

## **Análisis espacial del riesgo de inundación para el municipio Jardín (Antioquía) mediante análisis multicriterio y Sistemas de Información Geográfico**

**Estudiante:** Rubinson David Bustos Isaza - [rdbustosi@unadvirtual.edu.co](mailto:rdbustosi@unadvirtual.edu.co)

**Estudiante:** José Rodolfo Vergara Sanchez - [jrvergaras@unadvirtual.edu.co](mailto:jrvergaras@unadvirtual.edu.co)

**Docente:** John Carlos Ruíz Caicedo - [john.ruiz@unad.edu.co](mailto:john.ruiz@unad.edu.co)

### **Resumen**

El municipio de Jardín, Antioquia, enfrenta riesgos significativos debido a su alta vulnerabilidad a fenómenos naturales como crecientes súbitas, avenidas torrenciales y deslizamientos de tierra, intensificados por temporadas de lluvias constantes y su geografía montañosa. Este estudio evalúa el riesgo de inundación mediante herramientas del sistema de información geográfica (SIG) en ArcGIS Pro. A través de un análisis multicriterio, se clasificaron las áreas del municipio en cinco categorías de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. La conversión de capas ráster a vectorial permitió una mejor visualización y análisis de los datos. Además, se calculó el área de cada zona para cuantificar la extensión de las áreas afectadas. Los resultados identifican zonas críticas, especialmente aquellas clasificadas como "riesgo muy alto", que abarcan un total de 3.986,45 ha. Estas áreas presentan una alta vulnerabilidad a inundaciones, lo que podría impactar comunidades, ecosistemas e infraestructura. El análisis espacial subraya la urgencia de implementar medidas de mitigación y prevención para proteger las zonas más expuestas. Este estudio proporciona una base sólida para la toma de decisiones en el manejo de riesgos en la región, ofreciendo datos cruciales para la planificación territorial y la adopción de estrategias de adaptación al cambio climático.

**Palabras claves:** Clasificación, riesgo, inundación, análisis multicriterio, SIG, prevención.

### **Introducción**

Jardín es un municipio ubicado en el suroeste del departamento de Antioquia, a una altura de 1,750 msnm. Su clima templado y las temporadas de lluvias constantes, que se intensifican entre los meses de octubre a diciembre y de marzo a principios de mayo, caracterizan su entorno climático. En la última década, se han registrado eventos significativos en esta jurisdicción. Según entrevistas realizadas al cuerpo de Bomberos Voluntarios de la localidad (Quiceno, 2024) y un artículo publicado por la Gobernación de Antioquia

(2020), las fuertes precipitaciones han generado alteraciones ambientales que, aunque no han causado pérdidas humanas, sí han afectado bienes materiales y cultivos. En este contexto, El Colombiano (2024) detalla que tres viviendas, un colegio rural y un puente peatonal fueron impactados por estos fenómenos.

Es importante resaltar que, dadas las características geográficas y climáticas de la zona, no se han reportado inundaciones como tal. Sin embargo, su alto potencial hídrico conlleva riesgos asociados a crecientes súbitas, avenidas torrenciales y deslizamientos de tierra,

los cuales se intensifican durante las temporadas de lluvias (Teleantioquia, 2024).

El análisis del municipio mediante el uso de sistemas de información geográfica (SIG) permite identificar con mayor precisión las áreas con mayor riesgo de sufrir estas alteraciones naturales. Una vez reconocidos estos espacios, es posible desarrollar estrategias y alternativas orientadas a mitigar el impacto de posibles eventos inesperados.

## **Objetivos**

### **General**

Identificar las zonas con mayor posibilidad de inundación o afectación por crecientes hídricas y avenidas torrenciales durante la temporada de lluvias en el Municipio de Jardín, Antioquia, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para apoyar la planificación y gestión territorial.

### **Específicos**

Analizar las áreas con mayor incidencia frente a inundaciones y avenidas torrenciales, destacando las zonas críticas.

Brindar alertas para desarrollar planes de mitigación que disminuyan el riesgo para la vida y los bienes.

Identificar zonas seguras aptas para el desarrollo urbanístico y la implementación sostenible de cultivos.

## **Identificación del caso de estudio**

El municipio de Jardín, ubicado en el suroeste del departamento de Antioquia, se encuentra a 134 km de Medellín por carretera nacional. Según la Gobernación de Antioquia (2022), basada en datos del DANE (2018), cuenta con 15.531 habitantes. Su altitud es de 1,750 msnm, con una temperatura promedio de 19°C.

La economía local se basa principalmente en la agricultura, destacándose cultivos como café, plátano, banano, aguacate, tomate de aliño, tomate de árbol, lulo y caña de panela. En la última década, el turismo ha experimentado un aumento significativo, lo que ha incrementado el flujo de visitantes y el consumo en restaurantes, cafeterías, panaderías y hospedajes. En noviembre de 2024, Jardín fue reconocido como el mejor pueblo de Colombia para el turismo rural (El Colombiano, 2024).

Desde el punto de vista climático, el municipio, al igual que toda la zona cafetera de Antioquia, experimenta un aumento significativo en las precipitaciones entre los meses de octubre a diciembre y de marzo a mayo, lo que genera fenómenos como crecientes súbitas en los afluentes hídricos y taponamiento de vías por deslizamientos de tierra (Teleantioquia, 2024). Aunque no se han reportado inundaciones significativas, existe el riesgo de pérdida de cultivos debido a las condiciones climáticas extremas.

Este análisis se basa en los datos del mes de noviembre, cuando se registran las precipitaciones más intensas, para evaluar su impacto en las áreas agrícolas más vulnerables.

## **Metodología**

El presente estudio tiene como objetivo identificar y clasificar las zonas con mayor riesgo de inundación en Jardín, Antioquia, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en ArcGIS Pro. Para ello, se empleó el método de análisis multicriterio, que combina diversas variables relevantes para la estimación del riesgo de inundación, siguiendo los principios descritos por González Valencia (2006). Se detalla el proceso metodológico:

### **Selección de capas y obtención de datos espaciales.**

En primer lugar, se seleccionará y descargará las capas espaciales necesarias para el análisis. Se consultó el geoportal del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) y se descargó el Mapa de Cobertura de la Tierra (Land Cover) para Colombia, correspondiente a la adaptación Corine Land Cover, con escala 1:100.000 y periodo 2018. Esta capa proporcionó información básica sobre el uso del suelo, esencial para el análisis del riesgo. Además, se incorporan dos capas adicionales claves para el análisis: el Modelo Digital de Elevación (DEM) del municipio de Jardín y el ráster de pendientes del mismo municipio. Estas capas son fundamentales para entender la topografía del área, ya que el DEM proporciona información sobre la elevación del terreno, mientras que el ráster de pendientes permite evaluar cómo la inclinación del terreno influye en el riesgo de inundación.

### **Análisis multicriterio y procesamiento de capas**

Se realizó un análisis multicriterio para integrar capas como pendiente del terreno, proximidad a cuerpos de agua y cobertura de tierras, ponderando cada variable según su relevancia en el riesgo de inundación. Los pesos asignados fueron: Modelo Digital de Elevación (10%), pendientes (15%), cobertura de tierras (10%), precipitación (35%) y distancia a drenajes (30%).

Las capas se reclasificaron y combinaron mediante la herramienta "Suma ponderada", generando un ráster que representa las zonas clasificadas por niveles de riesgo. Este ráster se transformó en una capa vectorial para facilitar el análisis espacial.

### **Conversión de capa ráster a vectorial**





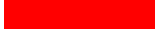
La capa ráster obtenida se convirtió en una capa vectorial mediante la herramienta "De ráster a polígono", permitiendo representar las zonas de riesgo en un formato adecuado para el análisis espacial. Posteriormente, se aplicó el geoproceso "Disolver" para simplificar los datos, unificando los polígonos con valores idénticos en el atributo "gridcode" y eliminando segmentos innecesarios.

### **Clasificación del riesgo y cálculo de áreas**

Una vez convertida la capa, se procedió a clasificar las zonas de acuerdo con su nivel de riesgo de inundación. Se agregó una columna en la tabla de atributos denominada "Class\_riesgo\_inundación", en la que se asignan los valores cualitativos correspondientes a cada categoría de riesgo

(muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto). Además, se calculó el área de cada polígono en hectáreas utilizando la herramienta de "Cálculo de geometría", lo que permitió obtener una medida precisa de las zonas afectadas.

**Tabla 1.** Clasificación del riesgo por inundación

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

**Fuente:** Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD, Fase 6: Evaluación final, 2024, p. 2)

### Ajuste de simbología y presentación visual

Para facilitar la interpretación de los resultados, se asignan colores a cada clase de riesgo según la tabla 1 de clasificación. Esto permitió representar visualmente las zonas de riesgo en el mapa final, con colores que indican de forma clara y comprensible el nivel de amenaza.

### Optimización cartográfica

Finalmente, se aplicarán procesos de suavizado de polígonos y polilíneas para mejorar la apariencia visual de la capa vectorial. Este paso mejoró la presentación cartográfica, eliminando irregularidades en los límites de los polígonos y proporcionando una representación más clara y estéticamente agradable.

### Resultados

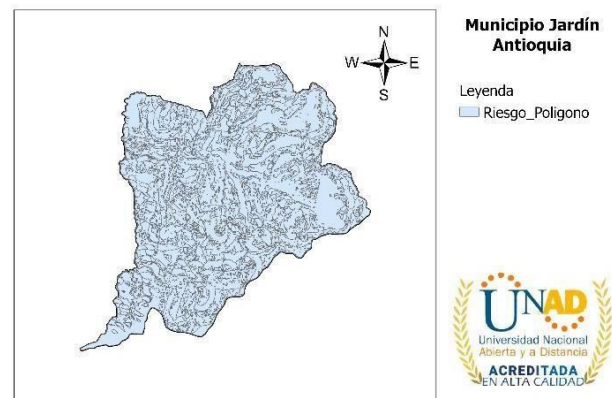
El análisis realizado permitió identificar y clasificar las zonas con diferentes niveles de

riesgo de inundación en el municipio de Jardín, Antioquia, utilizando herramientas SIG en ArcGIS Pro. Se describen los resultados obtenidos en cada etapa del proceso y su impacto en la caracterización del riesgo.

### Generación de capas vectoriales

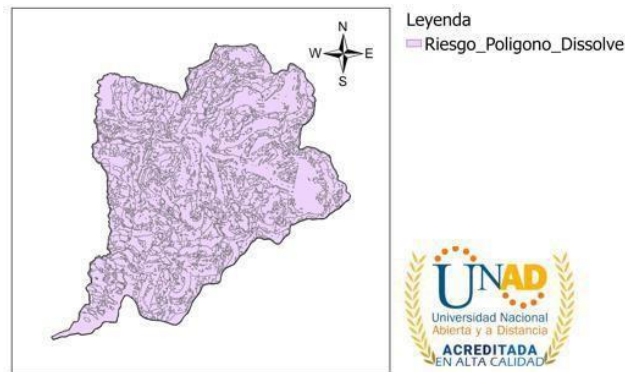
La capa ráster generada a partir del análisis multicriterio fue transformada en una capa vectorial utilizando la herramienta De ráster a polígono. Este proceso permitió representar las zonas de riesgo en un formato vectorial más fácil de interpretar.

**Figura 1.** Conversión De ráster a polígono



**Fuente:** Autoría propia, diciembre 2024.

Posteriormente, se aplicó el geoproceso Dissolver para unificar los polígonos con valores idénticos en el atributo gridcode y simplificar la representación gráfica.

**Figura 2.** Proceso de disolución de polígonos

**Fuente:** Autoría propia, diciembre 2024.

### Clasificación del riesgo y cálculo de áreas

En la tabla de atributos de la capa vectorial, se agregaron dos columnas:

**Class\_riesgo\_inundación:** Clasificación cualitativa de las áreas según cinco categorías de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto.

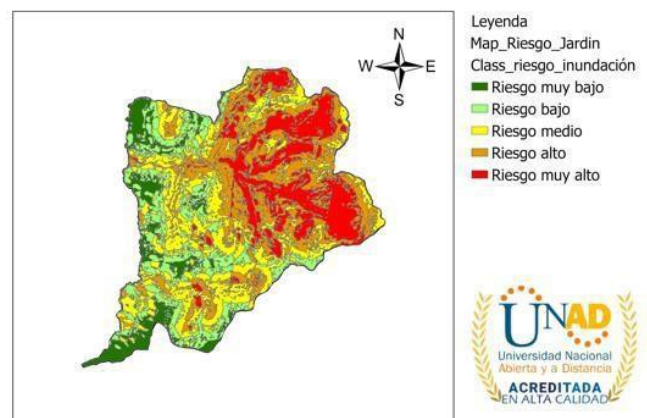
**Área:** Cálculo de la extensión de cada polígono en hectáreas, utilizando el cálculo de geometría.

**Figura 3.** Cálculo de geometría para obtener el área de los polígonos

OBJECTID *	gridcode	Class_riesgo_inundación	Área_ha
1	1	Riesgo muy bajo	1.728,34
2	2	Riesgo bajo	3.680,89
3	3	Riesgo medio	5.396,65
4	4	Riesgo alto	5.263,78
5	5	Riesgo muy alto	3.986,45

**Fuente:** Autoría propia, diciembre 2024.

La clasificación se realizó con base en la simbología establecida en la Tabla 1 de la metodología. Esto permitió una representación visual precisa y una evaluación del nivel de riesgo en cada área.

**Figura 4.** Ajuste de simbología por categorías de riesgo

**Fuente:** Autoría propia, diciembre 2024.

### Distribución del riesgo en el municipio

El análisis permitió identificar patrones clave de riesgo con base en la extensión territorial y los porcentajes derivados del cálculo de áreas.

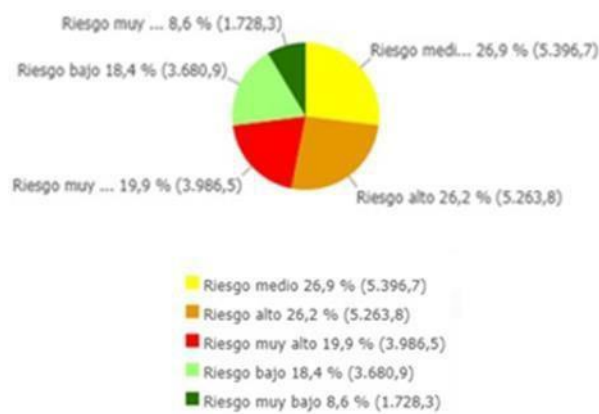
La siguiente tabla muestra la distribución de las áreas clasificadas:

**Tabla 2.** Distribución de áreas según clasificación de riesgos

gridcode	Class_riesgo_inundación	Área ha	(%)
1	Riesgo muy bajo	1.728,34	8,6
2	Riesgo bajo	3.680,89	18,4
3	Riesgo medio	5.396,65	26,9
4	Riesgo alto	5.263,78	26,2
5	Riesgo muy alto	3.986,45	19,9

**Fuente:** Autoría propia, diciembre 2024.

**Figura 5.** Gráfica de clasificación de riesgo por porcentaje



**Fuente:** Autoría propia, diciembre 2024.

### Zonas de alto riesgo

El 46,1% del territorio total presenta un nivel de riesgo alto y muy alto, concentrado en áreas de bosque ubicadas en las veredas La Selva, Quebrada Bonita, Ventanas, La Herrera, La Salada, Serranías, Macanas, Dojurgo, La Floresta y La Mesenia.

Estas áreas están relacionadas con la presencia de numerosos afluentes hídricos, como los ríos La Salada y Volcanes, y la quebrada El Cuchillón, que incrementan significativamente el riesgo de inundación.

### Zonas de bajo riesgo

El 53,9% del territorio restante incluye áreas con riesgo muy bajo, bajo y medio, asociadas principalmente a terrenos rurales y agrícolas en las veredas Verdún, Gibraltar, La Arboleda, Alto del Indio, Santa Gertrudis, Río Claro, Caramanta, El Tapado, La Casiana, Morro Amarillo y La linda.

Estas zonas ofrecen un contexto más favorable frente al riesgo, aunque requieren atención para

evitar impactos indirectos, como erosión o mal manejo de recursos.

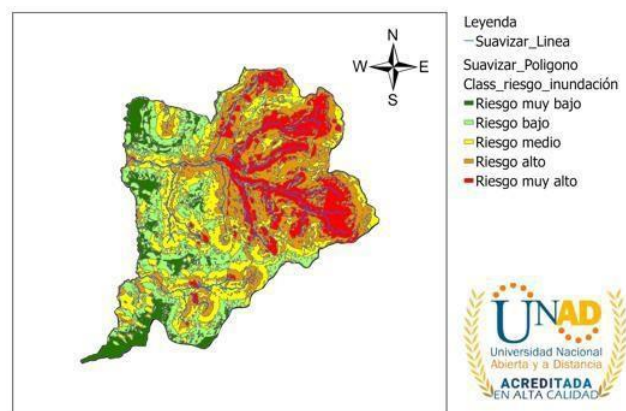
### Cabecera municipal

La cabecera municipal, donde reside la mayor parte de la población, está ubicada en una zona con riesgos medio, alto y muy alto debido a su cercanía a los ríos La Salada, Volcanes y la quebrada El Cuchillón. Esta situación representa un riesgo significativo para la infraestructura urbana y los habitantes, especialmente en temporadas de lluvias intensas.

### Optimización cartográfica

Para mejorar la presentación visual, se aplican los procesos Suavizar polígono y Suavizar polilínea, eliminando irregularidades en las formas y límites de los polígonos, lo que resultó en una representación más clara y estéticamente agradable.

**Figura 6.** Suavizado de polígonos y polilíneas para mejorar la calidad cartográfica

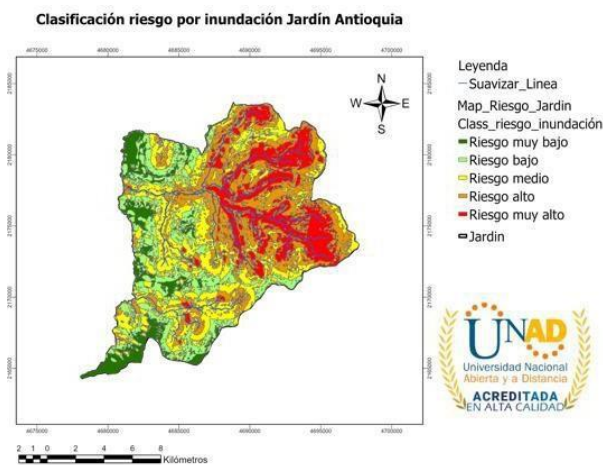


**Fuente:** Autoría propia, diciembre 2024.

## Mapa final de riesgo por inundación

El mapa final presenta la distribución del riesgo de inundación en el municipio de Jardín, resaltando las zonas de mayor vulnerabilidad y facilitando la interpretación visual de los resultados.

**Figura 7.** Mapa riesgo por inundación



**Fuente:** Autoría propia, diciembre 2024.

## Conclusiones

El análisis realizado en el municipio de Jardín, Antioquia, utilizando herramientas SIG en ArcGIS Pro, permitió identificar y clasificar las zonas de riesgo de inundación, logrando resultados relevantes y veraces gracias a la integración de metodologías de análisis multicriterio y técnicas avanzadas de procesamiento geoespacial.

Se concluye que el método empleado fue idóneo y efectivo para el propósito del estudio. La conversión de datos ráster a vectorial, junto con la clasificación y análisis de áreas, facilitó una representación clara y comprensible de las zonas de riesgo, destacando la utilidad de ArcGIS Pro como herramienta robusta para estudios de este tipo. La precisión de los

resultados demuestra la capacidad de esta tecnología para proporcionar insumos confiables que apoyan la gestión del riesgo.

Desde una perspectiva espacial, se evidencia que el 46,1% del territorio presenta niveles de riesgo alto y muy alto, concentrados en áreas de bosque y cercanías a ríos y quebradas principales, lo que subraya la vulnerabilidad de estas zonas ante eventos de inundación, especialmente durante la temporada de lluvias. Por otro lado, el 53,9% del territorio clasificado como de riesgo muy bajo, bajo y medio incluye áreas agrícolas y rurales que, aunque menos vulnerables, también requieren medidas preventivas para mitigar impactos indirectos, como la erosión o el mal manejo de los recursos naturales.

Particularmente, la cabecera municipal, localizada en zonas de riesgo alto y muy alto, plantea un desafío significativo para la seguridad de sus habitantes e infraestructura. Esto resalta la necesidad de una colaboración activa entre las autoridades y la comunidad, encaminada a desarrollar estrategias preventivas y resilientes frente a posibles desastres.

## Recomendaciones

Conservar las distancias de seguridad en las fuentes hídricas, garantizando la protección de los ecosistemas y respetando el equilibrio ambiental.

Gestionar campañas de siembra en rondas hídricas y taludes de vías, utilizando especies nativas que contribuyen a estabilizar el suelo y prevenir la erosión.

Apoyar la implementación y fortalecimiento de sistemas de alerta temprana que permitan reaccionar ante posibles inundaciones o desastres relacionados con la temporada de lluvias.

Realizar un periódico de mantenimiento de la malla vial, incluyendo carreteras rurales y puentes peatonales, para garantizar la conectividad y seguridad de las comunidades.

Proponer la creación de programas de acompañamiento técnico por parte de entidades gubernamentales, ONGs y otras organizaciones, para fomentar prácticas agropecuarias sostenibles.

Vigilar y evaluar los posibles riesgos asociados a las nuevas construcciones rurales y urbanas, asegurando su cumplimiento con las normas de ordenamiento territorial.

Fomentar la educación ambiental en la comunidad para sensibilizar sobre el manejo adecuado de los recursos naturales y promover la gestión sostenible del territorio.

### Referencias bibliográficas

DANE. (2018). *Subregión Suroeste*. Medellín

El Colombiano. (06 de Diciembre de 2024). *El Bagre, Abriaquí y Jardín padecen por las fuertes lluvias del fin de semana*. El Colombiano, pág. 3.

El Colombiano. (15 de Noviembre de 2024). *Jardín, Antioquia, fue elegido el Mejor Pueblo de Colombia para el Turismo Rural en 2024*. El Colombiano, pág. 1.

Gobernación de Antioquia. (25 de abril de 2020). *GOV.CO. Dapard presente en los municipios de Andes y Jardín para evaluar afectaciones por avenida torrencial en el río San Juan*:

<https://antioquia.gov.co/component/k2/8852-dapard-presente-en-los-municipios-de-andes-y-jardin-para-evaluar-afectaciones-por-avenida-torrencial-en-el-rio-san-juan>

Gobernación de Antioquia. (2022). *Análisis de situación de salud*. Jardín.

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. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=7d5a99fe-dbcf-33b6-943e-dd92eebf52b6>

Quiceno, M. A. (01 de diciembre de 2024). *Avenidas torrenciales*. (J. R. Sánchez, Entrevistador).

Teleantioquia. (8 de Noviembre de 2024). *taNoticias. Video: Alerta máxima por crecientes súbitas en Andes y otros municipios del Suroeste antioqueño*: <https://www.teleantioquia.co/noticias/alerta-maxima-por-crecientes-subitas-en-andes/>

### Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/YwIhH0ZdFJK>