

Modelación del riesgo de inundación en el municipio de Buga (Valle del Cauca) mediante análisis multicriterio

Autor: Andrés Felipe Escobar Velásquez – afescobarv@unadvirtual.edu.co

Docente asesor: Yetfersson Arley Serrato Velosa - yaserratov@unadvirtual.edu.co

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo modelar el riesgo de inundación en el municipio de Buga, Valle del Cauca, mediante técnicas de análisis espacial y análisis multicriterio (AMC) en entornos SIG utilizando ArcGIS Pro. Para ello, se integraron variables ambientales determinantes en la generación de escorrentía superficial: pendiente, altitud, cobertura del suelo, precipitación y distancia a drenajes. El mapa final fue convertido a formato vectorial, suavizado y clasificado en cinco niveles de riesgo: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Los resultados muestran que amplias zonas del sector occidental y suroriental presentan condiciones de riesgo medio a muy alto, especialmente donde coinciden pendientes suaves, cercanía a drenajes y coberturas con intervención antrópica. El análisis espacial permitió identificar zonas críticas relacionadas con dinámicas agrícolas, presión antrópica y acumulación de agua en temporadas de lluvias intensas. Este producto cartográfico constituye un insumo técnico para la gestión del riesgo, el ordenamiento territorial y la planificación ambiental municipal.

Palabras clave: Información geográfica, riesgo de inundación, análisis multicriterio, ArcGIS Pro, ordenamiento ambiental.

Introducción

Las inundaciones constituyen uno de los fenómenos hidrometeorológicos más frecuentes en Colombia y representan una amenaza recurrente para municipios ubicados en valles interandinos, como Guadalajara de Buga, en el departamento del Valle del Cauca. Históricamente, este municipio ha experimentado eventos de inundación asociados a crecientes de ríos y quebradas, periodos de alta precipitación y desbordamientos en zonas de baja pendiente, los cuales han generado afectaciones a la infraestructura, al sector agropecuario y a la población asentada en áreas vulnerables (IDEAM, 2019; UNGRD, 2020).

La configuración física del territorio de Buga, caracterizada por la presencia de drenajes naturales, planicies aluviales y usos del suelo predominantemente agrícolas, incrementa la susceptibilidad a este tipo de eventos, especialmente bajo escenarios de variabilidad climática y cambios en los patrones de precipitación. Diversos estudios han señalado que la ocupación inadecuada del suelo y la transformación de coberturas naturales contribuyen a la intensificación del riesgo por inundaciones en municipios del Valle del Cauca (CVC, 2020).

En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se consolidan como una herramienta fundamental para el análisis espacial del riesgo, al permitir la integración de variables ambientales, topográficas e hidrológicas, así como la generación de productos cartográficos que apoyan el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo de desastres. Entre las metodologías más empleadas, el análisis multicriterio destaca por su capacidad para ponderar variables según su incidencia en el fenómeno y facilitar la interpretación territorial de los resultados, siendo ampliamente aplicado en estudios de susceptibilidad a inundaciones (Rincón et al., 2018).

Objetivo General

Modelar el riesgo de inundación en el municipio en cuestión mediante análisis multicriterio integrando variables ambientales y territoriales para generar un mapa temático que apoye la planificación agroambiental y la gestión del riesgo.

Objetivos Específicos

1. Integrar y procesar capas ambientales relevantes (pendiente, altitud, precipitación, drenajes y cobertura del suelo) para el análisis multicriterio.
2. Aplicar técnicas de reclasificación, normalización y ponderación para estructurar un modelo espacial del riesgo de inundación.
3. Generar el mapa final del riesgo de inundación, calcular áreas afectadas y analizar zonas críticas para fines de gestión agroambiental.

Identificación del caso de estudio

El municipio de Guadalajara de Buga se localiza en el centro del departamento del Valle del Cauca, en la región suroccidental de Colombia, formando parte del valle geográfico del río Cauca. Su territorio presenta un rango altitudinal aproximado entre los 950 y 1.200 m.s.n.m., con una configuración física que integra zonas planas, áreas suavemente colinadas y sectores de piedemonte, condiciones que influyen de manera directa en la dinámica hidrológica y en la susceptibilidad a procesos de inundación.

Desde el punto de vista hidrológico, el municipio está atravesado por importantes corrientes superficiales, entre las que se destacan el río Guadalajara y la quebrada La Honda, además de una red de drenajes menores que confluyen hacia el valle. Durante los periodos de lluvias intensas, estas corrientes han presentado históricamente incrementos en sus caudales, generando desbordamientos en áreas de baja pendiente y afectando zonas con uso predominante agropecuario y asentamientos humanos cercanos a los cauces.

En términos ambientales y territoriales, Buga presenta una alta intervención antrópica asociada a actividades agrícolas y pecuarias, especialmente en las zonas planas del municipio. La transformación de coberturas naturales y la ocupación del suelo en áreas próximas a los drenajes naturales han incrementado la exposición del territorio frente a eventos hidrometeorológicos

extremos, lo que refuerza la necesidad de realizar estudios espaciales orientados a la identificación de áreas susceptibles a inundaciones como insumo para la planificación y la gestión del riesgo.

La Figura 1, presenta la localización geográfica del municipio de Guadalajara de Buga dentro del departamento del Valle del Cauca, así como la delimitación del área de estudio utilizada para el desarrollo del análisis espacial.

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de Buga en el Departamento del Valle del Cauca



Fuente: Elaboración propia a partir de análisis SIG en ArcGIS Pro.

Metodología

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque de análisis espacial multicriterio, empleando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la modelación del riesgo de inundación en el municipio de Guadalajara de Buga. La metodología se estructuró en cuatro etapas principales: preparación de datos, generación de variables ambientales, integración multicriterio y análisis espacial de resultados.





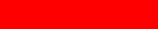
Preparación y estandarización de la información espacial

Se recopilaron capas de información espacial en formato ráster y vectorial asociadas a variables ambientales relevantes para el análisis de inundaciones: pendiente, altitud, red de drenajes, cobertura del suelo y precipitación, así como el límite administrativo del municipio de Buga. Todas las capas fueron reproyectadas al sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS (CMT12), garantizando la coherencia espacial y la compatibilidad geométrica entre los insumos utilizados.

Generación y reclasificación de variables ambientales

A partir del mapa ráster de riesgo de inundación obtenido en la fase 4, se realizó su conversión a formato vectorial mediante el geoproceso De ráster a polígono (Raster to Polygon) en ArcGIS Pro, con el fin de facilitar su interpretación y análisis espacial. Posteriormente, para mejorar la presentación cartográfica y reducir los ángulos cerrados generados en el proceso de conversión, se aplicó el geoproceso Suavizar polígono (Smooth Polygon) utilizando el algoritmo de interpolación de Bézier. Luego, se ejecutó el geoproceso Disolver (Dissolve) empleando el campo Gridcode, lo que permitió consolidar las áreas según su clasificación de riesgo. Finalmente, se agregaron los campos Class_riesgo y Área_km2, asignando categorías cualitativas de riesgo (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) y calculando el área correspondiente en km² para cada clase, permitiendo la generación del producto cartográfico final.

Tabla 1. Clasificación del riesgo de inundación en cinco niveles y utiliza un código de colores para su identificación.

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

Integración multicriterio y ponderación de variables

La integración de las variables se realizó mediante un análisis multicriterio basado en una suma ponderada (*Weighted Sum*), considerando la influencia relativa de cada factor en la ocurrencia de inundaciones. La asignación de pesos se fundamentó en criterios ambientales y en la revisión de literatura especializada sobre análisis de riesgo por inundación, priorizando aquellas variables directamente relacionadas con la generación de escorrentía y acumulación de agua.

Tabla 2. Variables empleadas y ponderación asignada en el análisis multicriterio (Autor: Andrés Felipe Escobar)

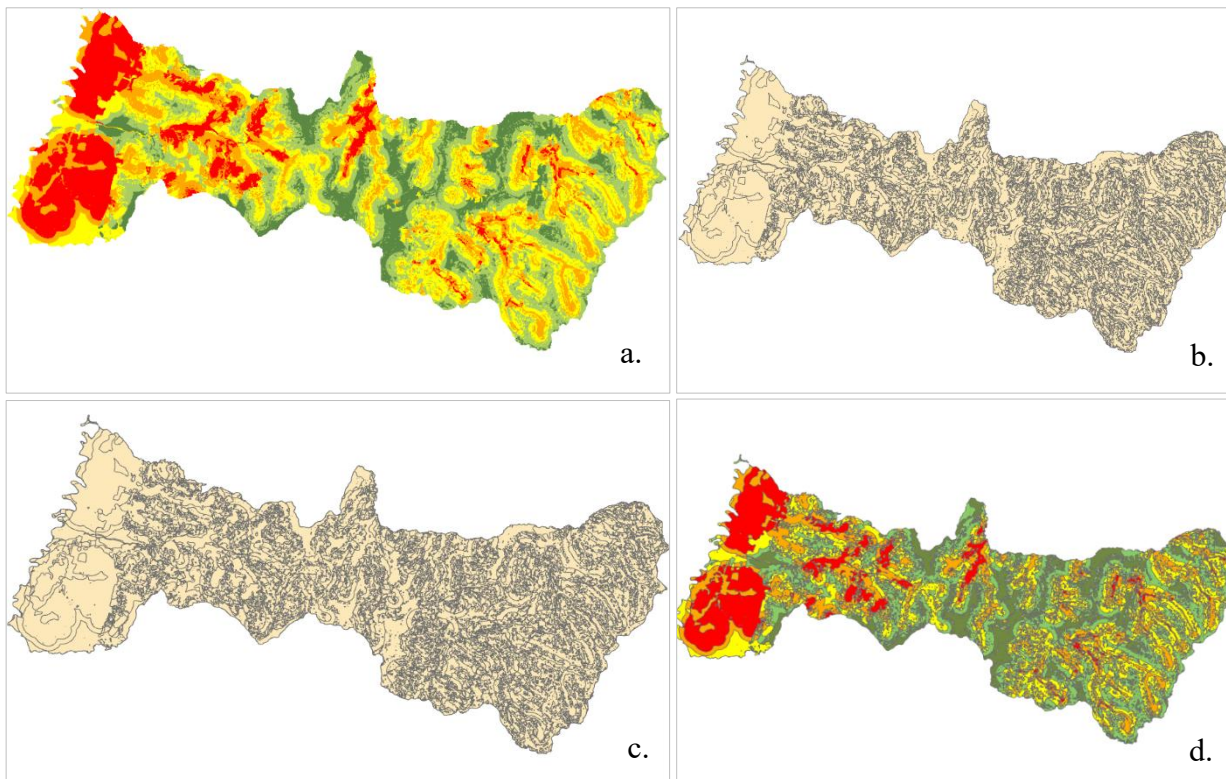
Variable	Peso (%)	Justificación ambiental
Precipitación	35	Principal factor detonante de inundaciones
Distancia a drenajes	30	Mayor proximidad implica mayor exposición
Pendiente	15	Pendientes bajas favorecen acumulación
Altitud	10	Zonas bajas presentan mayor susceptibilidad
Cobertura del suelo	10	Coberturas intervenidas aumentan escorrentía

El resultado de esta etapa fue un ráster continuo que representa la distribución espacial del riesgo relativo de inundación en el municipio.

Conversión vectorial y análisis espacial de resultados

El mapa ráster de riesgo fue convertido a formato vectorial mediante el geoproceso *Raster to Polygon*, con el fin de facilitar el análisis geométrico y la presentación cartográfica. Posteriormente, se aplicó el geoproceso *Smooth Polygon* con interpolación Bézier para mejorar la calidad geométrica de los polígonos y reducir irregularidades en los bordes. Los polígonos resultantes fueron disueltos según el valor del campo de clasificación del riesgo.

Figura 2. Proceso de modelación espacial del riesgo de inundación en el municipio de Guadalajara de Buga (Valle del Cauca): a) mapa ráster del riesgo de inundación obtenido mediante análisis multicriterio ponderado; b) conversión del resultado ráster a formato vectorial mediante el geoproceso Raster to Polygon; c) suavizado geométrico de los polígonos de riesgo mediante interpolación Bézier; d) mapa final del riesgo de inundación clasificado en cinco categorías cualitativas (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto).



Fuente: Elaboración propia a partir de análisis SIG en ArcGIS Pro.

En la etapa del procesamiento espacial, se realizó el cálculo de las áreas correspondientes a cada nivel cualitativo de riesgo de inundación. Para ello, una vez obtenida la capa vectorial definitiva del riesgo y aplicada la clasificación en cinco categorías (riesgo muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), se incorporó el campo *Área_km²* en la tabla de atributos y se ejecutó el cálculo geométrico de superficies, estableciendo como unidad de medida el kilómetro cuadrado. Este procedimiento permitió cuantificar la extensión territorial asociada a cada clase de riesgo, proporcionando un

soporte numérico para el análisis espacial y la posterior interpretación de los resultados del municipio de Buga expresados en la siguiente tabla:

Tabla 3. Tabla de los niveles de riesgos del municipio de Buga con los campos de Clasificación cualitativa de riesgos y Área en kilómetros cuadrados

Clasificación cualitativa	Valores	Área_Km²
Riesgo muy bajo	1	93,62
Riesgo bajo	2	204,9
Riesgo medio	3	238,7
Riesgo alto	4	164,2
Riesgo muy alto	5	117,8

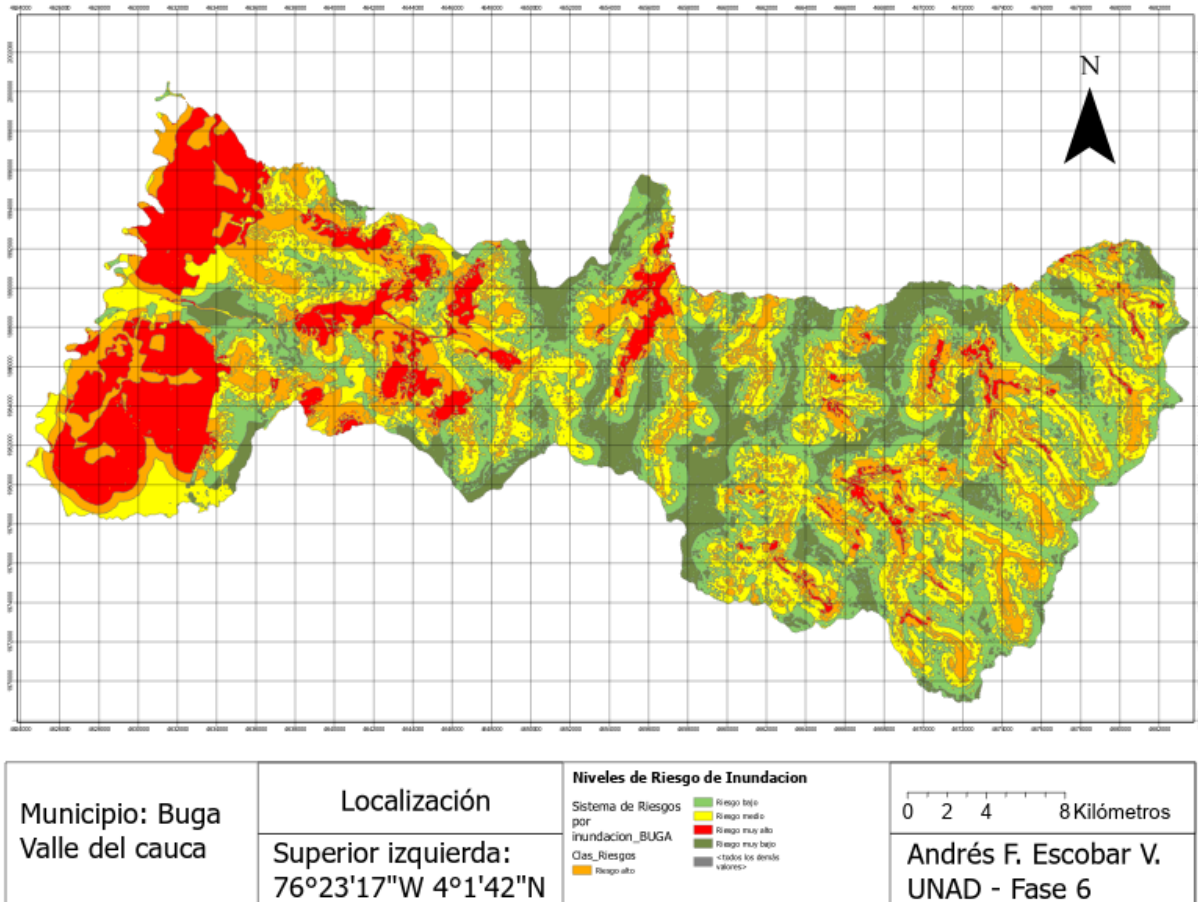
Resultados y análisis

El mapa de riesgo para el municipio de Buga (Figura 3) evidencia una distribución heterogénea de las categorías de amenaza, donde sobresalen las zonas clasificadas como riesgo medio, alto y muy alto. Estas áreas de mayor susceptibilidad se encuentran asociadas a una combinación de factores físico-territoriales que favorecen la acumulación de escorrentía y la saturación del suelo, entre los que destacan:

- Pendientes suaves, que reducen la capacidad de evacuación natural del agua.
- Alta proximidad a drenajes principales y secundarios, lo que incrementa la probabilidad de desbordamientos.
- Zonas con intervención agropecuaria, donde la compactación del suelo disminuye la infiltración.
- Presencia de canales naturales o modificados, que pueden actuar como colectores de aguas superficiales durante eventos de lluvia intensa.

En la evaluación espacial del riesgo de inundación, los patrones territoriales observados en los niveles de riesgo responden a la interacción entre factores topográficos, hidrológicos y de uso del suelo que tiene variables ampliamente reconocidas en la literatura como determinantes de la susceptibilidad al colapso hídrico y acumulación de agua superficial (Rahman, et al., 2023). Los sectores clasificados como riesgo muy alto (categoría roja) están concentrados principalmente en el sector occidental del municipio, donde convergen microcuencas que drenan hacia el río Guadalajara. Esta tendencia espacial concuerda con hallazgos en estudios de riesgo de inundación que señalan que las zonas de menor pendiente y menor altitud tienden a acumular escorrentía, favoreciendo el represamiento temporal del agua en ausencia de drenaje natural eficiente (Rincón et al., 2018)

Figura 3. Diseño del Mapa de capa de Riesgo del municipio de Buga con la simbología calificativa (Autor: Andrés Felipe Escobar)



En estudios recientes sobre evaluación del riesgo por inundaciones, Ogundolie et al. (2024) analizaron la vulnerabilidad a inundaciones en la cuenca del río Osun (Nigeria) mediante el método de Proceso Analítico Jerárquico (AHP) integrado con herramientas SIG. Los autores demostraron que factores como la elevación, la pendiente, la precipitación y la proximidad a los cauces fluviales influyen de manera significativa en la distribución espacial de la vulnerabilidad, permitiendo identificar zonas con susceptibilidad alta y muy alta a inundaciones. Estos resultados respaldan la pertinencia del uso de enfoques multicriterio ponderados para el análisis espacial del riesgo, y sirven como referencia metodológica para estudios similares en otros contextos territoriales.

La combinación de suelos con menor capacidad de infiltración y una topografía suavemente ondulada favorece la saturación del perfil del suelo, reduciendo el almacenamiento hídrico y elevando la probabilidad de inundación en estas áreas. Similarmente, la categoría de riesgo alto

(naranja) se extiende hacia sectores adyacentes, donde la intervención agrícola y los cambios en la cobertura del suelo incrementan la escorrentía superficial. La literatura ha documentado que la transformación de coberturas naturales como bosques o vegetación densa hacia usos agrícolas o áreas permeables reducidas incrementa el volumen de escorrentía y el riesgo de inundación al disminuir la capacidad de absorción del suelo (Allafta & Opp, 2021).

En contraste, las zonas clasificadas como riesgo bajo y muy bajo se ubican generalmente en sectores con mayor pendiente, mayor altitud y cobertura vegetal protectora, condiciones que están asociadas con una mayor capacidad de infiltración y regulación hídrica natural. Esto es consistente con estudios de susceptibilidad donde una mayor pendiente facilita el rápido drenaje superficial, reduciendo el tiempo de permanencia del agua en el suelo y, por ende, la probabilidad de inundación; Asimismo, áreas con cobertura vegetal más densa mejoran la infiltración y disminuyen la escorrentía, lo cual disminuye la vulnerabilidad frente a eventos de precipitación intensa.

Figura 4. Distribución porcentual de riesgos por inundación basado en el área cuadrada del municipio de Buga Valle.

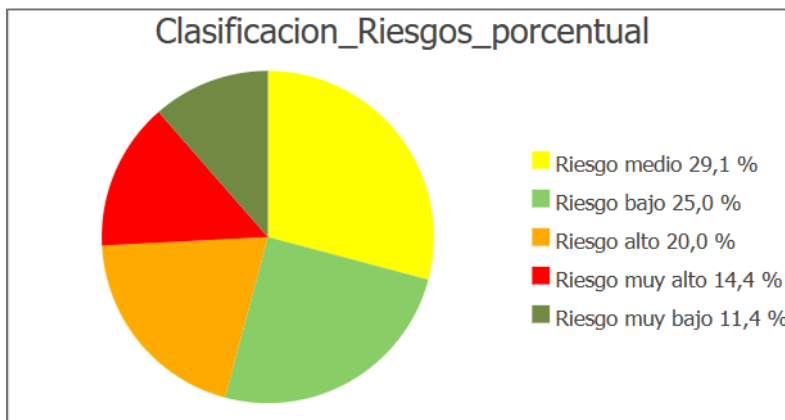
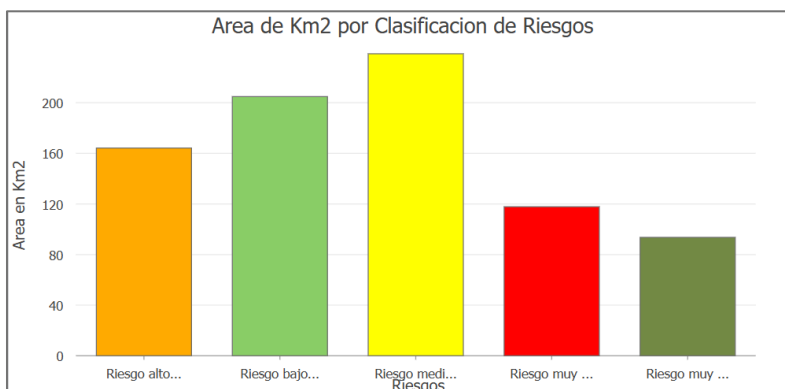


Figura 5. Distribución de riesgos en gráfico de barras por inundación basado en el área cuadrada del municipio de Buga Valle.



A partir del análisis de la imagen correspondiente a la clasificación porcentual del riesgo de inundación en el municipio de Guadalajara de Buga (Figura 4), se identifican patrones relevantes que permiten interpretar la distribución espacial del riesgo y su implicación territorial.

El gráfico evidencia que la categoría de riesgo medio representa el mayor porcentaje del territorio municipal, con 29,1 %, lo que indica que una parte significativa de Buga presenta condiciones moderadas de susceptibilidad a inundaciones. Estas áreas suelen corresponder a zonas de transición entre sectores altamente expuestos y áreas con mejores condiciones de drenaje, donde la combinación de pendientes suaves, usos agropecuarios y proximidad relativa a drenajes naturales favorece la acumulación temporal de agua durante eventos de precipitación intensa.

El riesgo bajo abarca el 25,0 % del territorio, lo que sugiere la presencia de sectores con características físicas más favorables, como mayores pendientes, mejor capacidad de infiltración o coberturas vegetales que contribuyen a la regulación hídrica. No obstante, aunque estas zonas presentan menor susceptibilidad, no se encuentran exentas de afectaciones bajo escenarios extremos de lluvia.

Por su parte, las áreas clasificadas como riesgo alto representan el 20,0 %, mientras que el riesgo muy alto corresponde al 14,4 % del municipio. En conjunto, estas dos categorías concentran más del 34 % del territorio, lo cual constituye un porcentaje considerable y evidencia la existencia de zonas críticas que requieren atención prioritaria. Estas áreas están generalmente asociadas a planicies aluviales, suelos con baja capacidad de infiltración y cercanía a ríos y microcuencas, donde la escorrentía superficial y los desbordamientos incrementan la probabilidad de inundación.

Finalmente, el riesgo muy bajo, con un 11,4 %, corresponde a la menor proporción del territorio y se asocia a sectores con condiciones geomorfológicas más estables, mayor altitud y coberturas naturales protectoras, donde la dinámica hidrológica reduce significativamente la probabilidad de inundación.

En términos generales, la distribución porcentual refleja que más de la mitad del municipio de Buga (63,5 %) se encuentra entre riesgo medio y alto, lo que resalta la importancia de incorporar estos resultados en procesos de planificación territorial, ordenamiento agroambiental y gestión del riesgo, priorizando acciones de mitigación y prevención en las zonas más vulnerables identificadas.

Interpretación general

Los resultados del análisis espacial muestran que una proporción significativa del municipio de Guadalajara de Buga presenta condiciones territoriales susceptibles a eventos de inundación. Esta susceptibilidad es coherente con las características geomorfológicas de la región, las cuales combinan topografías planas, drenajes longitudinales y un uso del suelo intensivo, factores que han sido asociados en múltiples estudios con un aumento de la escorrentía superficial y la saturación de suelos durante periodos de precipitación elevada (Rahman, et al., 2023; Kader et al., 2024).

La cobertura del suelo con predominio de actividades agrícolas reduce la capacidad de infiltración del agua, favoreciendo la formación de escorrentía superficial y aumentando la vulnerabilidad

frente a inundaciones, especialmente en sectores que convergen microcuencas asociadas al río Guadalajara y sus afluentes (Allafta & Opp, 2021).

El mapa de riesgo generado permite identificar los territorios prioritarios para la gestión del riesgo, sirviendo como herramienta técnica que orienta estrategias de planificación, restauración y mitigación, en concordancia con estudios que destacan la utilidad del enfoque multicriterio en procesos de ordenamiento territorial y gestión de inundaciones (Mulu et al., 2025).

Antecedentes documentados de inundaciones en Buga

Según reportes oficiales de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y entidades ambientales regionales:

Durante el fenómeno de La Niña entre 2010 y 2011, se registraron eventos de inundación que afectaron áreas rurales bajas de Buga, con crecidas súbitas del río Guadalajara y desbordamientos de quebradas, generando daños en cultivos, vías terciarias y viviendas (UNGRD, 2020). Estos eventos afectaron principalmente veredas al occidente y suroccidente del municipio, coincidiendo espacialmente con sectores que en el mapa de riesgo están clasificados como alto y muy alto.

En los periodos de lluvia de 2021 y 2022, las autoridades municipales y reportes hidrometeorológicos señalaron aumentos en los niveles del río Guadalajara con afectaciones de menor intensidad en zonas agrícolas cercanas a los cauces principales (IDEAM, 2019). Esta recurrencia en eventos extremos respalda la necesidad de integrar análisis espaciales de riesgo con información histórica de inundaciones.

Dinámica hidrológica y su relación con el mapa de riesgo

La distribución espacial de la precipitación en el territorio de Buga presenta variaciones influenciadas por factores orográficos. Las zonas occidentales y noroccidentales del municipio reciben mayores acumulados de lluvia debido a su cercanía a la cordillera Central, lo que potencia el aporte hídrico hacia las microcuencas que drenan hacia el río Guadalajara y sus tributarios (IDEAM, 2019).

Esta dinámica se refleja claramente en el mapa de riesgo de inundación, donde:

Las microcuencas con mayor aporte hídrico, como las de La Honda, Sonso y afluentes menores, muestran una concentración de áreas clasificadas como alto y muy alto riesgo.

Los sectores de convergencia de microcuencas presentan acumulación de flujos y posibles represamientos temporales en periodos de lluvia intensa.

Las áreas con pendientes suaves y coberturas agrícolas intensivas amplifican la escorrentía superficial y reducen la infiltración, condiciones que coinciden con la mayor proporción de riesgo identificada y con antecedentes documentados de inundación.

En este sentido, el riesgo de inundación en Buga no depende únicamente de la cantidad de precipitación, sino también de la respuesta hidrológica del terreno y de la capacidad de absorción

del suelo. Suelos compactados por actividad agrícola, zonas deforestadas o drenajes artificiales mal mantenidos contribuyen a la rápida acumulación de agua, fenómeno que se refleja en las categorías de mayor riesgo del mapa analizado. (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2020)

Conclusiones

El análisis multicriterio aplicado permitió integrar de manera coherente variables ambientales relevantes como la precipitación, pendiente, distancia a drenajes, altitud y cobertura del suelo y generar un mapa de riesgo de inundación espacialmente explícito para el municipio de Guadalajara de Buga, evidenciando patrones claros de susceptibilidad asociados a las características físicas y de uso del territorio.

Los resultados muestran que las categorías de riesgo alto (20,0 %) y muy alto (14,4 %) se concentran principalmente en sectores del occidente y suroccidente del municipio, donde predominan pendientes suaves, proximidad a drenajes naturales y coberturas agropecuarias intensivas, condiciones que favorecen la escorrentía superficial y la acumulación temporal de agua durante periodos de lluvia intensa.

A partir del cálculo de áreas por clase de riesgo, se determinó que el 63,5 % (de acuerdo con la gráfica 1.) del territorio municipal se encuentra clasificado entre riesgo medio (29,1 %), alto (20,0 %) y muy alto (14,4 %). Este resultado evidencia una vulnerabilidad significativa del municipio de Buga frente a eventos de inundación, especialmente en zonas rurales productivas y áreas cercanas a microcuencas y cauces principales.

La metodología empleada demostró ser adecuada para el análisis del riesgo de inundación a escala municipal, al combinar técnicas de análisis espacial y geoprocursos reproducibles en entorno SIG, lo que permitió obtener resultados cuantificables y verificables que reflejan la respuesta hidrológica del territorio de Buga.

La cartografía final y los resultados asociados constituyen un insumo técnico relevante para la gestión del riesgo y la planificación agroambiental del municipio, al facilitar la identificación de zonas prioritarias para la implementación de medidas de prevención, mitigación y manejo territorial, de acuerdo con las condiciones específicas del área de estudio.

Recomendaciones

Se recomienda priorizar procesos de restauración y protección de la cobertura vegetal en los sectores del municipio identificados con riesgo alto y muy alto de inundación, especialmente en áreas cercanas a ríos, quebradas y zonas donde confluyen microcuencas. El fortalecimiento de la vegetación en estos sectores puede contribuir a mejorar la infiltración del agua y a reducir la escorrentía superficial durante eventos de lluvia intensa.

El mapa de riesgo de inundación obtenido puede emplearse como un insumo técnico de apoyo para el análisis preliminar del territorio y la identificación de zonas sensibles, teniendo en cuenta que

los resultados corresponden a un escenario específico construido a partir de variables ambientales y de información de precipitación limitada en el tiempo. Por tanto, su uso debe considerarse complementario a otros estudios y fuentes de información.

Se sugiere reforzar el seguimiento de las zonas bajas y de los sectores próximos a los drenajes naturales, mediante recorridos de campo y el análisis de la información hidrometeorológica disponible, con el fin de contrastar el comportamiento real de los cauces con las áreas identificadas como más susceptibles en el análisis espacial.

En las áreas rurales clasificadas con riesgo medio, alto y muy alto, es recomendable fomentar prácticas de manejo agroambiental orientadas a reducir la compactación del suelo, como la rotación de cultivos, el mantenimiento de coberturas vegetales y un uso más controlado de maquinaria agrícola. Estas acciones pueden contribuir a mejorar la infiltración y disminuir la velocidad de la escorrentía superficial.

Finalmente, se considera pertinente evaluar el estado de los drenajes existentes en los sectores críticos y promover su mantenimiento y adecuación, priorizando soluciones sencillas y acordes a la escala local, que permitan mejorar la evacuación del agua superficial y reducir la acumulación temporal durante periodos de alta precipitación.

Referencias Bibliográficas

- Allafta, Y., & Opp, C. (2021). *GIS-based multi-criteria analysis for flood prone areas mapping in the trans-boundary Shatt Al-Arab basin, Iraq-Iran*. <https://www.tandfonline.com/doi/epdf/10.1080/19475705.2021.1955755?needAccess=true>
- CVC. (2020). Informe de gestión 2020 de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/2021-03/Informe%20de.Gestion%20Vigencia%202020.pdf?utm_source=chatgpt.com
- IDEAM. (2019). *Estudio Nacional del Agua 2018: diagnóstico de zonas con condiciones favorables a inundaciones en Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/2024-08-23/estudio_nacional_del_agua_2018.pdf
- Mulu, A., Kassa, S., Wossene, M., Adefris, S., y Mashasha, T. (2025). Identification of flood vulnerability areas using analytical hierarchy process techniques in the Wuseta watershed, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Scientific Reports*, No. 15, 28680. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13822-6>
- Ogundolie, O., Olabiyisi, S., Ganiyu, R., Jeremiah, Y., & Ogundolie, F. (2024). Assessment of flood vulnerability in Osun River Basin using AHP method. *BMC Environmental Science*, Vol 1(9). <https://doi.org/10.1186/s44329-024-00009-z>

- Rahman, Z.U., Ullah, W., Bai, S., Ullah, S., Jan, M.A., Khan, M., & Tayyab, M. (2023) GIS-based flood susceptibility mapping using bivariate statistical model in Swat River Basin, Eastern Hindukush region, Pakistan. *Frontiers in Environmental Science, Vol 11*,1178540. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1178540>
- Rincón, D., Khan, U. T., & Armenakis, C. (2018). Flood Risk Mapping Using GIS and Multi-Criteria Analysis: A Greater Toronto Area Case Study. *Geosciences, 8*(8), 275. <https://doi.org/10.3390/geosciences808027>
- UNGRD. (2018). *Atlas de Riesgo de Colombia: revelando los desastres latentes. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.* https://www.andi.com.co/Uploads/Atlas_Riesgo.pdf
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD. (2020). *¿Cuál es el riesgo por inundaciones en Colombia? Portal de Gestión del Riesgo de Desastres.* <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2020/Cual-es-el-riesgo-por-inundaciones-en-Colombia.aspx>
- Kader, Z., Islam, M.R., Aziz, M.T, Hossain, M.M., Islam, M.R., Miah, M., Wan, W. (2024). GIS and AHP-based flood susceptibility mapping: a case study of Bangladesh. *Sustainable Water Resources Management, Vol, 10*, 170. <https://doi.org/10.1007/s40899-024-01150-y>

Enlace del video

https://1drv.ms/v/c/06ABAFF3AB66D6D9/EQC9nAXLs99KoCKVF8UbOAYBc3_kw59zPbqSitG0CRm03A?e=hUzmMQ