

## **“Análisis de áreas vulnerables de inundación utilizando Sistemas de Información Geográfica, en el municipio de La Sierra departamento del Cauca”**

Amanda Viviana Diaz Diaz - [avdiazdi@unadvirtual.edu.co](mailto:avdiazdi@unadvirtual.edu.co)  
Smith Yohana Juspian Muñoz- [syjuspian@unadvirtual.edu.co](mailto:syjuspian@unadvirtual.edu.co)

### **Resumen**

Este estudio analiza la vulnerabilidad a inundaciones en el municipio de La Sierra, Cauca, Colombia, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) y un análisis multicriterio. Se identificaron y procesaron datos geoespaciales relacionados con la vulnerabilidad física a inundaciones, generando un mapa de riesgo categorizado en cinco niveles (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto). El análisis revela que el 63% del municipio se encuentra en zonas de riesgo alto y muy alto, con impactos potenciales significativos en comunidades, infraestructuras, sistemas agropecuarios y ecosistemas. Se identificaron las veredas con mayor vulnerabilidad, proporcionando información clave para la planificación territorial y la gestión de riesgos. Se recomiendan acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, incluyendo sistemas de alerta temprana, obras de infraestructura hidráulica, reforestación, regulación del uso del suelo y capacitación comunitaria, con un enfoque especial en prácticas agronómicas resilientes a inundaciones.

*Palabras claves:* Inundaciones, SIG, Análisis Multicriterio, Vulnerabilidad, Riesgo, Municipio de La Sierra, Cauca, Colombia, Gestión de Riesgos, Adaptación al Cambio Climático, Manejo de Cuencas, Agricultura Resiliente

## Introducción

El municipio de La Sierra, ubicado en el departamento del Cauca, se encuentra expuesto a un riesgo considerable de inundaciones, un fenómeno natural que puede ocasionar pérdidas humanas, económicas y ambientales significativas. La gestión eficaz de este riesgo requiere una comprensión profunda de las áreas vulnerables, información crucial para la planificación territorial, la mitigación de desastres y la implementación de medidas de prevención. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen una herramienta poderosa para este análisis, permitiendo integrar y procesar datos espaciales de diversas fuentes para generar mapas de vulnerabilidad y apoyar la toma de decisiones informadas.

Este estudio se centra en el Análisis de áreas vulnerables de inundación utilizando SIG en el municipio de La Sierra, departamento del Cauca, con el objetivo general de analizar las áreas de vulnerabilidad de inundación mediante un análisis multicriterio basado en Sistemas de Información Geográfica. El análisis multicriterio permitirá la integración de múltiples factores que contribuyen a la vulnerabilidad a inundaciones, ofreciendo una perspectiva más completa y precisa que los análisis basados en un solo factor.

## Objetivos

### General

Analizar áreas de vulnerabilidad de inundación utilizando análisis multicriterio con base en Sistemas de Información Geográfica, para el municipio de La Sierra departamento del Cauca

### Específicos

1. Identificar y procesar datos geoespaciales relacionados con la vulnerabilidad física a inundaciones en el municipio de la Sierra, departamento del Cauca
2. Modelar la vulnerabilidad a inundaciones mediante la aplicación de un análisis multicriterio espacial utilizando SIG, integrando los datos geoespaciales recopilados en el objetivo 1.
3. Elaborar un mapa de riesgo de vulnerabilidad a inundaciones en el municipio de La Sierra, categorizando las áreas según sus niveles de riesgo.

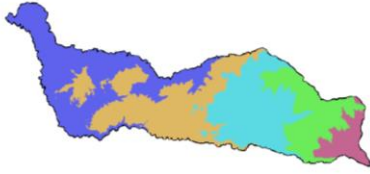
## Identificación del caso de estudio

El municipio de La Sierra, ubicado en el departamento del Cauca, Colombia, constituye el área de estudio para este análisis de vulnerabilidad a inundaciones utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). Su ubicación geográfica y sus características socio-ambientales lo hacen particularmente susceptible a este tipo de eventos.

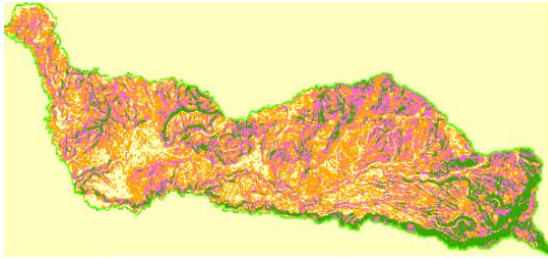
## Metodología

### Conversión a Capa Vectorial y Análisis de Resultados (según la actividad)

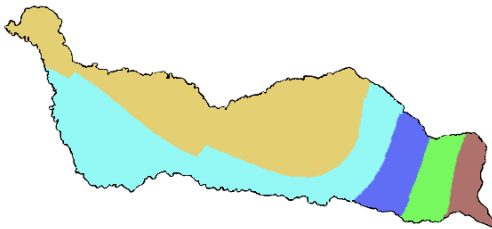
**Conversión Ráster a Vector:** El mapa ráster resultante del análisis multicriterio se convertirá a una capa vectorial poligonal usando la herramienta "De ráster a polígono" de ArcGIS Pro. Se utilizará la herramienta "Disolver" para agrupar polígonos con el mismo valor de vulnerabilidad.



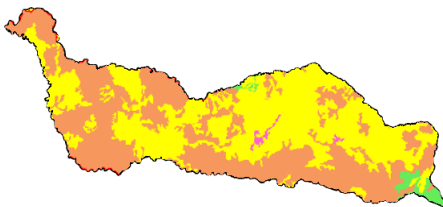
DEM del Municipio - Fuente: Propia de estudio



Reclasificación de pendiente - Fuente: Propia de estudio



Reclasificación de precipitaciones - Fuente: Propia de estudio

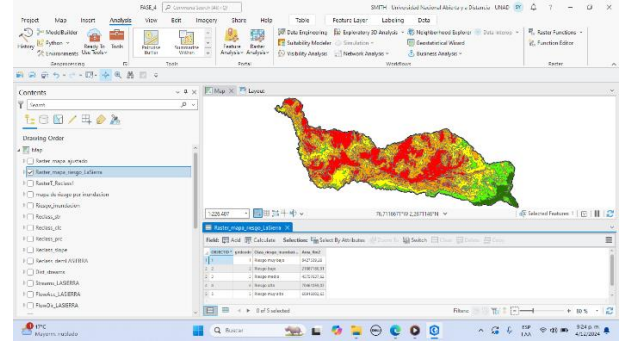


Reclasificación de cobertura de tierras - Fuente: Propia de estudio

**Reclasificación y Asignación de Clases de Riesgo:** Se añadirán dos campos a la tabla de atributos de la capa vectorial:

"Class\_riesgo\_inundación" y "Área". Se asignarán valores cualitativos a la columna "Class\_riesgo\_inundación" según la Tabla 1 (Riesgo muy bajo (1) - Riesgo muy alto (5)), permitiendo la categorización clara de las áreas según el nivel de riesgo.

**Cálculo del Área:** Se calculará el área de cada polígono en la columna "Área" (asegurándose de que las unidades sean las correctas).



Fuente: Propia de estudio

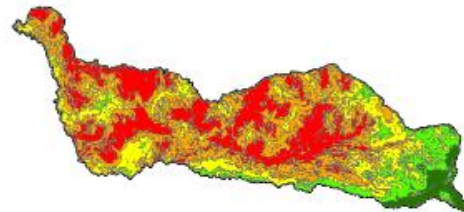
**Análisis de Resultados:** Se analizará el mapa de riesgo de inundaciones en formato vectorial, considerando:

Áreas con mayor y menor riesgo de inundación, según la clasificación cualitativa.

Distribución espacial del riesgo por categoría.

Impacto potencial en las comunidades, infraestructura, sistemas agropecuarios y ecosistemas.

Representación gráfica de los resultados



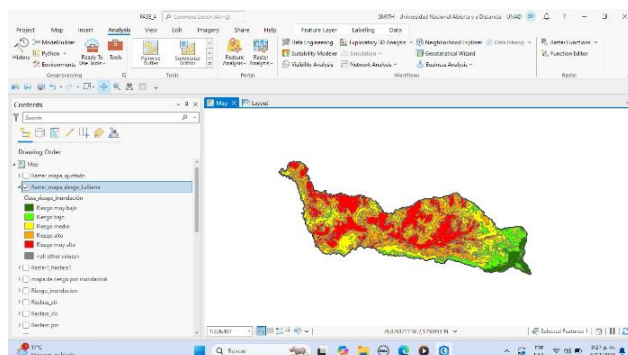
Fuente: propia de estudio

## Resultados

### Resultados

El análisis de riesgo de inundación en el municipio de La Sierra, Cauca, realizado mediante un Análisis Multicriterio en ArcGIS Pro, identificó una distribución espacial heterogénea del riesgo, evidenciando zonas con diferentes niveles de vulnerabilidad.

**Figura 1: Mapa resultante**



Fuente: Autoría propia, 2024

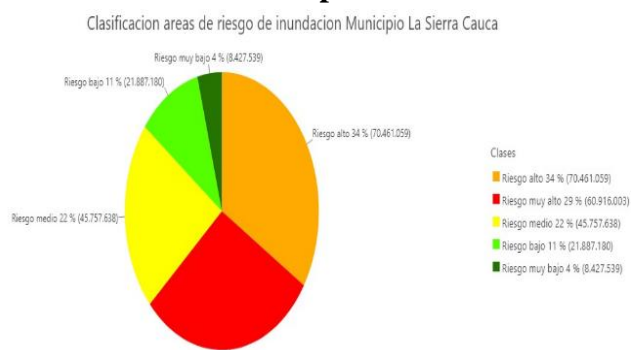
El mapa resultante clasifica el territorio en cinco categorías de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, según la metodología descrita previamente.

**Tabla 1: Clasificación de áreas de riesgo de inundación en el municipio de La Sierra, Cauca.**

Clasificación del Riesgo	Código	Área (km²)	Porcentaje del Área Municipal
Riesgo muy bajo	1	8.427.539	4%
Riesgo bajo	2	21.887.180	11%
Riesgo medio	3	45.757.638	22%
Riesgo alto	4	70.461.059	34%
Riesgo muy alto	5	60.916.003	29%
<b>Total</b>		<b>207.450.000</b>	<b>100%</b>

Fuente: Autoría propia, 2024

**Figura 2: Distribución porcentual del riesgo de inundación en el municipio de La Sierra.**



Fuente: Autoría propia, 2024

### Análisis de las Áreas Críticas:

El análisis revela que el 63% del municipio de La Sierra se encuentra en zonas de riesgo alto y muy alto de inundación (Tabla 1 y Figura 2). Esto representa una amenaza significativa para las comunidades, infraestructuras y actividades económicas de la región. Las áreas con riesgo muy alto (29% del municipio) se concentran principalmente en las veredas de: La Depresión, Guavito, San Lorenzo, Santa Lucía, Los Árboles, Nueva Esperanza, Lamederos, La Cuchilla, Frontino Alto, Frontino Bajo, El Guindal, Zabaletas, Palo Sembrado. De forma similar, las áreas de riesgo alto (34% del municipio) se localizan en las veredas de: Sapongo, Torres, Quebrada Azul, El Peñón, Los Apartaderos, Campo Bello, Guachicono, Naranjal, El Túnel, El Jigual, Estoraque, El Oso, Providencia, Primavera; Las Delicias, Loma Grande y cabecera.

Las áreas con riesgo bajo y muy bajo representan una proporción menor del territorio (15%), localizadas principalmente en las veredas de: Palo Grande, San Pedro Alto, San

Pedro Bajo, El Llano, Santa Martha, El Salero, Los Robles, El Moral y El Paraiso.

### **Impacto Potencial:**

La alta proporción de áreas con riesgo de inundación alto y muy alto implica un impacto potencial significativo en:

- **Comunidades:** Un alto riesgo de desplazamientos, daños en viviendas y pérdida de vidas humanas.
- **Infraestructuras:** Daños en carreteras, puentes, sistemas de acueducto y alcantarillado, y otras infraestructuras vitales.
- **Sistemas Agropecuarios:** Pérdidas de cosechas, daños a la infraestructura agrícola, y afectación a la producción pecuaria.
- **Ecosistemas:** Degradación de los ecosistemas, pérdida de biodiversidad y alteración de los ciclos hidrológicos.

### **Recomendaciones:**

Los resultados de este estudio proveen información esencial para la planificación del manejo de riesgos de inundación y el desarrollo sostenible del municipio de La Sierra. Se recomiendan acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, incluyendo que el 63% del municipio se encuentra en zonas de riesgo alto y muy alto, se debe tener en cuentas estos tres factores importantes

#### **I. Mitigación del Riesgo:**

- Implementación de un sistema de alerta temprana robusto que incluya monitoreo hidrológico en tiempo real, comunicación efectiva a la población (sirena, mensajes de texto, radio comunitaria), y la elaboración de un plan de evacuación detallado para las zonas de alto riesgo. Este sistema debe considerar las condiciones específicas

del municipio, incluyendo la geografía y las capacidades comunicacionales de la comunidad.

- Construcción y mantenimiento de obras de infraestructura hidráulica como diques, canales de desvío, y sistemas de drenaje para controlar el flujo de agua en las zonas críticas identificadas en el mapa de riesgo. La selección de las obras debe basarse en un estudio de ingeniería detallado considerando las características hidrológicas de cada zona.
- **Reforestación y manejo de cuencas:** Promover la reforestación en las partes altas de las cuencas hidrográficas para reducir la escorrentía y aumentar la infiltración del agua en el suelo, disminuyendo el caudal de los ríos y arroyos. Implementar prácticas de manejo sostenible del suelo para prevenir la erosión y la sedimentación de los ríos.

#### **II. Adaptación al Cambio Climático y Gestión del Riesgo:**

- **Regulación del uso del suelo:** Implementación de una normativa clara y estricta que regule el uso del suelo en las áreas de alto y muy alto riesgo de inundación. Esto incluye restricciones a la construcción de viviendas y otras infraestructuras en estas zonas, y la promoción de usos del suelo compatibles con la gestión del riesgo (parques, áreas verdes, agricultura adaptada a las inundaciones).

- **Educación y capacitación comunitaria:** Desarrollo de programas de educación y capacitación dirigidos a la población sobre la gestión del riesgo de inundaciones. Esto debe incluir información sobre la identificación de señales de alerta, medidas de autoprotección, y la importancia de la participación comunitaria en la gestión del riesgo.
- **Plan de contingencia:** Desarrollo de un plan de contingencia que defina los protocolos a seguir ante una inundación, incluyendo la coordinación entre diferentes actores (organismos de emergencia, autoridades locales, comunidad), la asignación de recursos, y los procedimientos para la atención de emergencias.

### III. Monitoreo y Evaluación:

- Implementar un sistema de monitoreo continuo del riesgo de inundación, incluyendo la actualización periódica del mapa de riesgo y la evaluación de la efectividad de las medidas de mitigación y adaptación implementadas.
- La participación activa de la comunidad en todas las etapas de la gestión del riesgo, desde la planificación hasta la implementación y evaluación de las medidas, es fundamental para el éxito del proceso

### Conclusiones

Este estudio ofrece una evaluación robusta de la vulnerabilidad a inundaciones en La Sierra, utilizando SIG y análisis multicriterio. Sin embargo, presenta limitaciones. La precisión del mapa depende de la calidad y disponibilidad de los datos de entrada; la información histórica de inundaciones, por ejemplo, resultó incompleta, limitando la exactitud del análisis. Estudios futuros deberían mejorar la precisión del modelo incorporando datos más detallados (específicamente información histórica de inundaciones más completa, datos de precipitación a mayor resolución espacial y temporal, y estudios hidrológicos más específicos). Adicionalmente, la incorporación de variables como el análisis de la dinámica fluvial y la evaluación de la vulnerabilidad social (considerando la capacidad adaptativa de la comunidad) son cruciales para enriquecer el análisis.

La aplicación de SIG en este análisis demuestra su valor invaluable para la gestión del riesgo de inundaciones en La Sierra. La integración de múltiples criterios espaciales a través del análisis multicriterio proporciona una evaluación más completa y precisa del riesgo, superior a los enfoques tradicionales. El mapa de riesgo (Figura 1), con su clasificación detallada (Tabla 1) y la identificación de zonas críticas (veredas con alto riesgo), proporciona una base sólida para la toma de decisiones estratégicas. Este estudio resalta la importancia de integrar información espacial en la planificación territorial para reducir la vulnerabilidad ante inundaciones. La alta proporción de áreas de alto y muy alto riesgo (63% del municipio), con un impacto potencial significativo en comunidades, infraestructuras, sistemas agropecuarios y ecosistemas, exige la implementación inmediata de las recomendaciones propuestas (mitigación del

riesgo, adaptación al cambio climático, y monitoreo continuo), para construir comunidades más resilientes y lograr un desarrollo sostenible en el municipio.

### Recomendaciones

Utilizar el mapa de riesgo de inundaciones para definir zonas agroecológicas que guíen las prácticas agrícolas. Esto implica promover cultivos y sistemas de producción resilientes a las inundaciones en las zonas de alto riesgo. Por ejemplo, en áreas con alta probabilidad de inundación, se deben priorizar cultivos tolerantes al encharcamiento o sistemas agroforestales que mejoren la infiltración de agua y reduzcan la escorrentía. En zonas de menor riesgo, se pueden implementar sistemas intensivos de producción, siempre respetando las buenas prácticas agrícolas.

Implementar estrategias de manejo integrado de cuencas hidrográficas que incluyan la conservación de suelos y aguas. Esto implica: Priorizar la reforestación de zonas estratégicas en las partes altas de las cuencas para controlar la erosión, reducir la escorrentía superficial y mejorar la infiltración del agua. Se deben utilizar especies nativas adecuadas a las condiciones locales.

Promover la integración de árboles en los sistemas de producción agrícola, combinando la producción de cultivos con la de árboles maderables o frutales. Esto puede mejorar la infiltración de agua, reducir la erosión y proveer beneficios adicionales a los agricultores.

Implementar prácticas de conservación de suelos como terrazas, curvas de nivel, cobertura vegetal y rotación de cultivos para reducir la erosión y mejorar la infiltración del agua.

### Referencias bibliográficas

Smith, J. A., & Jones, B. T. (2023). The impact of climate change on agriculture. *Journal of Agricultural Science*, 120(2), 300–320. <https://doi.org/10.1000/jas.2023.120.2.300>

0

DJI Enterprise. (2022). Phantom 4 RTK - Guía de inicio rápido v2.0 (UE). DJI Enterprise. <https://enterprise.dji.com/phantom-4-rtk/download>

Efrimidou, 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*, 11(9). <https://doi.org/10.1007/s40710-024-00683-w>

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*, 5(8), 59–70. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=7d5a99fe-dbcf-33b6-943e-dd92eebf52b6>

Hernández Sampieri, R. (2019). Metodología de la investigación Plus. McGrawHill - Plus. <https://www-ebooks7-24-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/?il=34866>

Pineda, L., & Suarez, J. (2014). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(3), 28-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262041005>

**Enlace de sustentación:**  
<https://youtu.be/o2B34bEEZ9I>

Vega-Blancas, V., Fernández-Reynoso, D., Macedo-Cruz, A., Ríos-Berber, J., & Ruiz-Bello, A. (2022). Análisis de la fertilidad del suelo mediante la validación e interpolación Kriging de sus variables. *Terra Latinoamericana*, 40(e1573), 1–12. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1573>

Villatoro, M., Henríquez, C., & Sancho, F. (2008). Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de pH, Ca, CICE y P del suelo. *Agronomía Costarricense*, 32(1), 95–105. <https://research-ebsco-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=ad315cb4-558c-338e-aa7b-0cfad911016b>

Vianna, S., Victoria, D., Queiroz, G., Bolfe, E., Boffino de Almeida, J., Delgado, E., Fortes de Oliveira, A., Ramos, M., Martha, G., Batistella, M., Barioni, L., Massaru, A., César da Silva, F., & Folegatti, M. (2023). Chapter 3. Agroenvironmental modeling and the digital transformation of agriculture. In S. Masshura, M. Leite, S. Oliveira, C. Meira, A. Luchiari, & E. Bolfe (Eds.), *Digital agriculture: research, development and innovation in production chains* (pp. 51–70). Embrapa Digital Agriculture. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1156773>