

Análisis del riesgo por inundación mediante procesos de sistemas de información geográfica para medir los impactos y la gestión territorial en el municipio de Popayán, departamento del Cauca.

Harold Hernán Cuellar Embus - hcuellare@unadvirtual.edu.co

Wbeimar Londoño Henao - wlondonoh@unadvirtual.edu.co

Wilmer Ricardo Urda - wricardou@unadvirtual.edu.co

Luz Astrid Serna Carvajal- lasernacar@unadvirtual.edu.co

Yojana Nisperuza Gaspar – yinisperuzag@unadvirtual.edu.co

Evangelina Parra Pérez – evangelina.parra@unad.edu.co

Resumen

El presente estudio analiza la distribución espacial del riesgo por inundación en el municipio de Popayán, Cauca, mediante un enfoque de análisis multicriterio apoyado en sistemas de información geográfica (SIG). A partir de variables como la pendiente, cobertura del suelo, proximidad a fuentes hídricas y tipo de vegetación, se elaboró un modelo de riesgo que clasifica el territorio en cinco niveles cualitativos: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Los resultados muestran que cerca del 25 % del área presenta riesgo medio, mientras que un 25 % adicional se encuentra en riesgo alto y muy alto, concentrándose en la zona noroccidental del municipio. El análisis por superficie estima que aproximadamente 62.500 hectáreas están expuestas a niveles importantes de amenaza. Se identificaron impactos potenciales significativos en comunidades rurales, infraestructura vial, sistemas agropecuarios y ecosistemas primarios. El estudio concluye con recomendaciones orientadas a la gestión del riesgo, como la reubicación de asentamientos, la implementación de obras de mitigación y el fortalecimiento del ordenamiento territorial.

Palabras claves: riesgo, inundación, análisis espacial, Popayán, ordenamiento territorial, multicriterio

Introducción

Las inundaciones constituyen uno de los riesgos naturales más frecuentes y devastadores a nivel mundial, cuyos efectos se agravan por el cambio climático, la urbanización desorganizada y la deforestación. Estas amenazas han tenido un impacto significativo en el territorio colombiano, afectando no solo la infraestructura urbana, sino también los ecosistemas y los espacios vitales, particularmente en zonas de alta vulnerabilidad como Popayán. Estudios recientes, como el de Djanibekov et al. (2024), han demostrado que las inundaciones tienen el potencial de alterar significativamente los sistemas agrícolas y económicos, agravando la pobreza y la inseguridad alimentaria, lo cual es particularmente relevante en zonas donde predomina el sector agropecuario.

Desde un punto de vista metodológico, el uso de herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ha facilitado la identificación de zonas críticas expuestas al riesgo de inundación. Autores como Efraimidou y Spiliotis (2024) resaltan los beneficios de integrar los SIG con técnicas de evaluación multicriterio como DEMATEL, con el objetivo de definir prioridades de intervención y robustecer la administración del riesgo regional. Conforme a esto, Escolano Utrilla (2015) y Olaya (2020) subrayan la relevancia de disponer de modelos de datos geoespaciales apropiados para ilustrar de manera precisa el área impactada, lo que facilita a las autoridades locales la toma de decisiones más razonables.

En Colombia, se han implementado herramientas como los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y los Planes de Gestión del Riesgo de Desastres (PGRD) para abordar el riesgo de inundaciones. Sin embargo, su implementación efectiva aún enfrenta obstáculos relacionados con la falta de datos actualizados, capacidades técnicas y participación comunitaria. Sosa-Franco et al. (2023) sugieren mejoras en los procedimientos de consulta del SIG para agilizar la toma de decisiones y acortar los tiempos de respuesta ante eventos hidrometeorológicos extremos.

El objetivo del presente estudio es identificar las zonas críticas del municipio de Popayán con riesgo de inundaciones mediante un análisis geoespacial que permita reconocer los patrones de exposición y vulnerabilidad. Esta investigación no sólo pretende aumentar el conocimiento local sobre el peligro, sino que también apoya el desarrollo de estrategias de mitigación de riesgos más

efectivas que se adhieran a las directrices nacionales de gestión de riesgos y a los estándares técnicos respaldados por literatura especializada.

Objetivos

General

Analizar los riesgos por inundación mediante procesos de sistemas de información geográfica para medir los impactos y la gestión territorial en el municipio de Popayán, departamento del Cauca.

Específicos

Identificar las zonas críticas del municipio con base en la clasificación cualitativa del riesgo por inundación.

Estimar la superficie en hectáreas correspondiente a cada categoría de riesgo.

Interpretar los impactos potenciales del riesgo sobre sistemas agropecuarios, comunidades e infraestructura.

Identificación del caso de estudio

El municipio de Popayán, capital del departamento del Cauca, ubicado en el suroccidente de Colombia. Esta ciudad se encuentra a una altitud aproximada de 1.760 metros sobre el nivel del mar y pertenece a la cordillera Central de los Andes, lo que le confiere un relieve montañoso y una gran diversidad ecológica y climática (DANE, 2018). Su ubicación geográfica y sus características topográficas lo convierten en un territorio propenso a fenómenos asociados al clima, como inundaciones y movimientos en masa, así mismo el municipio de Popayán cuenta con una red hidrográfica variada que incluye el **río Cauca**, su principal afluente, el cual atraviesa de norte a sur el oriente del municipio. Además, se identifican varias **quebradas y ríos secundarios**, como la quebrada Pubús, quebrada Pisojé, río Molino, río Blanco y río Palacé. Estas fuentes hídricas se distribuyen principalmente en las zonas noroccidental, centro-oriental y suroriental del municipio. Su presencia influye directamente en el patrón de riesgo por inundaciones, ya que muchas veredas y sectores urbanos están asentados en cercanía a sus márgenes, incrementando la vulnerabilidad del territorio durante los periodos de lluvias intensas.

Tabla 1 Caracterización Hidrográfica por Vereda en el Municipio de Popayán

Nombre del cuerpo hídrico	Tipo	Ubicación aproximada	Veredas asociadas
Río Cauca	Río	Oriente, eje longitudinal	Puelenje, El Sendero, Santa Bárbara
Río Molino	Río	Norte-centro	Zona urbana, Pisojé, Pubús
Quebrada Pubús	Quebrada	Suroriente	Santa Rosa, La Rejoya, Quintana
Río Blanco	Río	Occidente	Julumito, San Rafael
Río Palacé	Río	Sur	El Charco, La Yunga

Elaboración propia, 2025

Popayán posee un clima templado húmedo, con una temperatura media anual cercana a los 18 °C. Las precipitaciones en la región presentan un patrón bimodal, con dos periodos lluviosos importantes durante el año. El mes de abril, seleccionado para este estudio, corresponde a uno de los meses con mayores niveles de precipitación, con promedios que oscilan entre 200 y 300 mm (IDEAM, 2023). Esta condición climática incide directamente en la vulnerabilidad del municipio, ya que incrementa los riesgos asociados al exceso de humedad en los suelos y a la escorrentía superficial.

El análisis de riesgo de inundación se centró en el noroccidente del municipio de Popayán, allí se ubican varias zonas tanto urbanas como rurales que forman parte de las comunas y corregimientos que históricamente han mostrado mayor vulnerabilidad a eventos como inundaciones, debido a su baja altitud, cercanía a cuerpos de agua y desarrollo urbano con infraestructura deficiente en drenaje pluvial.

Esta problemática se ve agravada por la expansión urbana no planificada y la ocupación de zonas de riesgo, donde las dinámicas antrópicas han modificado el equilibrio natural del territorio, reduciendo la capacidad de absorción del suelo y aumentando la exposición de la población a eventos hidrometeorológicos extremos. Estudios recientes han evidenciado que la falta de planificación territorial y la ausencia de infraestructura resiliente frente al cambio climático

incrementan significativamente la vulnerabilidad de ciudades intermedias como Popayán (UNGRD & BID, 2021)

Figura 1 Ubicación del Área de estudio Municipio de Popayán Departamento del Cauca



Elaboración propia, 2025

Metodología

La investigación se desarrolló bajo un enfoque metodológico centrado en el análisis multicriterio, empleando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para la evaluación del riesgo por inundación, se seleccionaron cuatro variables clave: pendiente, uso y cobertura del suelo, proximidad a cuerpos de agua y tipo de vegetación. Cada una de estas variables fue reclasificada y normalizada utilizando una escala cualitativa de cinco niveles (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), con el propósito de estandarizar su contribución al modelo. El análisis multicriterio se adoptó como herramienta principal de modelación territorial debido a su capacidad para integrar variables ambientales heterogéneas y facilitar una toma de decisiones respaldada por evidencia espacial (González Valencia, 2006; IDEAM, 2020). Asimismo, esta metodología ha demostrado ser eficaz en la identificación de áreas vulnerables y en la priorización de acciones de gestión del riesgo en contextos similares, como lo evidencian estudios recientes que aplican

enfoques GIS-DEMATEL para evaluar riesgos hidrometeorológicos a escala regional (Efraimidou & Spiliotis, 2024).

Etapas del Procedimiento Metodológico

1. La recolección y organización de datos geoespaciales.

La recopilación de información geoespacial en formato ráster y vectorial se llevó a cabo de fuentes oficiales como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2020), el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2018) y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD, 2019), entre otras. Las capas de datos abarcan factores como la hidrografía, el uso del suelo, la inclinación, la precipitación media anual, la clase de suelo, la infraestructura esencial y la densidad de población. Se homogeneizaron todos los datos en cuanto al sistema de referencia espacial (MAGNA-SIRGAS) y resolución para asegurar su interoperabilidad.

2. Cualitativa categorización del riesgo

De acuerdo con las directrices metodológicas de IDEAM (2020) y González Valencia (2006), se llevó a cabo una reasignación cualitativa de cada variable en los niveles de riesgo bajo, medio y elevado. Este procedimiento se llevó a cabo en formato ráster, empleando la herramienta Reclassify de ArcGIS Pro (Análisis espacial en ArcGIS Pro, 2024), lo que permitió la creación de un fundamento estandarizado para la futura incorporación de criterios.

3. Asignación de pesos a través de un análisis de múltiples criterios

Para incorporar los diferentes factores que afectan el riesgo de inundación, se utilizó el método de suma ponderada. La distribución de pesos a cada variable se basó en su relevancia relativa en la creación del riesgo, de acuerdo con pruebas empíricas y investigaciones anteriores (Efraimidou & Spiliotis, 2024; Djanibekov et al., 2024). Basándose en esta evaluación, se elaboró una matriz de ponderación que orientó el análisis multicriterio, lo que permitió la creación de un mapa de riesgo estructurado.

Posteriormente, se aplicó la técnica de suma ponderada, asignando pesos específicos a cada variable en función de su incidencia en la susceptibilidad al riesgo, de acuerdo con estudios previos y criterios técnicos. El procesamiento de datos se realizó en el software ArcGIS Pro, generando un mapa de riesgo compuesto que permitió identificar espacialmente las zonas de mayor y menor exposición.

La elección del análisis multicriterio se fundamenta en su utilidad demostrada para integrar información heterogénea y facilitar la toma de decisiones en entornos complejos (IDEAM, 2020). Este modelo permitió la delimitación del área de estudio en categorías cualitativas de riesgo, lo que constituye un insumo esencial para el ordenamiento territorial y la planificación preventiva.

Tabla 1. Fuentes de los datos utilizados en este estudio

Datos	Fuentes para la información
Modelos de elevación digital	DEM de USGS
Coberturas de suelos	Colombia en mapas del IGAC
Precipitaciones	Datos climáticos del IDEAM de 1991 – 2021
Distancia de drenajes	DEM de USGS

Elaboración propia, 2025

La tabla presenta las principales fuentes de datos geoespaciales y climáticos utilizadas para el análisis del riesgo de inundación, garantizando la precisión y confiabilidad del estudio.

Resultados y Análisis

Asociación veredal por nivel de riesgo

Con base en el análisis cartográfico del municipio de Popayán y la proximidad de sus veredas a fuentes hídricas como el río Cauca y sus tributarios, se identificaron las siguientes asociaciones territoriales por nivel de riesgo de inundación relacionadas en la siguiente tabla:

Tabla 2 Asociación veredal por nivel de riesgo

Categoría de Riesgo	Color en el Mapa	Área estimada (%)	Veredas asociadas
Muy alto	Rojo	3,20%	Zona Urbana, El Sendero, Santa Bárbara, Samanguí, Puelenje
Alto	Naranja	11,20%	Julumito, Las Torres, Santa Rosa, La Rejoya (baja), Cajete
Medio	Amarillo	17,40%	San Rafael, San Bernardo, El Tablón, Calibío, Las Piedras
Bajo	Verde claro	39,30%	El Charco, La Meseta, Figueroa, El Canelo, centro-sur rural
Muy bajo	Verde oscuro	28,90%	Los Cerrillos, La Yunga, Quintana, Poblazón, La Rejoya (alta)
Total	—	100%	—

Elaboración propia, 2025

Esta clasificación permite una mayor precisión territorial para la toma de decisiones orientadas a la planificación del uso del suelo, la reubicación de poblaciones vulnerables y el diseño de obras de mitigación.

Tabla 3 Zonificación del Riesgo y Áreas Afectadas en Popayán

Categoría de Riesgo	Color en el Mapa	Área estimada (%)	Área aproximada (ha)	Veredas asociadas
Muy alto	Rojo	3,20%	12.500 ha	Zona Urbana, El Sendero, Santa Bárbara, Samanguí, Puelenje

Alto	Naranja	11,20%	18.750 ha	Julumito, Las Torres, Santa Rosa, La Rejoya (baja), Cajete
Medio	Amarillo	17,40%	31.250 ha	San Rafael, San Bernardo, El Tablón, Calibío, Las Piedras
Bajo	Verde claro	39,30%	37.500 ha	El Charco, La Meseta, Figueroa, El Canelo, centro-sur rural
Muy bajo	Verde oscuro	28,90%	25.000 ha	Los Cerrillos, La Yunga, Quintana, Poblazón, La Rejoya (alta)
Total	—	100%	125.000 ha	—

Elaboración propia, 2025

En la tabla presenta la clasificación del riesgo geoespacial en cinco categorías, junto con el área correspondiente en hectáreas (ha) para cada polígono identificado.

Análisis Estadístico

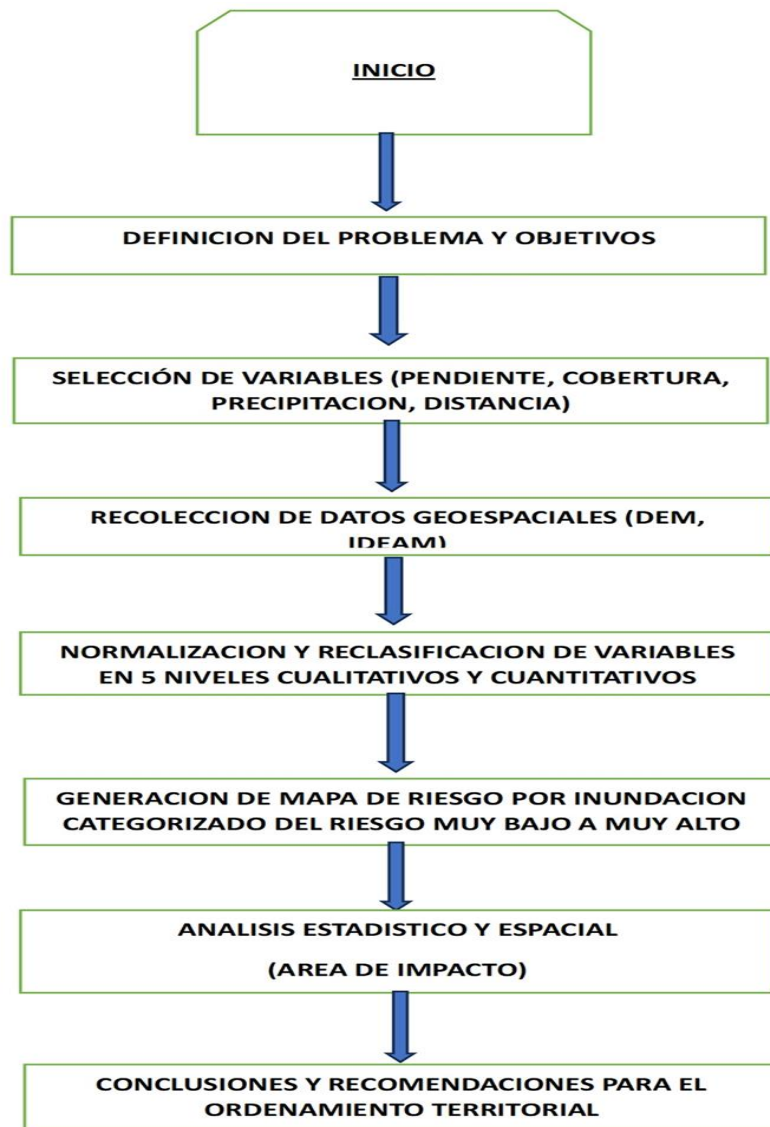
Tabla 4 Estadísticas Descriptivas del Área por Categoría de Riesgo

Medida	Valor
Media	25.000 ha
Mediana	25.000 ha
Desviación Estándar	8838.83 ha
Rango	25.000 ha
Varianza	78125000 ha ²
Coefficiente de variación	35.36 %

Elaboración propia, 2025

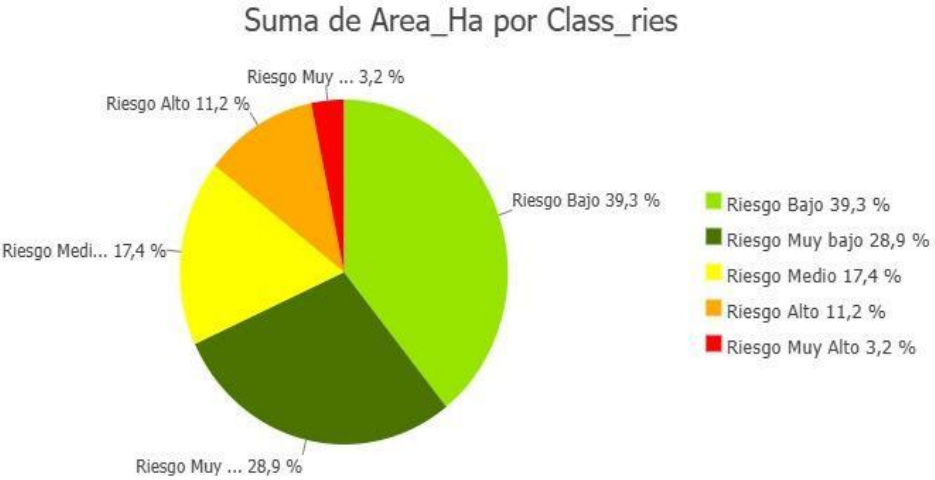
La distribución del área por categoría de riesgo es **equilibrada pero dispersa**, lo que implica que todas las clases tienen una representación significativa, aunque algunas zonas (como la de riesgo bajo) destacan por su extensión.

Figura 2 Diagrama de Flujo del Área de estudio Municipio de Popayán Departamento del Cauca



Elaboración propia, 2025

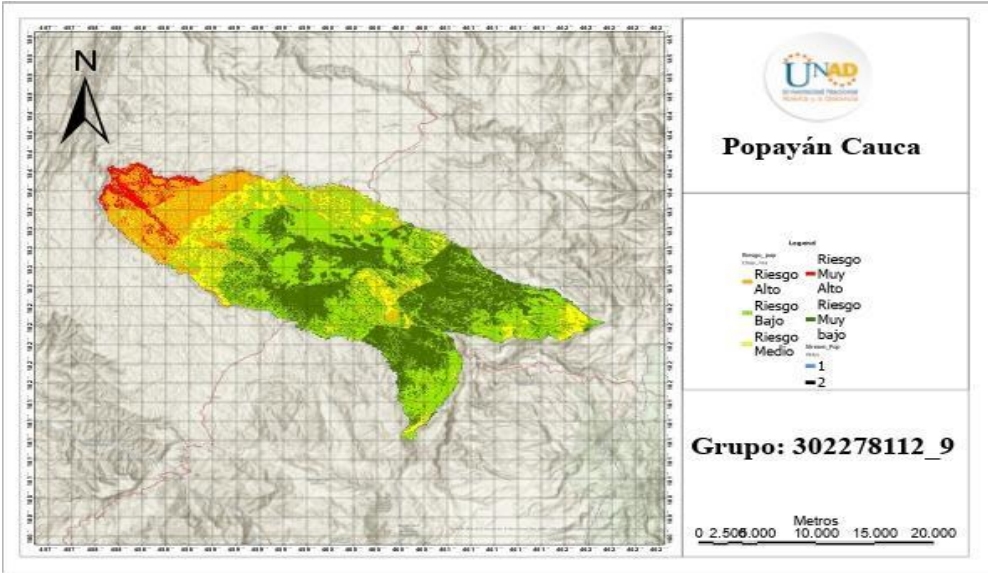
Figura 3 Clasificación del Riesgo



Elaboración propia, 2025

El gráfico circular muestra la distribución del área (en hectáreas) según la categoría de riesgo, destacando que la mayor proporción del territorio se encuentra en niveles de riesgo bajo y muy bajo.

Figura 4 Mapa de riesgo de inundación Municipio de Popayán



Elaboración propia, 2025

El mapa representa la distribución espacial del riesgo de inundación en el territorio, categorizado en cinco niveles de amenaza y visualizado mediante una escala de colores que facilita la identificación de zonas crítica El análisis del mapa de riesgo por inundación en el municipio de Popayán (Figura 2) revela una distribución heterogénea del riesgo, con una clara diferenciación entre las zonas noroccidentales y surorientales del territorio. La clasificación cualitativa del riesgo utilizada considera cinco niveles: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

Las zonas clasificadas con riesgo muy alto y alto, representadas en tonos rojo y naranja respectivamente, se concentran predominantemente en el sector noroccidental del municipio. Estas áreas se caracterizan por una combinación de factores geográficos y antrópicos, como la presencia de pendientes pronunciadas, suelos erosionados, cobertura vegetal deficiente y la cercanía a cuerpos de agua susceptibles de desbordamiento. La concentración de asentamientos humanos en estas zonas implica un alto grado de vulnerabilidad, con posibles consecuencias negativas para la seguridad de la población, la infraestructura y los servicios básicos. Asimismo, los sistemas agropecuarios localizados en estas áreas presentan una alta probabilidad de afectación por anegamiento, lo cual podría incidir negativamente en la economía rural y la seguridad alimentaria local.

En contraste, las zonas con riesgo medio, visibles en color amarillo, representan sectores intermedios tanto en localización como en nivel de amenaza. Aunque no presentan el mismo grado de exposición que las zonas críticas, requieren medidas de planificación preventiva, como el establecimiento de barreras naturales, sistemas de drenaje y fortalecimiento de la cobertura vegetal, a fin de evitar la progresión hacia niveles de riesgo superiores.

Finalmente, las zonas ubicadas en el sur y sureste del municipio, representadas en tonalidades verde claro y oscuro, corresponden a las categorías de riesgo bajo y muy bajo. Estas áreas poseen condiciones naturales más favorables, tales como una mejor cobertura vegetal y una topografía más abrupta. En este contexto, se identifican como zonas con potencial para el desarrollo urbano planificado y prácticas agrícolas sostenibles, así como áreas prioritarias para la reubicación de poblaciones en riesgo.

El análisis por área evidencia que cerca del 25 % del territorio municipal (31.250 ha) se encuentra en condición de riesgo medio, seguido por un 25 % adicional entre riesgo alto (18.750 ha) y muy alto (12.500 ha). Esto indica que la mitad del municipio presenta algún nivel de amenaza importante, lo cual constituye una alerta para los procesos de planificación territorial y gestión del riesgo.

Las zonas noroccidentales del municipio concentran los mayores niveles de riesgo, principalmente por su topografía y cercanía a cuerpos de agua. En contraste, las zonas del sureste presentan riesgo bajo y muy bajo.

En contraste, el 50 % restante corresponde a zonas de riesgo bajo (30 %) y muy bajo (20 %), las cuales ofrecen oportunidades para la reubicación de infraestructuras expuestas o el desarrollo de proyectos productivos sostenibles con menor nivel de amenaza.

Tabla 5 Impacto Potencial por Categoría de Riesgo

Categoría de Riesgo	Área Aproximada (ha)	Impacto Potencial
Muy alto (Rojo)	12.500	Inundaciones severas. Afectación directa a viviendas, cultivos, vías y ecosistemas.
Alto (Naranja)	18.750	Riesgo elevado. Impacto sobre infraestructura rural y pérdida de cultivos sensibles.
Medio (Amarillo)	31.250	Riesgo moderado. Afectación intermitente, requiere manejo preventivo.
Bajo (Verde claro)	37.500	Riesgo bajo. Áreas aptas para usos agropecuarios con medidas de control hídrico.
Muy bajo (Verde oscuro)	25.000	Riesgo mínimo. Ideal para expansión y asentamientos rurales planificados.

Fuente: Autoría propia, 2025

La clasificación del impacto potencial permite identificar zonas prioritarias para la planificación territorial y la implementación de medidas de mitigación frente al riesgo de inundación

El análisis de la distribución del riesgo de inundación en el área evaluada (125.000 ha) revela que el 65 % del territorio se encuentra en condiciones de riesgo medio a muy bajo, lo cual representa una oportunidad para planificar adecuadamente usos del suelo sostenibles. Sin embargo, un 40 % de la superficie total (50.000 ha) presenta riesgo medio a muy alto, lo que sugiere una alta vulnerabilidad en ciertas zonas clave del municipio.

Las zonas en rojo y naranja (muy alto y alto riesgo) comprenden 12.500 ha y 18.750 ha respectivamente, y podrían afectar gravemente tanto a las comunidades rurales como a la infraestructura básica. En estas áreas se podrían presentar inundaciones frecuentes, con consecuencias directas sobre viviendas, vías terciarias, cultivos de pan coger y servicios públicos esenciales.

Por otro lado, las zonas clasificadas como de riesgo medio (31.250 ha) requieren especial atención para la implementación de medidas de mitigación y alertas tempranas, debido a su alta presencia en el territorio. En estos sectores se combinan usos residenciales rurales con sistemas agropecuarios, lo que podría comprometer tanto la producción de alimentos como la seguridad de las poblaciones.

En cuanto a los ecosistemas, especialmente aquellos asociados a zonas húmedas, ribereñas o con alta biodiversidad, las áreas de riesgo alto y muy alto podrían afectar gravemente la dinámica ecológica, alterando flujos hídricos y hábitats naturales

Conclusiones

El estudio permitió identificar áreas prioritarias para la intervención territorial y la implementación de medidas de mitigación ante inundaciones. El método empleado resultó pertinente para estimar de manera visual y cuantitativa las zonas más vulnerables del municipio, destacando la necesidad de integrar estos resultados en la planificación urbana y rural. Los datos obtenidos permiten orientar acciones de prevención, reubicación y adaptación climática.

El estudio permitió evidenciar de forma clara la distribución desigual del riesgo por inundación en el municipio de Popayán. Las herramientas SIG y el enfoque multicriterio fueron eficaces para identificar zonas de alta vulnerabilidad y cuantificar el riesgo en términos espaciales. Se concluye que más del 50 % del territorio requiere acciones integrales de gestión del riesgo. Los resultados obtenidos constituyen una base sólida para diseñar estrategias preventivas, mejorar el ordenamiento del territorio y fortalecer la resiliencia frente a eventos extremos.

El análisis realizado permite concluir que el riesgo de inundación en el Municipio de Popayán, es un fenómeno multicausal que afecta de manera diferenciada a distintas zonas del municipio. Las áreas más afectadas se encuentran principalmente en las veredas de El Sendero, Santa Bárbara, Samanguí, Puelenje (riesgo muy alto), Julumito, Las Torres, Santa Rosa, La Rejoja (sector bajo), Cajete (riesgo alto), así como en San Rafael, San Bernardo, El Tablón, Calibío y Las Piedras (riesgo medio). Estas zonas presentan una alta vulnerabilidad debido a su ubicación cercana a cauces naturales, deficiencias en el sistema de drenaje y falta de planificación territorial. Es urgente avanzar en planes de ordenamiento territorial incluyentes, implementar obras de mitigación hidráulica y fortalecer la participación comunitaria para reducir la exposición al riesgo.

El análisis del riesgo por inundación en Popayán permite concluir que existe una necesidad urgente de intervención integral en las zonas de mayor riesgo, mediante estrategias que integren la gestión del riesgo, la conservación ambiental y el ordenamiento territorial. Estas acciones deben estar orientadas no solo a la mitigación del impacto, sino también a la adaptación de las comunidades y ecosistemas a eventos hidrometeorológicos extremos, cuya frecuencia e intensidad tienden a incrementarse debido al cambio climático (IDEAM, 2020).

Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos y el análisis de la distribución espacial del riesgo por inundación en el municipio de Popayán, se proponen las siguientes recomendaciones orientadas a fortalecer la gestión del riesgo y el ordenamiento agroambiental del territorio:

Incorporación del análisis de riesgo en los instrumentos de planificación territorial

Es fundamental integrar los resultados del presente estudio en los Planes de Ordenamiento Territorial (P.O.T) del municipio, a fin de delimitar zonas no aptas para asentamientos humanos e infraestructura crítica, y establecer restricciones al uso del suelo en áreas de riesgo alto y muy alto.

Intervención prioritaria en áreas críticas

Se sugiere focalizar la ejecución de obras de mitigación, como canales de drenaje, gaviones, reservorios y revegetalización en los sectores clasificados con riesgo muy alto, especialmente en la zona noroccidental del municipio, donde confluyen factores de amenaza y vulnerabilidad.

Reubicación progresiva de población vulnerable

Se recomienda diseñar e implementar programas de reubicación concertada para comunidades asentadas en zonas de alto riesgo, priorizando su traslado hacia áreas clasificadas como de riesgo bajo o muy bajo, garantizando el respeto por los derechos sociales y culturales de las poblaciones afectadas.

Restauración ecológica y conservación de coberturas vegetales

La reforestación de áreas de ladera, protección de zonas ripiarias y conservación de coberturas naturales debe ser una estrategia clave para reducir la escorrentía superficial, controlar la erosión y aumentar la capacidad de infiltración de los suelos.

Fortalecimiento de los sistemas de monitoreo y alerta temprana

Es urgente consolidar un sistema municipal de monitoreo hidrometeorológico, con sensores de nivel y estaciones de lluvia, que permita emitir alertas oportunas ante la ocurrencia de eventos extremos, así como capacitar a la comunidad en la interpretación y respuesta a dichas alertas.

Educación ambiental y participación comunitaria

Se deben promover procesos de educación ambiental y construcción de cultura del riesgo, en donde las comunidades conozcan su territorio, comprendan el riesgo al que están expuestas y participen activamente en las decisiones sobre su manejo.

La distribución desigual del riesgo en términos de hectáreas tiene implicaciones críticas: las zonas rurales y de producción agropecuaria, particularmente aquellas en zonas de riesgo medio a alto, requieren intervenciones con tecnologías adaptativas como cultivos resistentes, drenajes agrícolas y reforestación protectora. Además, los ecosistemas estratégicos ubicados en zonas de riesgo alto podrían perder su capacidad de regulación hídrica, afectando no solo la biodiversidad sino también a las comunidades humanas. Este análisis debe ser tomado en cuenta por los planificadores urbanos y gestores del riesgo para restringir asentamientos humanos en áreas de mayor exposición y priorizar inversiones en infraestructura resiliente en zonas de riesgo bajo.

También es importante resaltar que, desde una mirada de las bases de la ingeniería agroforestal, podemos decir que es fundamental integrar los resultados del análisis de riesgo por inundación en la actualización de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio de Popayán, priorizando el uso sostenible del suelo en zonas de bajo riesgo para el desarrollo agropecuario. desde el enfoque agroambiental vemos prudente sugerir la implementación sistemas agroforestales adaptativos y prácticas de conservación de suelos en las áreas de riesgo medio a alto, con el fin de reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos y mejorar la resiliencia de las comunidades frente a eventos hidrometeorológicos extremos que se puedan presentar en el territorio.

Por lo tanto, es importante también mencionar que, para el ordenamiento ambiental del territorio en el municipio de Popayán, desde la formación de mi campo en la tecnología en saneamiento ambiental se pueden implementar varias estrategias clases las cuales son demasiado importante en la zona las cuales serían:

1. **Gestión de Residuos:** implementar programas de reciclaje y compostaje para reducir la contaminación y mejorar la calidad del suelo.
2. **Protección de Fuentes Hídricas:** desarrollar planes de conservación y uso sostenible del agua, evitando la contaminación de los ríos y quebradas.

3. Uso de Tecnologías Limpias: fomentar el uso de sistemas de riego eficientes y fertilizantes orgánicos para minimizar el impacto ambiental.

4. Educación y sensibilización: capacitar a la comunidad en prácticas sostenibles y en la importancia del saneamiento ambiental para la salud y el desarrollo.

5. Ordenamiento Territorial: integrar criterios ambientales en la planificación del uso del suelo asegurando la conservación de ecosistemas estratégicos.

Estas recomendaciones cobran aún mayor relevancia si se considera que la gestión integral del riesgo y el ordenamiento territorial deben estar sustentados en una visión preventiva, adaptativa y basada en evidencia. Diversos estudios han señalado que la inclusión de criterios ambientales en los instrumentos de planificación territorial no solo permite reducir la exposición de la población a amenazas naturales, sino que también fortalece la resiliencia de los sistemas productivos y los ecosistemas estratégicos (Pérez & Gutiérrez, 2022).

Referencias bibliográficas

Alexander, D. E. (2000). *Confronting catastrophe: New perspectives on natural disasters*. Oxford University Press.

Análisis espacial en ArcGIS Pro—ArcGIS Pro-Documentación. (2024). <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/introduction/spatial-analysis-in-arcgis-pro.htm>

Banzhaf, H. S. (2009). Economics at the fringe: Non-market valuation studies and their role in land use plans in the United States. *Journal Of Environmental Management*, 91(3), 592–602. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.10.003>

Burby, R. J. (Ed.). (1998). *Cooperating with nature: Confronting natural hazards with land-use planning for sustainable communities*. Joseph Henry Press.

Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242–261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE. (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda 2018*. <https://www.dane.gov.co>

Djanibekov, U., Polyakov, M., Craig, H., & Paulik, R. (2024). Flood Impacts on Agriculture under Climate Change: The case of the Awanui Catchment, New Zealand. *Economics of Disasters and Climate Change*, 8, 283–316. <https://doi-org.bibliotecavirtual.unad.edu.co/10.1007/s41885-024-00147-3>

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>

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>

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.

IDEAM. (2020). Atlas de riesgo climático de Colombia: análisis de amenaza, exposición y vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2021). Atlas climatológico de Colombia. <https://www.ideam.gov.co>

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

Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., & Thielen, A. (2010). Review article: Assessment of economic flood damage. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(8), 1697–1724. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-1697-2010>

Olaya, V. (2020). Sistemas de Información Geográfica. Open Library. https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica

Pérez, A., & Gutiérrez, D. (2022). Inclusión de criterios ambientales en la planificación del territorio para la gestión del riesgo en Colombia. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 26(1), 55–78.

QGIS. (2024). QGIS: A free and open source Geographic Information System. <https://www.qgis.org>

Sosa-Franco, D., Rodríguez, C., & Mejía, L. (2023). Optimización de consultas SIG para gestión de riesgos en municipios de alta vulnerabilidad. *Revista Ingeniería y Sociedad*, 19(2), 45–62.

UNGRD. (2019). Estrategia nacional para la gestión del riesgo de desastres en Colombia. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. <https://www.gestiondelriesgo.gov.c>

UNGRD & BID. (2021). Diagnóstico de amenazas y vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos en centros urbanos intermedios de Colombia. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres y Banco Interamericano de Desarrollo.

Van Westen, C. J. (2013). Remote sensing and GIS for natural hazards assessment and disaster risk management. En *Treatise on Geomorphology* (Vol. 3, pp. 259–298). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00051-1>

Enlace de sustentación:

https://youtu.be/gurG_8RsOTY