

Evaluación de riesgo por inundación en el municipio de Marquetalia, departamento de Caldas, mediante el modelo de análisis multicriterio de sistemas de información geográfica SIG.

Juan Diego Zuluaga Toro, jdzuluagat@unadvirtual.edu.co
Cristian Hernando Burgos Arango, chburgosa@unadvirtual.edu.co
Evangelina Parra Pérez, evangelina.parra@unad.edu.co

Resumen

La evaluación del riesgo de inundación en el municipio de Marquetalia, Caldas, se desarrolla mediante un enfoque de análisis multicriterio en un entorno de sistemas de información geográfica S.I.G. El objetivo central es integrar variables físicas y socioambientales para identificar zonas con diferentes niveles de vulnerabilidad, desde muy alto hasta muy bajo, y así apoyar la gestión del territorio y la toma de decisiones en planificación y prevención del riesgo. Fue importante elaborar un mapa temático que representa la distribución espacial del riesgo, a partir de la conversión de capas ráster a formato vectorial, aplicando técnicas de suavizado, disolución y cálculos geométricos.

Dentro del contexto Sistemas de información geográfico, este dato está representado por un análisis multicriterio en el que se integran variables topográficas, hidrológicas y de uso del suelo para clasificar el riesgo, de lo anterior tenemos como resultado que, cerca del 29% del municipio se ubica entre riesgo alto y muy alto, lo que refuerza la necesidad de zonificación restrictiva para vivienda e infraestructura en esas áreas, así como acciones de restauración y manejo de cuencas. La metodología empleada comprende la preparación y transformación de capas de información geográficas, la asignación de pesos a factores como la pendiente, el uso del suelo, la altitud y la proximidad a los drenajes, y su integración en un modelo espacial del riesgo de inundación. A partir de este modelo se delimitan polígonos con distintos niveles de amenazas, se calculan sus áreas y se analiza su distribución dentro del municipio, lo que permite reconocer sectores críticos donde la exposición de la población y la infraestructura es más alta.

Palabras claves: Marquetalia, inundación, planificación, territorio, riesgos, vulnerabilidad

Introducción

La gestión del territorio desde un enfoque agroambiental requiere del uso de herramientas tecnológicas que faciliten la interpretación de variables espaciales asociadas a fenómenos naturales. Los Sistemas de Información Geográfica, S.I.G permiten integrar, analizar y visualizar información relevante del entorno físico y social, aportando a la toma de decisiones orientadas a la sostenibilidad y al manejo del riesgo. En este contexto, la actividad se enfoca en el diseño y análisis de un mapa de riesgo por inundación a partir del procesamiento de datos espaciales en ArcGIS Pro, utilizando metodologías de modelación que permiten representar con mayor precisión

las zonas expuestas a este tipo de amenaza, lo anterior reconociendo que “Los SIG se han consolidado como herramientas clave para la gestión del riesgo de desastres, facilitando el análisis integrado de amenazas, vulnerabilidades y capacidades territoriales” (UNFPA, 2023). El municipio de Marquetalia Caldas se encuentra ubicado en la hoya magdalena, su relieve es montañoso y quebrado, con pendientes pronunciadas. Entre sus recursos hídricos se encuentra el río Guarinó, La Miel y San Juan, además de poseer gran cantidad de caños, quebradas y manantiales (Gobernación de caldas, 2016), haciendo de Marquetalia un municipio rico en hidrografía, pero a la vez con un riesgo elevado de deslizamientos de tierra e inundaciones debido a su topografía vulnerable y la intensidad de las precipitaciones en la región.

Los cambios climáticos intensifican estos riesgos al alterar patrones de lluvia en la cuenca del Magdalena, con eventos más extremos que saturan los suelos montañosos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023). Esto agrava la erosión en pendientes pronunciadas y la saturación de ríos como Guarino, incrementando probabilidades de inundaciones y crecientes recurrentes en el municipio. El municipio de Marquetalia presenta dos periodos de lluvia, el primero se prolonga hasta el mes de junio y el segundo período entre los meses de octubre y diciembre donde las lluvias son más intensas, considerando su potencial de oferta hídrica y las largas temporadas de lluvia, sumado al proceso de expansión agrícola enfocado principalmente en cultivos de café, el riesgo de inundación en la zona va en aumento. Esto se debe a la interacción entre las condiciones climáticas y el uso creciente del suelo, que puede afectar la capacidad natural del territorio para manejar y drenar el exceso de agua durante los períodos lluviosos. (Alcaldía Municipal de Marquetalia y Secretaría de Planeación Municipal, 1999).

Los sistemas de información geográfico, S.I.G se han convertido en herramientas fundamentales para la evaluación, análisis y toma de decisiones, mejorando el uso y gestión de la información, convirtiéndose en una útil herramienta para la planificación urbana y ordenamiento territorial, facilitando la creación de estrategias para la conservación y/o medidas de mitigación. (Inesdi, 2025). En el presente trabajo se realiza la evaluación de riesgo por inundación en el municipio de Marquetalia Caldas, mediante el uso de los S.I.G, específicamente el programa ArcGis pro para la creación del mapa de riesgo y seguidamente su respectiva interpretación.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el riesgo por inundación en el municipio de Marquetalia, departamento de Caldas, mediante el modelo de análisis multicriterio de sistemas de información geográfica S.I.G.

Objetivo Específicos

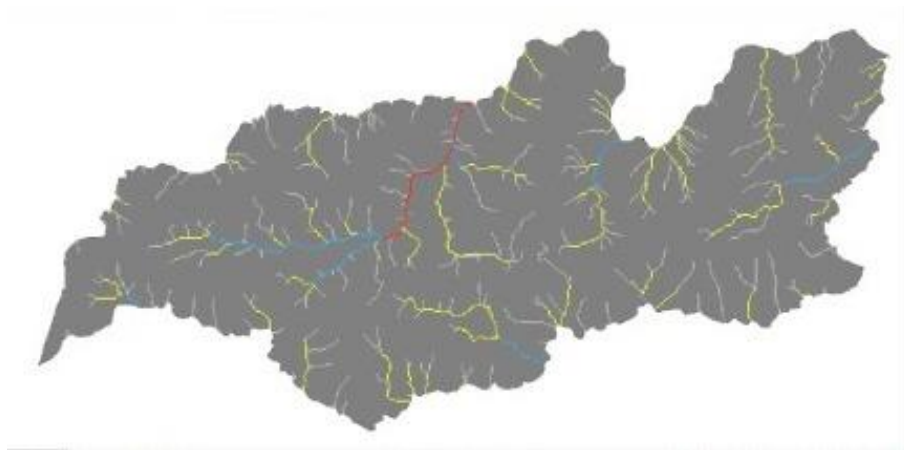
Límites:**Norte:** Municipio de Samaná y Pensilvania**Oriente:** Municipio de Victoria**Sur:** Departamento de Tolima**Occidente:** Municipio de Manzanares**División:****Cabecera urbana:** Centro del municipio**Zona rural:** 48 veredas, 9.100 hectáreas**Metodología**

La forma en que se hizo el análisis fue una revisión de varios criterios basada en el manejo de datos sobre espacios en ArcGIS Pro. Comenzó con pasar capas ráster a un formato vector, seguido por técnicas para suavizar, unir puntos cercanos y cambiar el nivel del riesgo. Se usaron cálculos geométricos para saber áreas y se puso una simbología específica para ver niveles diversos del riesgo. Como resultado del procesamiento en SIG, se generó un mapa temático que evidencia espacialmente la problemática hídrica en el área de estudio. La metodología aplicada se sustenta en referencias técnicas que respaldan su pertinencia; por ejemplo, el Ministerio del Ambiente del Perú (2023) señala que “la conversión de datos ráster a vectorial permite una mayor precisión en la representación espacial, especialmente cuando se analizan fenómenos como inundaciones”. Esta vectorización, junto con los procedimientos de preprocesamiento y control de calidad cartográfica, fortaleció la precisión del insumo y la interpretación del riesgo.

El estudio tuvo como propósito estimar el riesgo de inundación en el municipio de Marquetalia, Caldas, mediante un enfoque de análisis multicriterio y herramientas de S.I.G. En primer lugar, se aplicó el análisis multicriterio como técnica de apoyo a la decisión territorial, utilizando un conjunto de criterios cuantificables que permiten comparar y ponderar distintas condiciones del medio físico y el impacto de la actividad humana, con el fin de derivar una clasificación objetiva de los niveles de riesgo. Posteriormente se desarrolló un análisis geoespacial en un entorno de sistemas de información geográfica, integrando capas temáticas y atributos asociados para detectar áreas con mayor susceptibilidad a inundaciones dentro del municipio. Este procesamiento incluyó la manipulación y combinación de diferentes fuentes de datos espaciales, lo que permitió delimitar y caracterizar las zonas de alta vulnerabilidad.

Finalmente, se empleó el software ArcGIS Pro como plataforma para ejecutar los geo-procesos requeridos, organizar la información y generar la cartografía temática del riesgo de inundación de Marquetalia. El uso de esta herramienta permitió automatizar cálculos, optimizar el manejo de las bases de datos y representar de manera clara los resultados mediante mapas que sintetizan los diferentes niveles de riesgo presentes en el territorio municipal. Se evidencia el resultado de la conversión del modelo ráster de riesgo por inundación a un formato vectorial en ArcGIS Pro. Esta transformación es esencial para mejorar la precisión de los análisis espaciales, ya que el formato vectorial permite una delimitación más clara de las zonas de riesgo y facilita operaciones como el cálculo de superficies, la clasificación temática y la posterior edición de geometrías, elementos cruciales para una representación cartográfica de mayor calidad.

Mapa hidrografico



Fuente: autoría propia, 2025.

Para este estudio, se deben tener en cuenta los riesgos que generan los siguientes ríos:

Río Guarinó, atraviesa directamente Marquetalia y destaca por eventos de crecida recurrentes, generando alto riesgo de inundación.

Río San Juan, cruza Marquetalia y desemboca en el Guarinó, contribuyendo al potencial de inundaciones por su conexión con ríos mayores propensos a desbordes.

Río La Miel, pasa por Marquetalia en su origen desde Marulanda, integrándose a la red hídrica oriente caldense con caudales variables influenciados por precipitaciones altas, lo que eleva el riesgo de crecidas.

Resultados

Los resultados obtenidos mediante el uso de la herramienta ArcGIS Pro, serán descritos a continuación ya que fueron parte esencial de este trabajo para comprender y conocer los riesgos de inundación de Marquetalia, Caldas, lo anterior en búsqueda de proporcionar apoyo para la planificación y mitigación del riesgo presente en el municipio.

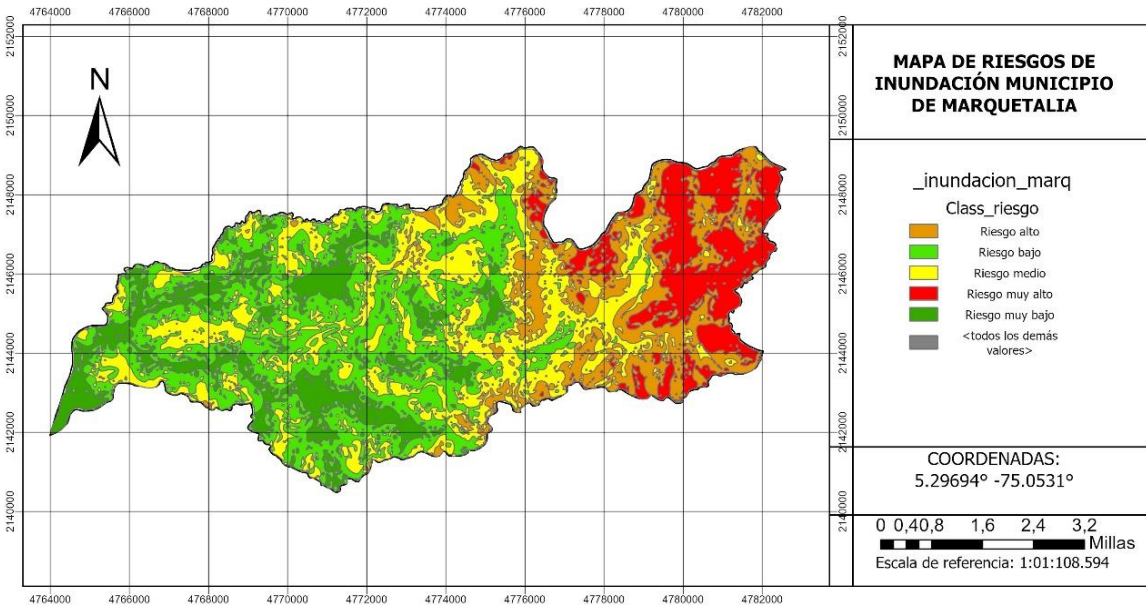
Tabla 1 Reclasificación de riesgo por inundación

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

Fuente: Autoría propia ArcGis (2025).

Nota: Esta tabla muestra la reclasificación de riesgo por inundación, la descripción cualitativa del riesgo con su valor numérico.

Figura 1 Mapa de riesgos de inundación municipio de Marquetalia



Fuente: Autoría propia (2025).

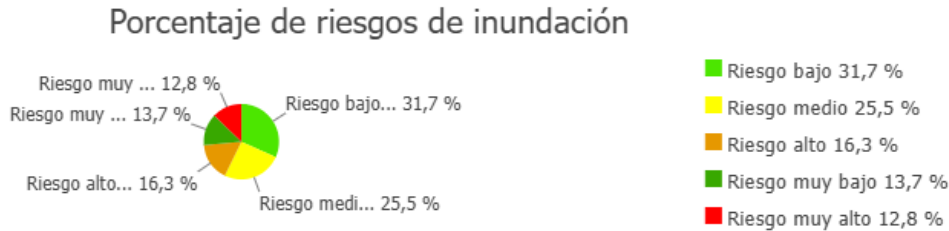
El mapa presenta la zonificación de riesgo por inundación en el municipio de Marquetalia, empleando la codificación por colores para diferenciar los niveles de vulnerabilidad. Las áreas señaladas en rojo corresponden a las zonas con mayor susceptibilidad, asociadas a factores como baja altitud, cercanía a cuerpos de agua o acumulación de aguas pluviales. Por otro lado, las regiones en verde representan las áreas con menor riesgo, ubicadas en terrenos elevados o con mejores condiciones de drenaje natural. Finalmente, las zonas en color amarillo y naranja indican niveles intermedios de riesgo, donde la influencia de los elementos mencionados anteriormente es variable.

El Mapa de riesgo de inundación con simbología temática ajustada (ver figura 1) presenta una clasificación ordinal en cinco categorías de riesgo (muy bajo, bajo, medio, alto, muy alto), representadas mediante paleta secuencial de alto contraste y leyenda estandarizada para maximizar la legibilidad y la discriminación espacial. La definición consistente de umbrales de clase y la coherencia cromática permiten una lectura rápida de zonas vulnerables y la priorización de áreas críticas para la toma de decisiones en gestión del riesgo, ordenamiento territorial y adaptación al cambio climático.

Entre los resultados más destacados del estudio, se identifican veredas con alto riesgo de inundación como La Moscovita, El Palmar, El Rosario, El Gancho, San Pablo y Alto Bonito. Estas áreas presentan pendientes pronunciadas aguas abajo que favorecen la erosión del suelo y generan escorrentía rápida hacia fuentes hídricas cercanas, incrementando la saturación y el desbordamiento durante lluvias intensas. En contraste, la cabecera municipal y veredas aledañas como La Estrella, Alegrías, La Playa, La Quebra y La Bamba presentan riesgo bajo, gracias a su mayor altitud y mejor drenaje natural, aunque las zonas bajas y planas en general permanecen

susceptibles a acumulaciones de agua por su menor capacidad de escurrimiento. Esta distribución espacial, deriva del análisis multicriterio en S.I.G, y justifica priorizar medidas preventivas como canalización en sectores críticos para mitigar la exposición de la población e infraestructura ante eventos hidrológicos recurrentes.

Figura 2 Porcentaje de riesgos de inundación



Fuente: Autoría Propia (2025)

El gráfico muestra que la mayor parte del territorio de Marquetalia presenta riesgo bajo o medio de inundación, pero existe una fracción significativa con riesgo alto y muy alto que no puede ignorarse.

Distribución de los riesgos:

Riesgo muy bajo: 13,7%, corresponde a una porción menor del municipio que puede considerarse relativamente segura, pero no exenta de afectaciones indirectas.

Riesgo bajo: 31,7%, es la categoría predominante, lo que sugiere que casi un tercio del municipio tiene condiciones relativamente favorables frente a inundaciones, esto debido a que gran parte del territorio cuenta con zonas más elevadas con buenos drenajes.

Riesgo medio: 25,5%, indica áreas donde los eventos de inundación podrían presentarse con cierta frecuencia si coinciden lluvias intensas y saturación de suelos, por lo que requieren medidas de manejo preventivos del uso del suelo.

Riesgo alto: 16,3%, concentra sectores con mayor susceptibilidad, asociados a proximidad con corrientes hídricas, y zonas con pendientes que favorecen la acumulación de escorrentía.

Riesgo muy alto: 12,8%, representa áreas críticas donde se combinan factores como baja altitud, cercanía a causas, estas zonas deberían ser priorizadas en planes de ordenamiento, obras de mitigación y sistemas de alerta temprana.

Dentro del contexto SIG, este gráfico está representado por un análisis multicriterio en el que se integran variables topográficas, hidrológicas y de uso del suelo para clasificar el riesgo, de lo anterior tenemos como resultado que, cerca del 29% del municipio se ubica entre riesgo alto y muy alto, lo que refuerza la necesidad de zonificación restrictiva para vivienda e infraestructura en esas áreas, así como acciones de restauración y manejo de cuencas.

Tabla 2 Tabla de atributos

Gridcode	Class riesgo inundación	Área_km2
1	Riesgo muy bajo	12,11
2	Riesgo bajo	28,14
3	Riesgo medio	22,66
4	Riesgo alto	14,45
5	Riesgo muy alto	11,33

Fuente: Autoría propia ArcGis pro (2025).

La anterior tabla muestra la clasificación de los riesgos de inundación del municipio de Marquetalia, Caldas, y su extensión en Kilómetros cuadrados. Los resultados también permiten analizar el impacto potencial del riesgo por inundación en tres dimensiones clave: social, infraestructural y ambiental. En el ámbito social, las comunidades que habitan en zonas de riesgo muy alto podrían enfrentar afectaciones recurrentes como pérdida de viviendas, desplazamientos forzados, interrupción de servicios públicos y deterioro en la calidad de vida. Desde el punto de vista de la infraestructura, la vulnerabilidad se manifiesta en daños frecuentes a caminos, centros educativos y de salud, lo cual incrementa los costos de mantenimiento y reduce la accesibilidad a servicios básicos. En lo agropecuario, las inundaciones pueden provocar la pérdida de cultivos, afectación de pasturas y muerte de animales, comprometiendo la seguridad alimentaria y económica de los pequeños productores. Finalmente, los ecosistemas locales, como humedales y áreas de ribera, pueden experimentar impactos tanto positivos como negativos: mientras algunas zonas se revitalizan con los pulsos de inundación, otras pueden degradarse por exceso de agua, contaminación o erosión del suelo.

Conclusiones

El desarrollo de este trabajo permitió aplicar de manera práctica diversas herramientas de análisis espacial para la construcción de un mapa temático que representa el riesgo por inundación en un área definida. A través del procesamiento de información geoespacial, fue posible obtener un insumo visual y cuantitativo que facilita la interpretación del territorio según los niveles de exposición al riesgo. Además de la utilidad visual del mapa temático, el proceso de conversión de capas, disolución y cálculo de superficies demuestra la capacidad de los Sistemas de Información Geográfica para transformar datos complejos en información clara y útil para la toma de decisiones. Esta metodología puede ser replicada en otros municipios del departamento de Caldas que comparten condiciones similares de vulnerabilidad, lo cual permite estandarizar criterios técnicos para la gestión del riesgo por inundación desde un enfoque territorial.

El análisis de superficies por categorías de riesgo evidencia las diferencias espaciales en cuanto a vulnerabilidad, lo que resulta útil para orientar procesos de planificación rural y de gestión ambiental. “El uso de SIG en contextos rurales ha demostrado ser una estrategia efectiva para mapear riesgos ambientales y apoyar procesos de toma de decisiones participativas” (Gómez & Caviedes, 2024). Por lo cual metodología aplicada demuestra cómo los SIG contribuyen a generar conocimiento técnico a partir de datos espaciales, ofreciendo elementos para abordar problemáticas del territorio de manera más precisa y sustentada. El desarrollo de este ejercicio no

solo generó un producto técnico de alto valor, sino que también fortaleció las competencias en análisis espacial, lectura del territorio y planificación basada en evidencia. En este sentido, el trabajo contribuye al cierre de brechas en capacidades técnicas locales, promoviendo una cultura de gestión del conocimiento geoespacial orientada al desarrollo sostenible.

El uso de S.I.G permitió identificar con precisión las áreas del municipio de Marquetalia Caldas más susceptibles a inundaciones, proporcionando una herramienta valiosa para la gestión del riesgo y la planificación territorial. El análisis espacial en Marquetalia revela que el riesgo de inundación se concentra en zonas bajas cercanas a cauces como el río Guarinó, con un 12,8% del territorio (11,33 km²) en riesgo muy alto y 16,3% (14,45 km²) en riesgo alto, mientras el 31,7% (28,14 km²) presenta riesgo bajo en áreas elevadas; esta distribución refleja patrones comunes en cuencas montañosas donde factores hidrológicos y topográficos dominan la vulnerabilidad.

El análisis de S.I.G con ArcGIS Pro y análisis multicriterio resultó altamente adecuado para este estudio, integrando variables como pendiente, altitud, uso del suelo y proximidad a drenajes en el territorio municipal, alineándose con metodologías paramétricas generales que ponderan índices de vulnerabilidad para zonificaciones precisas en contextos similares. Los resultados exigen aplicar zonificación restrictiva en el 29% de las áreas críticas de Marquetalia, riesgo alto y muy alto, integrando estos mapas al ordenamiento territorial municipal. Esto permitirá mitigar inundaciones futuras mediante restauración de cuencas hidrográficas y sistemas de alerta temprana, de esta forma, se fortalece la gestión resiliente del territorio ante lluvias más intensas por el cambio climático, como ocurre en otras cuencas colombianas similares.

El estudio destaca veredas de alto riesgo de inundación en Marquetalia, Caldas, como La Moscovita, El Palmar, El Rosario, El Gancho, San Pablo y Alto Bonito, donde pendientes pronunciadas aguas abajo aceleran la erosión del suelo y la escorrentía rápida hacia ríos cercanos, generando desbordamientos durante lluvias intensas. Por el contrario, la cabecera municipal y veredas como La Estrella, Alegrías, La Playa, La Quebra y La Bamba presentan bajo riesgo gracias a su mayor altitud y drenaje natural eficiente. Estas dinámicas subrayan la vulnerabilidad de zonas bajas y planas a acumulaciones de agua, recomendando priorizar medidas de mitigación en áreas de alto riesgo.

Recomendaciones

Los resultados del análisis exigen, en primer lugar, la prohibición de asentamientos residenciales o la expansión agrícola en zonas de riesgo muy alto y alto, que abarcan 25,78 km² del territorio municipal. Por consiguiente, es necesario reorientar los cultivos de café hacia áreas de riesgo bajo o medio, implementando técnicas como terrazas y cobertura vegetal para reducir la erosión hidrológica. Además, resulta fundamental desarrollar prácticas de reforestación en las cuencas altas y canales de drenaje en veredas vulnerables. De esta manera, al integrar el mapa de riesgo generado con S.I.G en los planes climáticos municipales, se minimizarán daños futuros.

Asimismo, se recomienda instalar sistemas de alerta temprana y capacitar a las comunidades de la zona rural del municipio, complementado con monitoreo continuo mediante S.I.G para actualizaciones periódicas. Así, se fortalecerá la resiliencia ante patrones lluviosos típicos en la zona, previniendo afectaciones mayores.

Desde el área de enseñanza en Sistemas de Información Geográfica usados al ordenamiento del ambiente agropecuario, se cree que es muy importante que Marquetalia Caldas haga más fuerte la mezcla de instrumentos espaciales dentro de su plan. Usar S.I.G no solo deja enseñar los rangos de peligro por aguas; sino que también da un apoyo técnico para elegir que hacer primero, cuidar bien cómo se usa la tierra, y decide usar hechos reales. Asimismo, se recomienda que los resultados derivados del análisis SIG se integren de manera efectiva en los instrumentos normativos de ordenamiento territorial, tales como los Planes de Ordenamiento Territorial POT, los Planes de Gestión del Riesgo PGRD y los Planes de Desarrollo Municipal. Esto permitiría que las decisiones sobre uso del suelo, ubicación de infraestructura y asignación de recursos se fundamenten en evidencias técnicas, incrementando la capacidad institucional de prevenir y mitigar los efectos de inundaciones.

En este sentido, se sugiere poner en práctica el análisis multisistemas como herramienta de ayuda para crear leyes que traten sobre el manejo del peligro y la sostenibilidad del medio ambiente. El uso de este tipo de análisis dejaría más fácil, por ejemplo, marcar lugares donde hay que cuidar el medio ambiente, planificar corredores verdes o encontrar partes buenas para cultivos que se ajusten al clima. Paralelamente, se sugiere implementar estrategias de infraestructura resiliente que acompañen el componente informacional. Entre estas, destacan la construcción de canales de drenaje, diques de contención en zonas críticas, y la adecuación de vías rurales con sistemas de escorrentía. Estas acciones deben estar soportadas en la cartografía del riesgo, de modo que cada obra responda a una necesidad territorial identificada.

De igual manera, es vital que las autoridades de la zona unan los mapas hechos por GIS con sus sistemas informáticos del municipio, para que sean útiles en los procesos de planificación del territorio. La puesta al día frecuente de estos mapas, junto con datos sobre climas y economías, ayudaría a prever escenarios más reales y estar preparados para problemas como las inundaciones que pasan a menudo. Un aporte importante es poder desarrollar e implementar sistemas de monitoreo y alerta temprana que utilicen datos en tiempo real para informar a las comunidades sobre eventos de inundación inminentes, donde esto sumado a un proceso de capacitación a las autoridades locales en el uso de herramientas S.I.G y en la interpretación de datos geoespaciales permita ser un impulso para mejorar la gestión del riesgo y la planificación urbana.

Por otra parte se resalta que es fundamental fomentar la participación activa de las comunidades en la identificación de riesgos y en la elaboración de planes de contingencia, asegurando que las estrategias de mitigación sean culturalmente apropiadas y sostenibles. Donde se pueda además fomentar e impartir mecanismos para la actualización periódica de los datos geoespaciales, trayendo el desarrollo y uso de nuevas tecnologías y metodologías que mejoren la precisión y la utilidad de los análisis de riesgo. Finalmente, se sugiere establecer una agenda prospectiva de actualización periódica de los datos espaciales y de riesgo mediante alianzas entre instituciones educativas, entidades ambientales y administraciones locales. Esta estrategia permitiría no solo mantener vigente el diagnóstico territorial, sino también anticipar escenarios futuros de afectación derivados del cambio climático, contribuyendo así a una planificación más robusta y proactiva.

Se recomienda priorizar intervenciones en veredas de alto riesgo como La Moscovita, El Palmar, EL Rosario, El Gancho, San Pablo y Alto Bonito, mediante la implementación de obras de protección como gaviones, muros de contención y reforestación en pendientes pronunciadas para reducir la erosión del suelo y la escorrentía rápida hacia los ríos cercanos. En la cabecera municipal y veredas de bajo riesgo (La Estrella, Alegrías, La Playa, La Quiebra y La Bamba) enfocar esfuerzos en mantenimiento preventivo del drenaje natural y monitoreo continuo para preservar su resiliencia.

Referencias bibliográficas

- Alcaldía Municipal de Marquetalia y Secretaría de Planeación Municipal de Marquetalia. (1999). Esquema de ordenamiento territorial, Marquetalia, Caldas, 1999-2007 [Documento resumen]. Marquetalia, Colombia. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/server/api/core/bitstreams/30eb0101-710e-4df2-a929-d9bc25836687/content>
- Diaz, D. (2017). Modelado y simulación de sistemas climáticos: desde la escala global hasta los microclimas. Abrir este documento utilizando ReadSpeaker docReaderEn F. Cala (Ed), Modelado y simulación de sistemas naturales (pp. 11-40). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/publication/field_attach_ed_file/pdf-modelado_y_simulacion_completo_fisico.pdf
- Djanibekov, U., Polyakov, M., Craig, H., y Paulik, R. (2024). Flood Impacts on Agriculture under Climate Change: The case of the Awanui Catchment, New Zealand. *Economics of Disasters and Climate Change*, Vol. 8, pp. 283–316. <https://doi.org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1007/s41885-024-00147-3>
- Duckham, M. (2024). Chapter 8. Cartography and geovisualization. En M. Duckham., Q. Sun y M. Worboys (Eds), *GIS A Computing Perspective. Third Edition* (pp. 307-347). CRC Press Taylor & Francis Group. <https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/112608>
- Efraimidou, E., y Spiliotis, M. (2024). A GIS-Based flood risk assessment using the decision-making trial and evaluation laboratory approach at a regional scale. *Environmental Process*. No. 11, Article:9. <https://doi.org/10.1007/s40710-024-00683-w>
- Escolano Utrilla, S. (2015). Primera parte. 2. La representación del espacio geográfico en los SIG: Modelos de datos. En S. Escolano Utrilla (Ed), *Sistemas de información geográfica: Una introducción para estudiantes de geografía* (pp. 47-78). Prensas de la Universidad de Zaragoza. <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/lc/unad/titulos/44840>
- Gaviria, FR, Giraldo D., F., Sánchez, JA, Arango Gartner, JD, Cardona Mejía, CM, y otros. (2019). Plan Integral de Gestión de Cambio Climático del Departamento de Caldas: Documento para responsables de política [Informe]. Gobernación de Caldas y Corpocaldas. https://corpocaldas2022.blob.core.windows.net/webadmin/file_Marquetali_I81hPaoD.pdf
- Gobernación de Caldas. (2016). Componente de caracterización general de escenarios de riesgo. https://caldas.gov.co/index.php/component/easyfolderlistingpro/?view=download&format=raw&data=eNpFT21PgzaQ_iukf1wwusXpbp_IqItmHcrgM6lysCZlYFt0xvjfLRTip7t

- Gobierno de Caldas (2021) Información de Municipios. Gobierno de Colombia. <https://site.caldas.gov.co/informacion-de-municipios>
- 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-ebscocom.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=7d5a99fe-dbcf33b6-943e-dd92eebf52b6>
- Hernández Sampieri, R. (2019). Metodología de la Investigación Plus . McGrawHill - Plus. <https://www-ebooks7-24-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/?il=34866>
- Inésdi. (2025). Sistemas de Información Geográfica (SIG): Qué es, cómo funciona y en qué sectores se utiliza. Inésdi. <https://www.inesdi.com/blog/sistemas-de-informacion-geografica-SIG/>
- Martínez, F., y Gallegos, A. (2017). Programación de bases de datos relacionales. RA-MA Editorial. <https://research-ebscocom.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=7098ae01-b331-386a-b25f-0fce72c8575f>
- Morales, A., Ledesma-A, M., Coronel, C., y Metternicht, G. (2012). Capítulo 8. La explotación de la información geográfica. En M. Bernabé y C. Lopez, Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales (pp. 117-130). UMP Press Universidad Politécnica de Madrid. <https://www.ign.es/web/libros-digitales/fundamentos-ide>
- Moreno, A., Buzai, G., y Fuensalida, M. (2017). Parte 1. Técnicas y tecnologías geográficas para el diagnóstico socio-territorial y ambiental. En Moreno, A. Buzai, G. y Fuensalida, M. Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales. 2ª edición. RA-MA Editorial. <https://research-ebscocom.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=0c7f5c3f-5c9a-32c5-99b8-f27d15dff3e8>
- Olaya, V. (2020). Sistemas de Información Geográfica. Open Library. https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). Análisis departamental de vulnerabilidad y riesgo frente al cambio climático para el sector agropecuario: Magdalena [Informe]. https://cambioclimatico.fao.org/co/wp-content/uploads/2023/06/20-MAGDALENA_24.02.2023.pdf
- Pérez-Guerra, G. A., Sosa-Franco, I., Machado-García, N., & Ruiz-Pérez, M. E. (2023). GIS Tools, review of their foundations, types and relationship with spatial databases. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 32(3), pp. 1–11. <https://research-ebscocom.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=86f72b2f-628a-30aa-a5fe-cfad67da7a3>
- Pineda, L., y Suarez, J. (2014). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. Revista Ingeniería Agrícola, Vol. 4(3), pp. 28-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262041005>

- Ramírez Cano, C. (2016). Valoración ecosistémica a partir del uso de métricas de paisaje aplicando sistemas de información geográfica en cultivos de palma africana. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, Vol. 7(2), pp. 129-143. <https://doi.org/10.22490/21456453.1563>
- Serrato, Y. A. (2024). Introducción a arcgis pro. [Objeto_virtual_de_Informacion_OVI]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/65532>
- Sosa-Franco, I., Pérez-Guerra, G., Machado-García, N., & Elena-Ruiz Pérez, M. (2023). Method for query processing in a geographic information system. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 32(2), pp. 1-9. <https://research-ebscocom.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=033edfb1-14a2-3d6e-80bf-572383cf71b3>
- Sisti, J. M. (2022). Capítulo 5. Fotointerpretación (o Análisis Visual de imágenes). En J. Sisti (Ed), *Fotointerpretación en agrimensura*. Editorial de la UNLP EDULP. https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/139092/Documento_completo.pdfPDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Kurowska, K., y Kowalczyk, C. (2022). *Rural Space Modeling*. Editorial MDPI. <https://www.mdpi.com/books/reprint/5285-rural-spacemodeling>
- Ward, S., y Ward, J. (2017). Chapter 3: Basic Map Concepts-The science of cartography. En S. Ward y J. Ward, *Map Librarianship. A guide to geoliteracy, map and GIS resources and services* (pp. 53-69). CHANDOS Elsevier. <https://research-ebscocom.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=8e0cc2b5-9528-3427-9d8f-91c9885e3708>

Enlace de sustentación: https://youtu.be/gMrT0iTLMDM?si=hkFQO0f_ySFuTmfP