonas debido a la falta de la fotorestitución correspondiente. Ituango Antioquia. Alcaldía de Ituango. Mi municipio [en línea]. (2025).

## **Metodología**

### **Análisis Multicriterio**

La metodología empleada se basa en el análisis multicriterio (AMC), un método que facilita la valoración sistemática de diversas variables geoespaciales para establecer el riesgo de inundación. Este método permite la unificación imparcial de criterios diversos a través de procesos de normalización, ponderación y agregación espacial.

El procedimiento metodológico se llevó a cabo en un orden cronológico que incluyó la recolección de datos geoespaciales, su procesamiento a través de herramientas SIG, la aplicación de técnicas de reclasificación y la utilización de algoritmos de suma ponderada para la elaboración del mapa de riesgo final. La metodología tomó en cuenta la incorporación de diversas variables territoriales a través de procedimientos de ponderación y clasificación cualitativa.

### **Detalles de las fases del proceso**

#### **Configuración de coordenadas**

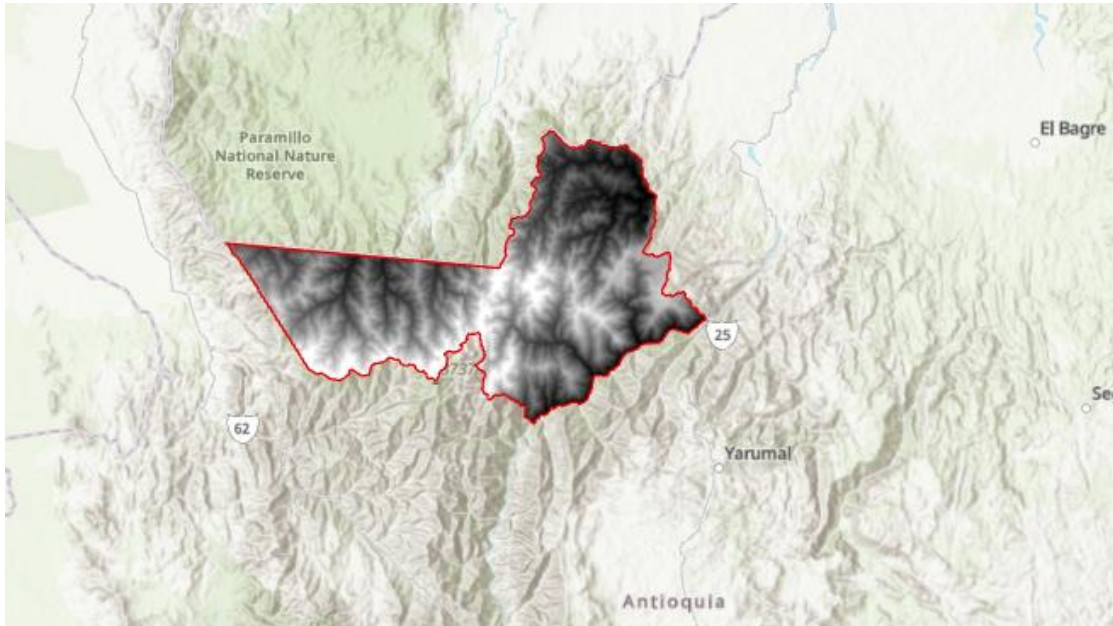
Se empleó el programa ArcGIS para el modelado, los datos georreferenciados se encuentran bajo el formato del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia CMT12 MAGNA-SIRGAS.

#### **Edición formato ráster**

Se realizó la edición del formato ráster del modelo digital de elevación del departamento y el municipio. Posteriormente, se delimitó el área de estudio específica del municipio y se convirtió a formato vectorial shapefile, facilitando así su integración en el proceso de evaluación multicriterio. El siguiente mapa muestra la delimitación de la zona del municipio de Ituango Antioquia, con las pendientes obtenidas a través de la herramienta curvas de nivel que nos proporcionaron.

Facilitó la conexión de los valores parecidos y su representación en la superficie. (Fig.4.)

**Figura 4.** Modelo de elevación digital del municipio de Ituango



*Fuente:* Autoría propia, 2025

En un principio, se estableció la capa de cobertura del terreno del municipio empleando la técnica de la delimitación de terrenos Utilizando la herramienta de Recorte.

Se utilizó la capa para simplificar la cantidad de datos que se encuentran en la capa aplicando herramienta Dissolve.

Para concluir, esta capa se convierte en una capa ráster a través de la utilización de la herramienta de Polígono a ráster, que se empleará posteriormente para la reasignación de las herramientas. extensión del municipio.

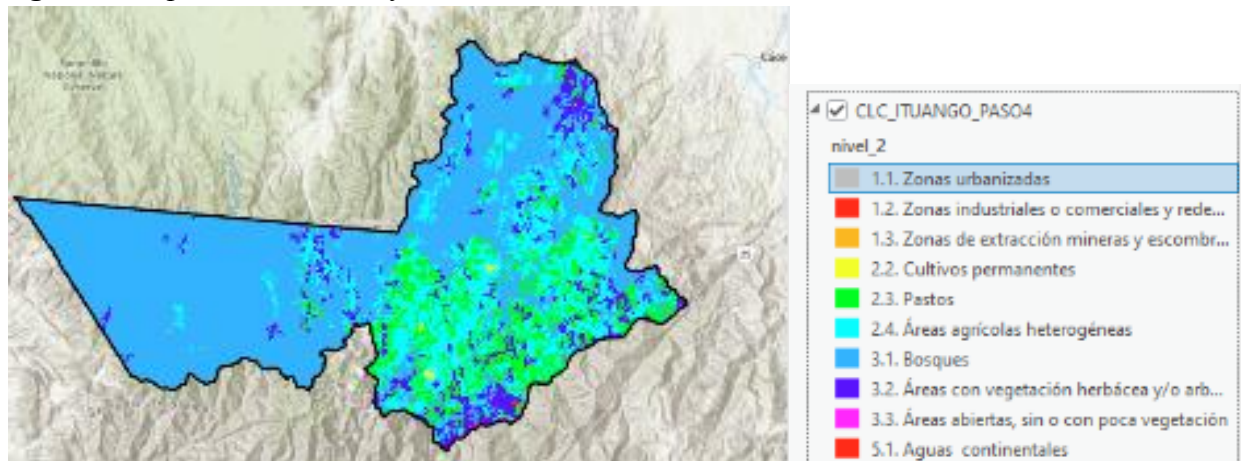
Así, se logra la (Figura 4), en la que se reconocen las características y coberturas del municipio de Ituango con su gama de colores correspondiente.

Se obtuvieron niveles significativos de información geográfica (topografía, hidrografía, aplicación del suelo, etc.)

Por medio de la herramienta polígono a ráster, donde se crearon varias categorías como Zonas Urbanas y Desarrollo, Zonas Agrícolas, Zonas Naturales.

Se realizó geoprocesamiento para la clasificación donde se aplicó la simbología con colores diferenciados para cada categoría, se configuró el nivel\_2 como base estableciendo un esquema de colores para facilitar su interpretación. (Figura 4).

**Figura 5.** Capa de coberturas formato ráster



Fuente: Autoría propia, 2025

Se generó un mapa de isoyetas (líneas de lluvia uniforme) que ilustra la distribución geográfica de las precipitaciones en noviembre en el municipio de Ituango, mostrando fluctuaciones geográficas en los patrones de lluvia de la región. (Fig.5b.).

Esta imagen muestra un espacio de tonalidad negra que simboliza la aplicación de la máscara sobre la capa ráster de las precipitaciones, mientras que el color degradado, que oscila entre blanco y negro, señala la altura y densidad (Fig. 5a).

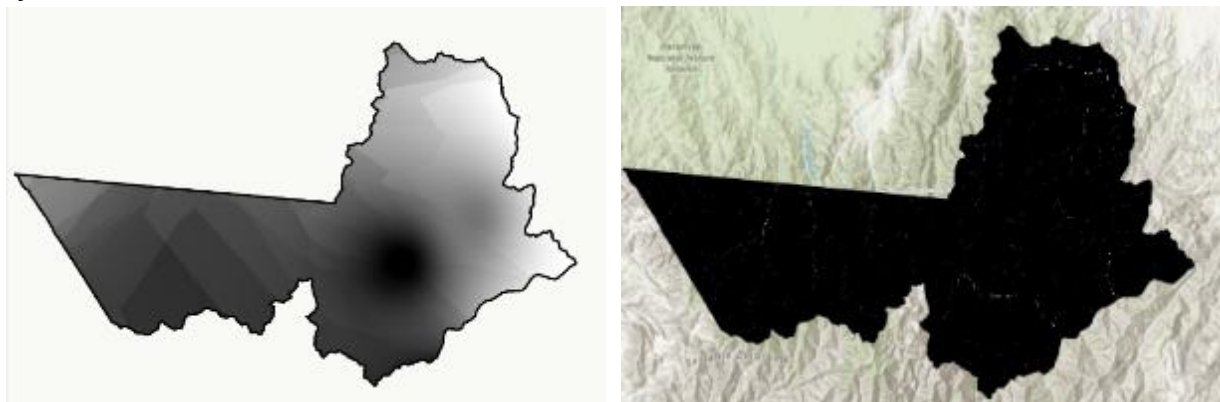
Se realizó una extracción de causas estableciendo un límite de acumulación para determinar dónde se originan los ríos y arroyos.

Red dendrítica con patrones de drenaje comunes en áreas montañosas, alta densidad emite relieve marcado y elevada precipitación, cobertura integral la red de drenaje abarca toda la zona municipal y clasificación de los cauces exhiben diversas órdenes (principales y fiscales). (Fig.5b.)

**Figura 6.** Proceso de Análisis de Precipitación - Noviembre Ituango

*a.* Extracción por máscara.

*b.* Reclasificación del ráster de acumulación de flujo



Fuente: Autoría propia, 2025

### Modelado de riesgo por inundación

Para elaborar el mapa del peligro de inundación, se llevó a cabo una reasignación del modelo de elevación digital, el trazado de pendientes, el trazado de las precipitaciones municipales, las distancias de los drenajes y las coberturas de tierra. Así, todas las capas permanecen con una única escala. Se aplicó la información de la Tabla 1 para las primeras cuatro capas.

**Tabla 1.** Clasificación cualitativa de riesgo

Clasificación cualitativa	Valores
Riesgo muy bajo	2
Riego bajo	4
Riesgo medio	6
Riesgo alto	8
Riesgo muy alto	10

Nota: Tomado y adaptado de “Guía de aprendizaje – Fase 4 Modelación agroambiental del territorio” UNAD, 2025.

Se realiza la reclasificación de coberturas de suelos aplicada a las capas de coberturas y uso del suelo, transformando las clases de cobertura del terreno en datos numéricos de aptitud para futuras evaluaciones de pertinencia territorial o modelación espacial. Base para evaluaciones múltiples, investigaciones de idoneidad del terreno, o esquemas de planificación territorial.

Se observa que los mapas de la reclasificación Modelo de Elevación Digital (DEM) (Figura 6a), el Diagrama de Pendientes (Figura 6b), el Diagrama de Precipitaciones (Figura 6c) y las Distancias de Drenaje (Figura 6d) nos proporcionaron el modelo para las inundaciones. Así, cada mapa fue evaluado de acuerdo a una escala cualitativa de riesgo que oscila entre 2 (riesgo extremadamente bajo) y 10 (riesgo extremadamente alto).

El análisis topográfico se simplifica transformando elevaciones continuas en áreas de altitud discreta, lo que facilita la identificación de distintos estratos térmicos y rasgos geomorfológicos del territorio. (Figura 6a).

Se agruparon las pendientes continuas en 5 categorías discretas, donde se clasificó el territorio de acuerdo con grados de inclinación para reconocer zonas idóneas para distintos usos del terreno, peligro de erosión y limitaciones para el desarrollo. Ideal para estudios de capacidad territorial, zonación del clima, o investigaciones de biodiversidad fundamentadas en gradientes de altitud. (Figura 6b).

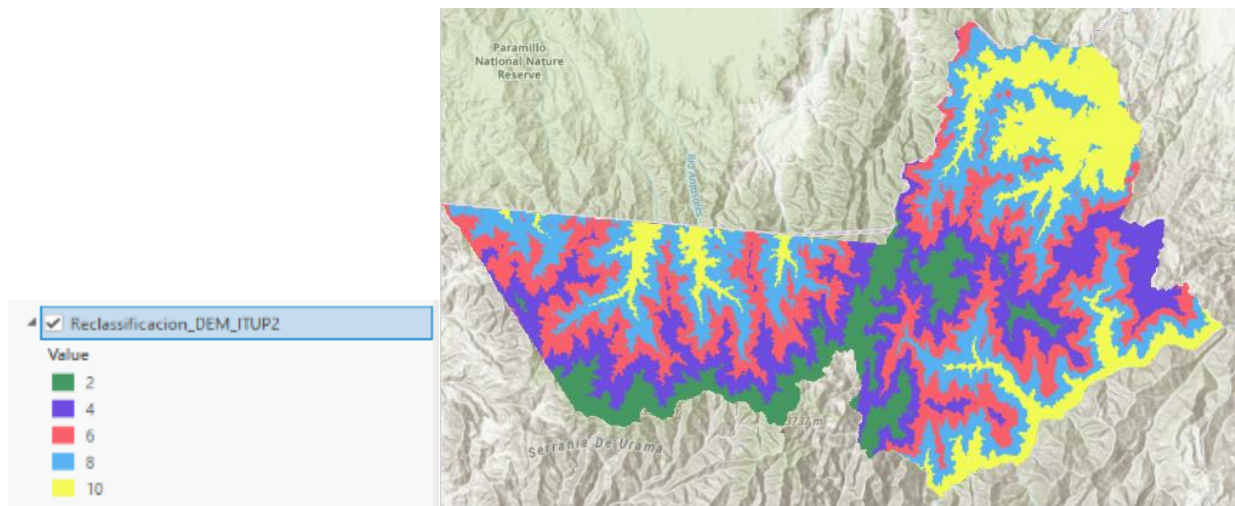
Se establecieron áreas pluviométricas que facilitaron la identificación de la distribución geográfica de las precipitaciones en la localidad durante noviembre, Ideal para la administración

de recursos acuáticos, la planificación agrícola, investigaciones de riesgo hidrológico y la zonación climática del territorio. (Figura 6c).

Las distancias continuas fueron organizadas en 5 áreas de accesibilidad hídrica, establece áreas próximas a fuentes de agua para valorar la disponibilidad del recurso acuático en todo el territorio municipal. Es esencial para la planificación de asentamientos, la administración del recurso acuático, investigaciones de sequía y el análisis de la aptitud territorial en función de la disponibilidad de agua. (Figura 6b).

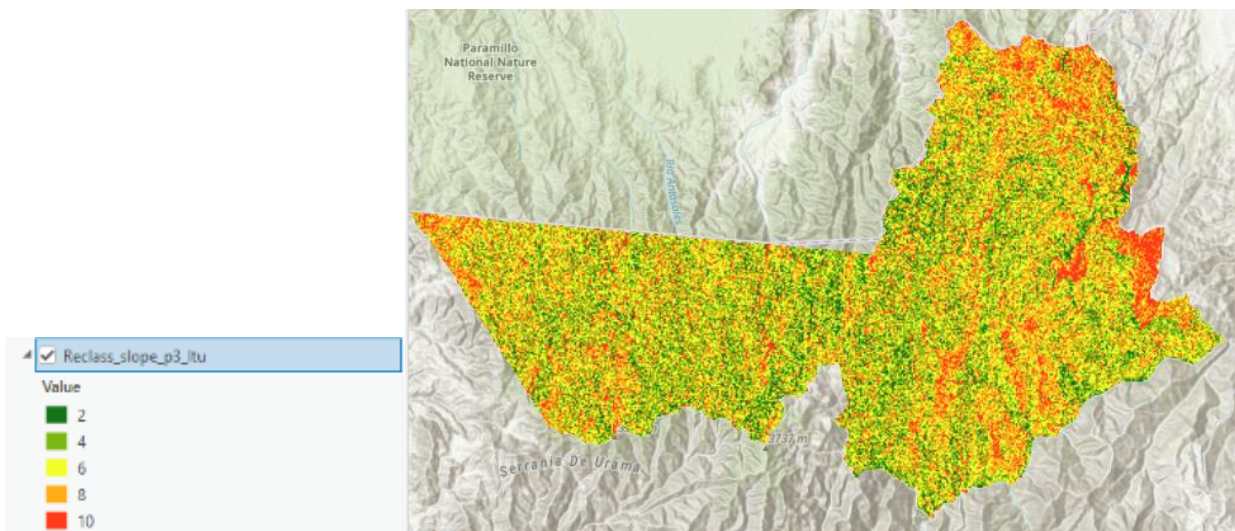
**Figura 7. Proceso de Reclasificación del DEM**

**a. Reclasificación DEM municipio de Ituango**



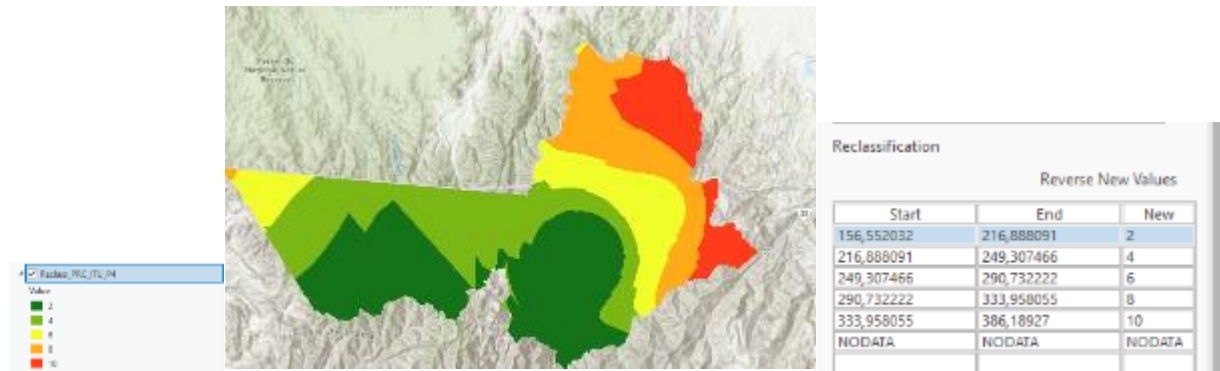
Fuente: Autoría propia, 2025.

**b. Reclasificación ráster de pendientes**



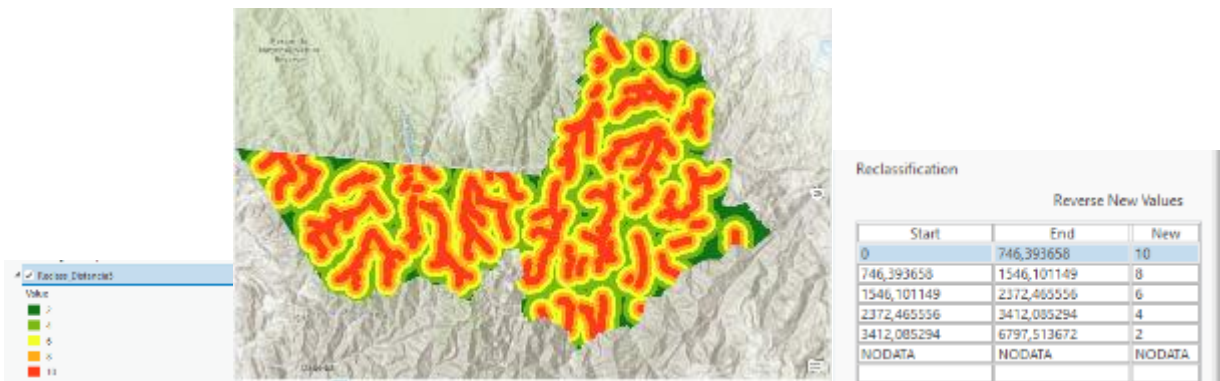
Fuente: Autoría propia, 2025

*c. Reclasificación ráster de precipitaciones*



Fuente: Autoría propia, 2025.

*c. Reclasificación distancias de los drenajes*



Fuente: Autoría propia, 2025.

Las capas reclasificadas fueron fusionadas, otorgándoles a cada una la relevancia y peso distinto en la modelación del riesgo de inundación. Para este paso, se empleó la información obtenida de la base de datos que se encuentra en la tabla 2

**Tabla 2.** Porcentaje de impacto para el factor de riesgo de inundación

FACTOR	PORCENTAJE	SUMA PONDERADA
Modelo de elevación digital DEM	10%	0,1
Pendientes	15%	0,15
Cobertura de tierras (Land cover)	10%	0,1
Precipitación	35%	0,35
Distancia entre drenajes	30%	0,3
Total	100%	1

*Nota:* La tabla presenta los elementos y cifras utilizados para el estudio del riesgo de inundaciones. Tomado y adaptado de “Guía de aprendizaje – Fase 4 Modelación agroambiental del territorio” UNAD, 2025.

Adicionalmente, se lleva a cabo el procedimiento de suma ponderada, un método empleado en los sistemas de información geográfica para la combinación de diversas capas de datos, resultando en el Mapa de riesgo de inundación. Luego, se procede a categorizar el riesgo de manera cualitativa y cuantitativa, tal como se ilustra en la tabla 2.

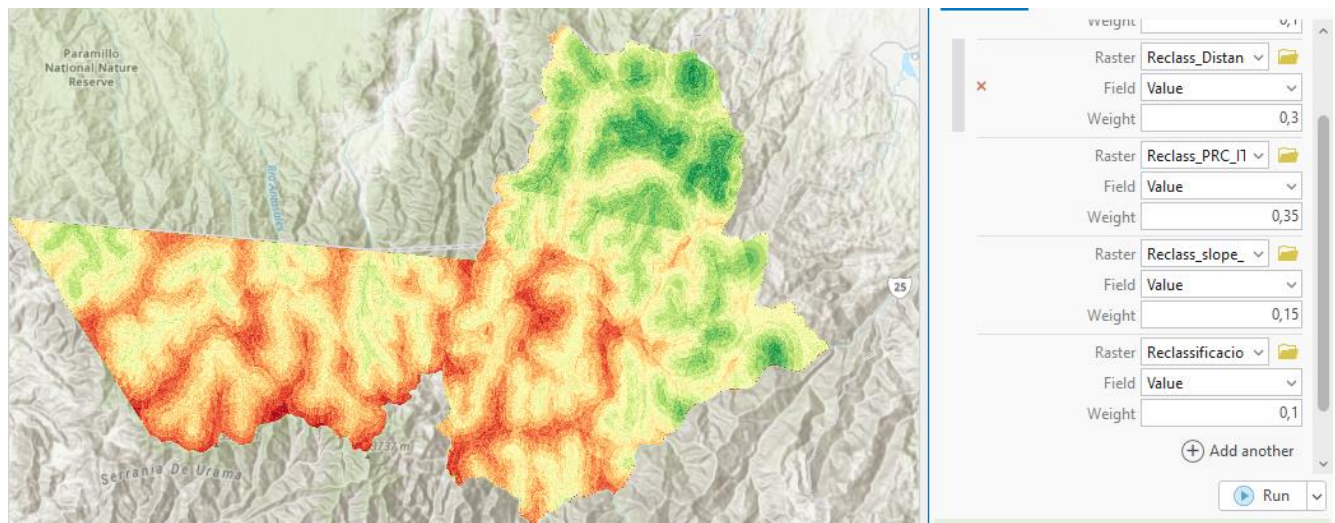
Se realizó un análisis espacial que fusiona diversas capas de ráster otorgándoles distintos pesos de acuerdo con su relevancia relativa en el estudio. Crea un mapa definitivo que fusiona todas las variables.

Los colores rojos señalan valores elevados, mientras que los verdes señalan valores reducidos.

Perfecto para evaluar la aptitud territorial, el riesgo o la idoneidad.

Este tipo de estudio se emplea a menudo para modelar la aptitud del terreno, evaluar el riesgo de deslizamientos, definir la zona geográfica, o determinar los lugares ideales para una actividad determinada. (Fig.7)

**Figura 8.** Suma Ponderada



*Fuente:* Autoría propia, 2025.

## Procesamiento de Información

El análisis se desarrolló mediante las siguientes etapas:

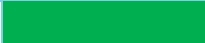




- **Recopilación de datos geospaciales:** Recopilación de datos cartográficos fundamentales que incluyen modelos de elevación digital, red de ríos, cobertura del terreno e información climática.

- **Preparación de capas temáticas:** Proceso de datos geográficos para crear capas ráster que sean compatibles con el análisis espacial.
- **Reclasificación de variables:** Estandarización de todas las variables dentro de una escala de valoración común del riesgo (1-5).
- **Análisis de superposición ponderada:** Aplicar pesos concretos a cada criterio de acuerdo con su relevancia relativa en la evaluación del riesgo.
- **Clasificación del riesgo:** Agrupación de los resultados en cinco categorías cualitativas de riesgo.

El análisis multicriterio se implementó mediante la definición de criterios de evaluación, establecimiento de escalas de valoración y asignación de pesos relativos a cada variable. La reclasificación de variables se realizó utilizando escalas cualitativas de cinco categorías: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto riesgo. Tabla.3.

El método de agregación espacial se basó en la suma ponderada, facilitando la unión lineal de variables reclasificadas a través del uso de pesos determinados. Este procedimiento produjo un ráster de riesgo continuo que luego se categorizó en categorías discretas para simplificar la comprensión de los resultados.

**Tabla 3.** Clasificación de riesgo de inundación

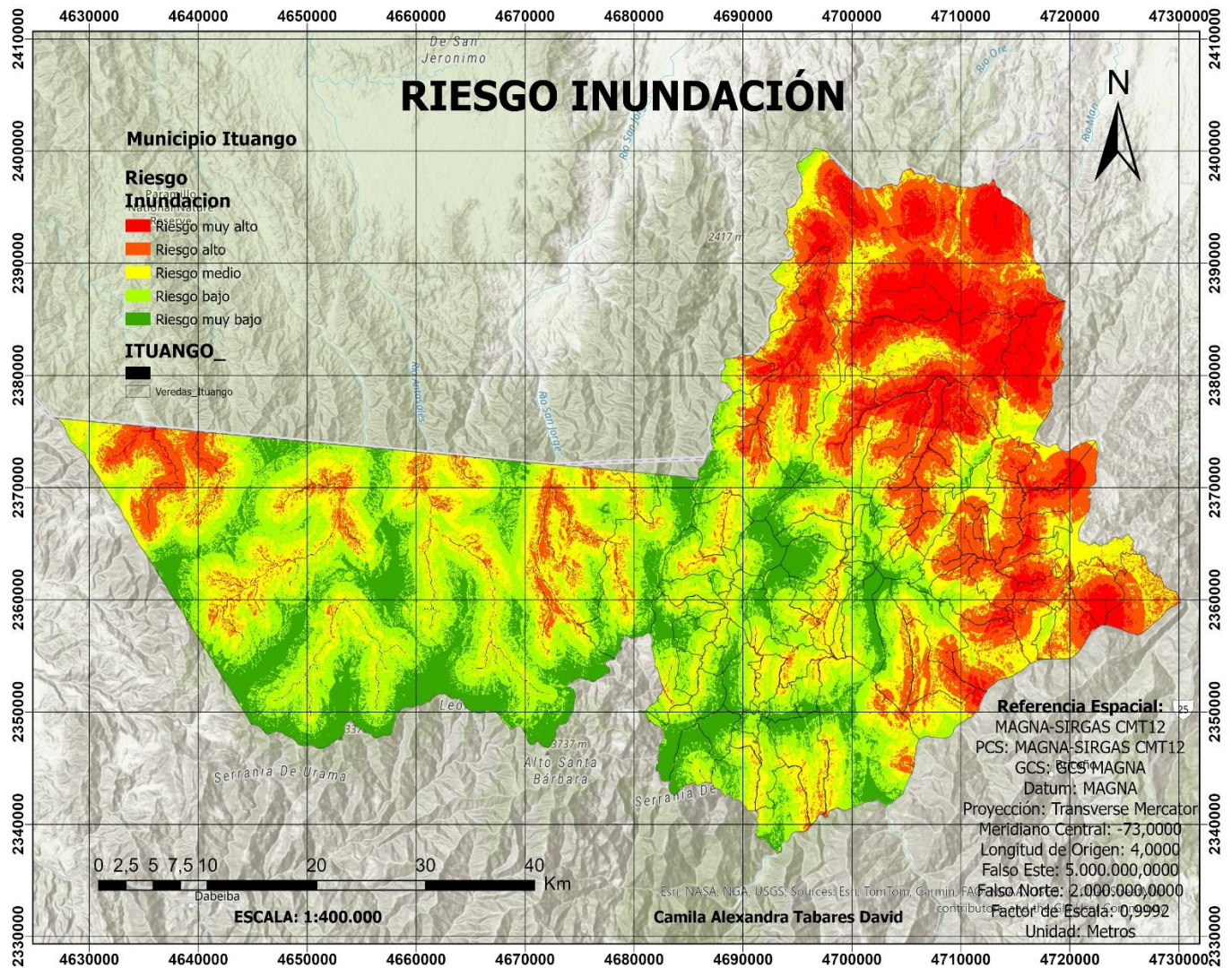
Clasificación Cualitativa	Valor numérico	Simbología	Descripción
Riesgo muy bajo	1		Áreas con condiciones muy favorables
Riesgo bajo	2		Áreas con condiciones favorables
Riesgo medio	3		Áreas con condiciones moderadas
Riesgo alto	4		Áreas con condiciones desfavorables
Riesgo muy alto	5		Áreas con condiciones muy desfavorables

*Nota:* La tabla exhibe la categorización del peligro de inundación en 5 grados y empleando colores para su reconocimiento. Elaboración propia, 2025

## Resultados

La implementación de un análisis multicriterio resultó en un mapa de riesgo de inundación que muestra la distribución espacial de la vulnerabilidad en el municipio de Ituango. Los resultados demuestran una variabilidad importante en los grados de riesgo, con patrones espaciales claramente establecidos, basándose en las características topográficas e hidrológicas del área. Los hallazgos indican una evidente concentración de las zonas de alto riesgo en áreas concretas del municipio, especialmente en las zonas norte y noreste. (Fig.8)

Figura 9. Mapa de riesgo por inundación del municipio de Ituango.



Fuente: Autoría propia, 2025.

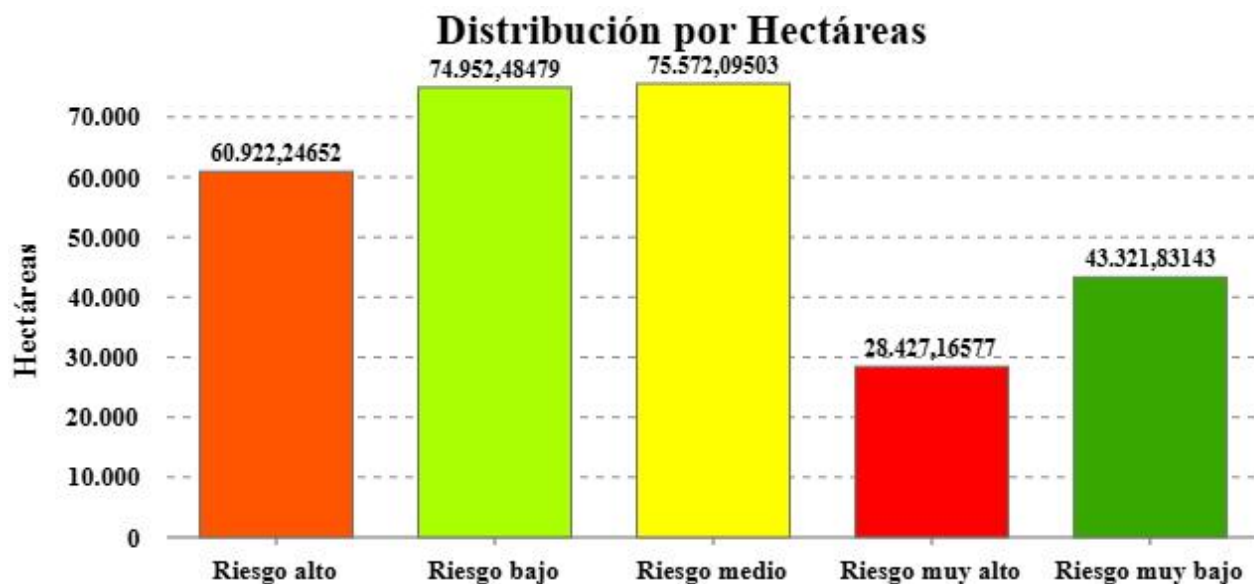
**Cuantificación del Riesgo por Categorías**

Tabla 4. Distribución del riesgo por inundación en hectáreas

Categoría de Riesgo	Área (Hectáreas)	Porcentaje (%)
Riesgo muy alto	28,427.16	10.0
Riesgo alto	60,922.25	21.5
Riesgo medio	75,572.10	26.7
Riesgo bajo	74,952.48	26.5
Riesgo muy bajo	43,321.83	15.3
<b>Total</b>	<b>283,195.82</b>	<b>100.0</b>

Nota: El cuadro muestra la categorización del riesgo y el valor del área en Hectáreas. Cálculos propios basados en análisis geoespacial, Elaboración propia, 2025.

**Figura 10.** Gráfico de barras - Distribución del riesgo por hectáreas



Fuente: Autoría propia, 2025.

La distribución por hectáreas, el riesgo medio cubre 75.572 hectáreas, siendo el riesgo bajo el que ocupa 74.952 hectáreas. La categoría de riesgo alto abarca 60.922 hectáreas, en cambio, las categorías de riesgo muy bajo y alto abarcan 43.321 y 28.427 hectáreas, respectivamente. (Fig.9.)

**Análisis de Distribución Porcentual**

**Figura 11.** Gráfico de barras - Gráfico circular - Distribución porcentual del riesgo de inundación

**Distribución Porcentual del Riesgo de Inundación**



Fuente: Autoría propia, 2025.

La distribución porcentual de riesgo de inundación señala que el 26.7% del territorio municipal presenta un riesgo medio, lo que representa la categoría más amplia. El riesgo bajo equivale al 26.5% de la zona total, en cambio, el riesgo alto se sitúa en el 21.5%. Las categorías extremas, con un riesgo extremadamente bajo y alto, constituyen el 15.3% y el 10.0% respectivamente. (Fig.10.)

- Las categorías de riesgo alto y muy alto representan conjuntamente el 31.5% del territorio municipal (89,349.41 hectáreas)
- Las categorías de riesgo bajo y muy bajo abarcan el 41.8% del territorio (118,274.31 hectáreas)
- El riesgo medio representa el 26.7% del área total

### **Identificación de áreas críticas**

Las zonas con mayor peligro de inundación se agrupan principalmente en las áreas bajas del territorio municipal, especialmente en las cercanías de los cuerpos de agua más importantes. Estas zonas poseen rasgos topográficos propicios para la acumulación de agua durante sucesos de precipitación intensa.

Las áreas clasificadas como de alto riesgo se encuentran principalmente en la zona norte del municipio, donde se unen varias corrientes de drenaje. Estas zonas necesitan prioridad en cuanto a la administración del riesgo y la planificación del territorio.

Las zonas de alto riesgo se expanden de forma más dispersa a lo largo del territorio, siguiendo patrones relacionados con la red de drenaje y las particularidades topográficas locales. El reconocimiento de estas áreas es crucial para la creación de estrategias de prevención y mitigación.

**Zonas de Riesgo Muy Alto:** Las zonas categorizadas como de alto riesgo se agrupan principalmente en:

- Corredores ríos de los principales ríos
- áreas de convergencia de arroyos
- Sectores de la zona norte del municipio con particularidades geográficas

**Zonas de Riesgo Alto:** Las zonas de alto riesgo se encuentran dispersas, pero conservan patrones asociados con:

- Cerca de corrientes de agua secundarias
- áreas de inclinación moderada con escasa cobertura de vegetación
- Zonas adyacentes a los corredores de alto riesgo

### **Análisis de impacto potencial**

La ubicación geográfica del peligro de inundación muestra consecuencias importantes para las comunidades, la infraestructura y las actividades de producción del municipio. Las zonas urbanas y semiurbanas situadas en áreas de alto y alto riesgo necesitan estrategias particulares de administración del riesgo.

Los sistemas de agricultura y pecuaria situados en zonas de alto y medio riesgo podrían sufrir efectos adversos durante sucesos de inundación, perjudicando la seguridad alimentaria y la economía local. La adopción de prácticas de gestión adaptativa es crucial para disminuir la vulnerabilidad.

Los ecosistemas naturales situados en zonas de alto riesgo podrían experimentar presiones extra durante sucesos extremos, necesitando tácticas de preservación y restauración que tomen en cuenta la dinámica del agua natural.

### **Conclusiones**

La implementación del análisis multicriterio resultó ser una técnica eficaz para la valoración del riesgo de inundación en el municipio de Ituango, facilitando la incorporación sistemática de diversas variables geoespaciales pertinentes. Los hallazgos logrados ofrecen datos útiles para la toma de decisiones en cuanto a la administración del riesgo y la organización del territorio.

La distribución espacial del riesgo de inundación muestra que cerca del 31.5% del territorio municipal tiene un riesgo alto y muy alto, concentrándose principalmente en las áreas bajas y cercanas a los principales cuerpos de agua. Esta distribución pone de resaltar la relevancia de poner en práctica acciones de prevención y mitigación en estos sectores críticos.

El método de análisis multicriterio utilizando SIG se demostró como una herramienta sólida y confiable para la valoración del riesgo de inundación, ofreciendo resultados que concuerdan con las propiedades geomorfológicas e hidrológicas del área. La incorporación de factores como el terreno, las inclinaciones, la distancia a los drenajes, la cobertura de tierras y las precipitaciones posibilitó una representación completa de los elementos que afectan el peligro de inundación.

Los resultados obtenidos proporcionan una base firme para la creación de estrategias de administración del riesgo ajustadas a las circunstancias particulares del municipio de Ituango. El reconocimiento de zonas críticas simplifica la asignación de prioridades y la puesta en marcha de acciones preventivas y correctivas.

### **Recomendaciones**

Desde el punto de vista del ordenamiento agroambiental de la región, se sugiere la puesta en marcha de un sistema completo de administración del riesgo de inundación que incluya acciones tanto estructurales como noestructurales. Las zonas reconocidas como de alto y alto riesgo

necesitan limitaciones concretas para el crecimiento urbano y la puesta en marcha de infraestructura ecológica.

Se recomienda la implementación de programas de formación para la comunidad enfocados en la administración del riesgo, que incluyan sistemas de alerta temprana y planes de evacuación para las comunidades situadas en zonas vulnerables. La implicación directa de las comunidades es esencial para la eficacia de las tácticas de disminución del riesgo.

La implementación de prácticas agroecológicas en zonas de alto y medio riesgo ayudaría de manera significativa a disminuir la vulnerabilidad territorial. Estas acciones comprenden la preservación de terrenos, gestión de coberturas de vegetación y sistemas de drenaje sustentable.

Se sugiere la renovación regular del análisis del riesgo de inundación, incluyendo nuevas fuentes de datos y métodos de análisis sofisticados. La incorporación de datos de seguimiento constante y modelos meteorológicos facilitaría la mejora gradual de las evaluaciones de riesgo.

El fortalecimiento de la capacidad institucional local en la administración del riesgo representa una prioridad estratégica. La formación de unidades especializadas y la formación de personal técnico simplifican la implementación de unidades especializadas puesta en marcha eficaz de las acciones de prevención y mitigación.

### Referencias bibliográficas

Congreso de Colombia. (1997). Ley 388 de 1997: *Ley de Desarrollo Territorial*. Bogotá. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=339>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2019). *Protocolo para la identificación y evaluación de amenazas por inundación*. Bogotá: IDEAM. <http://archivo.ideam.gov.co/web/agua/protocolos-procedimientos-y-metodologias>

Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2014). Flood susceptibility mapping using a novel ensembleweights-of-evidence and support vector machine models in GIS. *Journal of Hydrology*, 512, 332-343. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169414001826>

Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 703-726. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13658810600661508>

United States Geological Survey - USGS. (2014). *Digital Elevation Model - Earth Explorer*. Recuperado de <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2018). *Mapa de coberturas de la tierra metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia*. Bogotá: IDEAM.[https://www.researchgate.net/publication/370947005\\_Memoria\\_Tecnica\\_y\\_Resultados\\_Mapa\\_Nacional\\_de\\_Coberturas\\_de\\_la\\_Tierra\\_Escala\\_1100000\\_Periodo\\_2018\\_Metodologia\\_Corine\\_Land\\_Cover\\_adaptada\\_para\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/370947005_Memoria_Tecnica_y_Resultados_Mapa_Nacional_de_Coberturas_de_la_Tierra_Escala_1100000_Periodo_2018_Metodologia_Corine_Land_Cover_adaptada_para_Colombia)

*Mi Municipio*. (s/f). Gov.co. Recuperado el 14 de julio de 2025, de <https://www.ituango-antioquia.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Galeria-de-Mapas.aspx>

*Mi Municipio*. Gov.co. Recuperado el 14 de julio de 2025, de <https://www.ituango-antioquia.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Informacion-del-Municipio.aspx>

*¿Qué son los análisis multicriterio en un SIG? - Gis&Beers*. (2020, octubre 17). Gis&Beers. <https://www.gisandbeers.com/como-realizar-un-analisis-multicriterio-sig/>

Codazzi-IGAC, I. G. A. (s/f). *Colombia en mapas*. Gov.co. Recuperado el 21 de julio de 2025, de <https://www.colombiaenmapas.gov.co/>

**Enlace de sustentación:**

<https://youtu.be/x-xe8se--ow>