

Modelación de mapa del riesgo de inundación en el municipio de San Bernardo, del departamento de Nariño, mediante la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfico

Rafael Vanegas González – rvanegasgo@unadvirtual.edu.co

Henry Robayo Barrera - hrobayob@unadvirtual.edu.co

Alberth Gustavo Valero – agvaleros@unadvirtual.edu.co

Ronaldo Fierro Mondragón- rfierrom@unadvirtual.edu.co

Leidy Viviana Trujillo -lvtrujillo@unadvirtual.edu.co

Evangelina Parra Perez - Evangelina.parra@unad.edu.co

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo general modelar el riesgo de inundación en el municipio de San Bernardo, Nariño, mediante la aplicación rigurosa de herramientas de Sistemas de Información Geográfica, S.I.G, buscando generar productos cartográficos esenciales para el ordenamiento agroambiental del territorio. La metodología adoptó un enfoque de Análisis Multicriterio A.M.C integrado en un entorno sistemas de información geográfico, S.I.G, basado en la ponderación y superposición de capas ráster. Los criterios determinantes para la modelación del riesgo incluyeron la proximidad a cuerpos de agua, la pendiente del terreno, la elevación y la precipitación máxima registrada. Los principales insumos fueron la cartografía oficial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi I.G.A.C y un Modelo Digital de Elevación D.E.M. El procesamiento geográfico fue exhaustivo, aplicando secuencias de geoprocésamiento como la conversión ráster-vectorial, el suavizado de polígonos, la disolución y el cálculo de geometrías, lo cual permitió una delimitación precisa de las zonas de riesgo.

Los resultados permitieron identificar y cuantificar el territorio en cinco categorías de riesgo (muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo). Se determinó que las zonas de Riesgo Alto abarcan la mayor extensión con 20.12 km², seguidas por el Riesgo Medio con 17.19 km² y el Riesgo Muy Alto con 12.60 km², evidenciando que más del 50% del área municipal está expuesta a amenazas significativas. El análisis espacial confirmó que la mayor vulnerabilidad se concentra en las zonas planas aledañas a la red hídrica, un hallazgo que se correlaciona directamente con los registros históricos de afectaciones por inundaciones en el municipio. Este modelo proporciona una zonificación cartográfica detallada, aportando insumos esenciales para orientar la gestión territorial y priorizar intervenciones de mitigación dentro de la planificación agroambiental local

Palabras claves: Geoprocésamiento, Amenaza, hidrometeorológica; Ordenamiento agroambiental.

Introducción

El cambio climático global ha intensificado la frecuencia y magnitud de eventos hidrometeorológicos extremos, como lluvias torrenciales, incrementando significativamente el riesgo de inundaciones a nivel mundial (IPCC, 2021). En Colombia esta tendencia se ha hecho evidente, donde la variabilidad climática afecta los regímenes de precipitación, exacerbando las crecientes súbitas de ríos y quebradas (IDEAM, 2020). Estudios específicos señalan que la región andina, particularmente el departamento de Nariño es altamente susceptible a estos fenómenos debido a sus características geomorfológicas y climáticas (Pabón et al., 2018). Las inundaciones no solo son un fenómeno natural, sino un riesgo construido socialmente que se materializa donde convergen la amenaza y la vulnerabilidad de las poblaciones y sus sistemas productivos (Ortiz, 2019).

Para el municipio de San Bernardo, Nariño, el análisis del riesgo de inundación es crucial para la protección de su población, la infraestructura vial y agrícola, y la sostenibilidad de sus actividades económicas, predominantemente agropecuarias. El esquema de ordenamiento territorial y ambiental del municipio identifica las áreas inundables como zonas de alto riesgo no mitigable, restringiendo su uso para asentamientos humanos (Alcaldía Municipal de San Bernardo, 2001). No obstante, se requieren estudios detallados que permitan una zonificación más precisa para la planificación y la gestión del riesgo. Los sistemas de información geográfica se han consolidado como herramientas fundamentales para la evaluación espacial de riesgos, permitiendo integrar, analizar y modelar múltiples variables territoriales de forma eficiente (Bosque Sendra, 2012). Su aplicación facilita la generación de cartografía temática esencial para la toma de decisiones informadas en ordenación del territorio (Méndez & Gómez, 2017). Por lo tanto, el propósito de este ejercicio es aplicar un modelo de análisis multicriterio en un entorno SIG para generar el mapa de riesgo por inundación del municipio de San Bernardo, Nariño, y realizar una primera interpretación de las zonas más críticas, aportando insumos para su planificación agroambiental.

Objetivos

Objetivo General

Modelar el riesgo de inundación en el municipio de San Bernardo, Nariño, mediante la aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

Objetivo Específicos

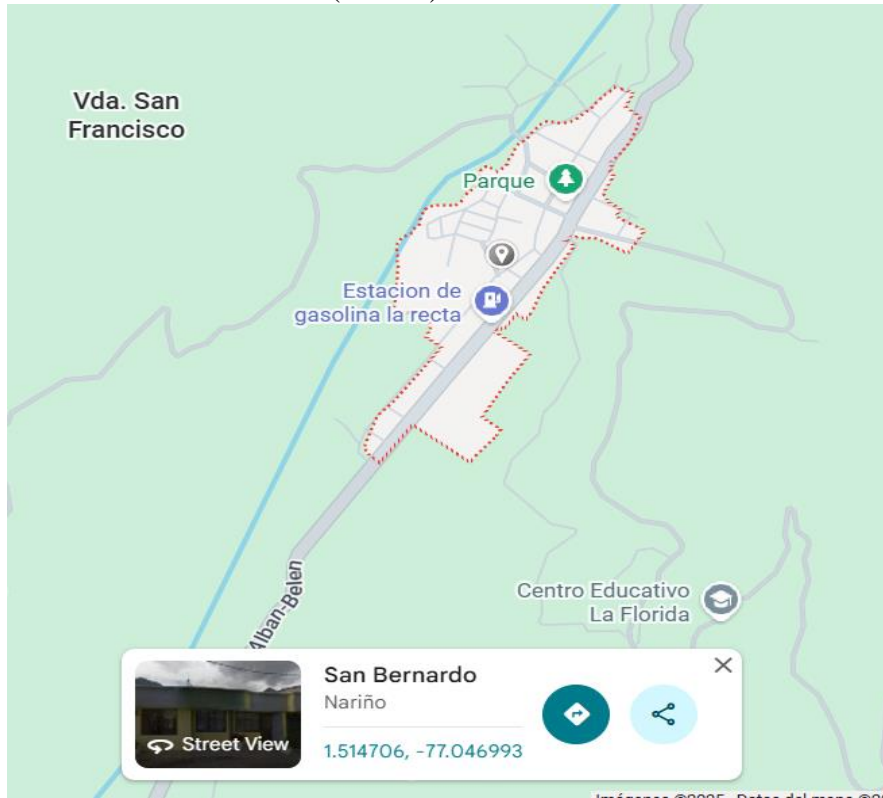
Integrar variables físicas y ambientales como elevación, pendiente, cobertura del suelo, precipitación y proximidad a fuentes hídricas mediante un modelo de análisis espacial multicriterio en un entorno de Sistemas de Información Geográfica, para identificar la susceptibilidad a inundaciones en el municipio de San Bernardo, Nariño.

Delimitar espacialmente las zonas de riesgo de inundación en cinco categorías (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), a partir de la superposición ponderada de capas temáticas, generando cartografía temática del riesgo.

Cuantificar la extensión territorial de cada categoría de riesgo y contrastar los resultados del modelo con información histórica y técnica sobre eventos de inundación, con el fin de evaluar su coherencia y los posibles impactos sobre comunidades, infraestructura, sistemas productivos y ecosistemas.

Identificación del caso de estudio

- Identificación de San Bernardo (Nariño)



Área urbana San Bernardo (Nariño) Google maps (2025)

TERRITORIO DEL MUNICIPIO DE SAN BERNARDO	
Superficie del municipio de San Bernardo	7. 000 hectáreas 70. 000 km ²
Altitud del municipio de San Bernardo	1. 993 m.s.n.m
Coordenadas Geográficas	Latitud: 1. 51639 Longitud: -77. 0467 Latitud: 1° 30´ 59¨ Norte Longitud: 77° 2´ 48¨ Oeste
Huso Horario	UTC -5: OO (América/Bogotá) Horario de verano y invierno son los mismos que el horario estándar
Identificación Territorial del municipio. Fuente: Alcaldía de San Bernardo (2025)	

El IDEAM (s.f.) publicó en su boletín que las condiciones atmosféricas en la región de San Bernardo, Nariño, al encontrarse en una región montañosa con clima templado y precipitación abundante, típica del piedemonte andino, con temporadas lluviosas bien marcadas (dos picos al año, abril-mayo y octubre-noviembre) y una estación más seca, aunque al estar cerca de la costa pacífica, las lluvias son más constantes y abundantes que en otras zonas, siendo de carácter monzónico, con un promedio que ronda los 2000 a 3000 mm anuales, influenciado por el Océano Pacífico y el relieve, lo que mantiene la vegetación exuberante y la humedad alta todo el año.

Clima: Templado de montaña y húmedo, con temperaturas suaves debido a la altitud (alrededor de 1 993 m s.n.m.) y la influencia del mar.

Temporadas Lluviosas: Presenta dos periodos de lluvias fuertes, generalmente entre abril-mayo y octubre-noviembre.

Temporada Seca: Entre junio y agosto, aunque las lluvias no cesan por completo, son menos intensas.

Variabilidad: La zona recibe influencia directa del Océano Pacífico, lo que resulta en lluvias abundantes y una alta humedad relativa.

Las principales características de San Bernardo, Nariño, para el riesgo de inundación incluyen su altitud, la red hídrica (ríos y arroyos) y las pendientes del terreno. Una altitud variable, la cercanía a ríos o la presencia de quebradas con pendientes pronunciadas aumentan el riesgo, especialmente si a esto se suma la intensidad de las lluvias. La deforestación y la urbanización descontrolada también agravan estas condiciones, alterando los patrones naturales de drenaje.

Altitud: La altitud en San Bernardo varía, pero las zonas más bajas o cercanas a cuencas hidrográficas son las más vulnerables. La altitud puede influir en la velocidad de escorrentía y en la acumulación de agua.

Red hídrica: La presencia de ríos (como el río Guaitara), quebradas y arroyos es un factor clave. El riesgo de inundación aumenta si estos cuerpos de agua se desbordan o sufren crecientes rápidos.

Pendientes: Las zonas con pendientes pronunciadas experimentan una escorrentía de agua más rápida. Aunque esto puede reducir el tiempo de inundación en algunas áreas, aumenta la velocidad del agua y el poder erosivo, lo que puede ser peligroso. Las áreas de baja pendiente pueden acumular agua más fácilmente.

Factores adicionales:

Lluvias: La intensidad y duración de las lluvias son factores determinantes. Lluvias torrenciales y prolongadas pueden sobrepasar la capacidad de la red hídrica.

Cobertura vegetal: La deforestación reduce la capacidad del suelo para absorber agua, aumentando la escorrentía y, por lo tanto, el riesgo de inundación.

Urbanización: La construcción en zonas inundables o la alteración de los cursos naturales de agua puede agravar las inundaciones. La creación de superficies impermeables como el asfalto y el concreto aumenta la escorrentía.

Metodología

Para el desarrollo de este estudio, se empleó un enfoque de análisis multicriterio A.M.C integrado en un Sistema de Información Geográfica S.I.G, con el fin de evaluar y modelar el riesgo por inundación en el municipio de San Bernardo, departamento de Nariño, Colombia. Este método permite la integración de múltiples variables ambientales y espaciales, como elevación, pendientes, cobertura de tierras y precipitaciones, para generar un mapa de riesgo que facilite la toma de decisiones en el ordenamiento agroambiental del territorio (Efraimidou y Spiliotis, 2024).

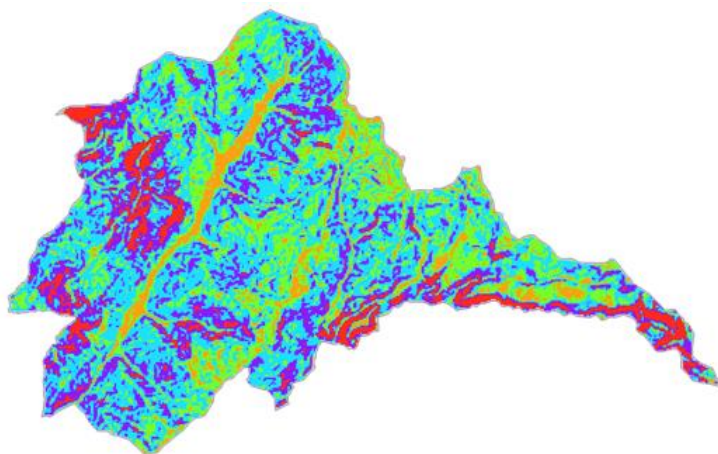
El análisis multicriterio A.M.C se basa en la ponderación y superposición de capas ráster y vectoriales, lo que optimiza la identificación de zonas vulnerables al combinar criterios cuantitativos y cualitativos, alineado con principios de modelación espacial que representan el espacio geográfico a través de modelos de datos ráster y vectoriales (Escolano Utrilla, 2015; Olaya, 2020). La investigación siguió un diseño descriptivo-analítico, con énfasis en el procesamiento de datos geográficos para producir resultados cartográficos aplicables a fenómenos agroambientales, siguiendo las etapas de recolección, procesamiento, análisis y validación de datos (Hernández Sampieri, 2019).

El proceso se inició con la configuración del entorno de trabajo en ArcGIS Pro, estableciendo el sistema de coordenadas proyectadas MAGNA-SIRGAS CMT12 para garantizar la precisión espacial en la región andina del suroccidente colombiano. Se cargaron los datos base: un modelo digital de elevación (DEM) y un ráster de pendientes (slope) del municipio, obtenidos previamente, asegurando que no incluyeran valores nulos mediante un recorte por máscara con el shapefile del municipio. Esto permitió una base topográfica sólida para el análisis hidrológico, ya que el DEM representa la altitud del terreno y el slope indica la inclinación, factores clave en la simulación de flujos de agua (Sosa-Franco et al., 2023).

Figura 1. DEM San Bernardo

Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Nota: El Modelo Digital de Elevación (DEM) del municipio de San Bernardo, Nariño, fue obtenido a partir de datos base previamente procesados y recortados mediante una máscara con el límite municipal, garantizando la eliminación de valores nulos y la coherencia espacial del insumo para el análisis del riesgo de inundación.

Figura 2. Slope San Bernardo

Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Nota: El mapa de pendientes (slope) del municipio de San Bernardo, Nariño, fue generado a partir de un ráster previamente procesado y recortado mediante una máscara con el límite municipal, garantizando la eliminación de valores nulos y la consistencia espacial necesaria para el análisis del riesgo de inundación.

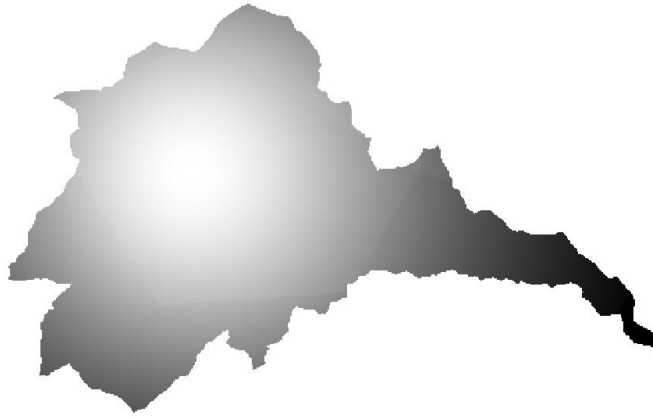
A continuación, se incorporó la capa de cobertura de tierras descargada en formato shapefile para el departamento de Nariño, recortándola al límite municipal mediante la herramienta de clip para enfocarse en el área de estudio. Se aplicó un proceso de disolución basado en campo "Nivel 2" de la cobertura, agrupando polígonos similares y simplificando la capa para evitar redundancias, lo que facilitó la conversión subsiguiente de vectorial a ráster. Esta conversión se realizó especificando el campo de valor como "Nivel_2" y verificando el sistema de coordenadas de salida, generando un ráster que integra la diversidad de usos del suelo, esencial para evaluar cómo las coberturas vegetales o urbanas influyen en la infiltración y el escurrimiento durante eventos de inundación (Djanibekov et al., 2024).

Figura 3. Mes de Noviembre precipitación del departamento Nariño



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

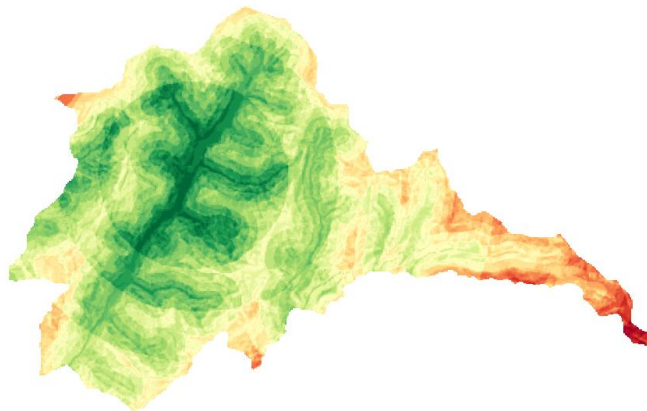
Nota: El mapa de precipitación correspondiente al mes de noviembre en el departamento de Nariño fue incorporado como insumo climático para el análisis del riesgo de inundación, utilizando información en formato ráster previamente procesada y verificada en su sistema de coordenadas, con el fin de representar la distribución espacial de las lluvias y su influencia en la escorrentía y acumulación de agua durante eventos hidrometeorológicos.

Figura 4. Precipitación del municipio San Bernardo

Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Nota: La figura representa la distribución espacial de la precipitación correspondiente al mes de noviembre en el municipio de San Bernardo, Nariño, obtenida a partir del recorte del mapa departamental de precipitación mediante el límite municipal, permitiendo identificar las zonas con mayor concentración de lluvias relevantes para el análisis del riesgo de inundación.

Posteriormente, se reclasificaron las capas de DEM, slope y cobertura de tierras en escalas numéricas de riesgo (del 1 al 5, donde 1 es muy bajo y 5 muy alto), considerando criterios como baja elevación, pendientes suaves y coberturas permeables que aumentan la vulnerabilidad. Se integró un ráster de precipitaciones del mes con mayores lluvias en el municipio (noviembre, basado en consultas climáticas), reclasificándolo de manera similar. Estas capas reclasificadas se combinaron mediante superposición ponderada en el AMC, asignando pesos relativos (por ejemplo, mayor peso a precipitaciones y elevación) para producir un ráster final de riesgo por inundación, que resalta áreas críticas en tonos rojos y naranjas.

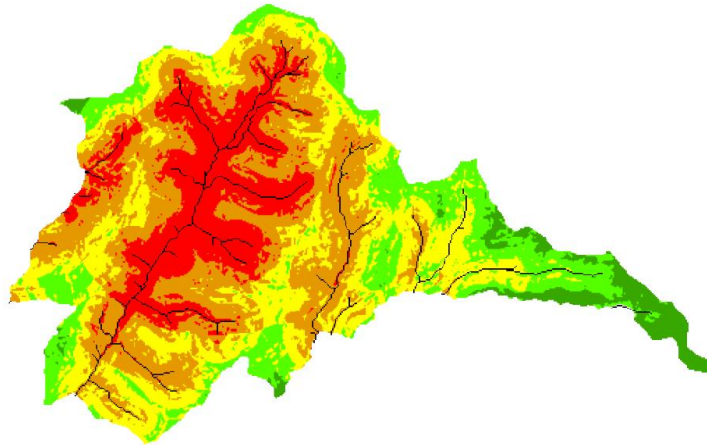
Figura 5. Suma ponderada de cada reclasificación

Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Nota: El mapa de suma ponderada corresponde al resultado de la superposición de las capas reclasificadas de elevación (DEM), pendientes (slope), cobertura de tierras y precipitación del mes de noviembre, integradas mediante un análisis multicriterio con asignación de pesos relativos, lo que permitió identificar espacialmente las áreas con mayor y menor susceptibilidad al riesgo de inundación en el municipio de San Bernardo.

En la fase de refinamiento, el ráster de riesgo se convirtió a formato vectorial (polígonos) para mejorar la manipulación y el análisis geométrico. Se aplicó un suavizado con interpolación de Bézier para eliminar ángulos abruptos y resolver errores topológicos, mejorando la estética cartográfica sin alterar la integridad de los datos. Luego, se disolvió la capa vectorial por el campo "Gridcode" (valores de riesgo), simplificando los polígonos adyacentes con el mismo nivel de riesgo. Se agregaron columnas a la tabla de atributos: una para clasificación cualitativa ("Class_riesgo", asignando etiquetas como "Riesgo muy alto" a valores 5) y otra para áreas ("Área_km2"), calculadas en kilómetros cuadrados mediante la herramienta de cálculo de geometría. Esto permitió cuantificar la extensión de cada zona de riesgo, facilitando comparaciones y análisis de impactos potenciales en sistemas agropecuarios (Djanibekov et al., 2024).

Figura 6. Mapa de riesgo por inundación



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Nota: El mapa de riesgo de inundación del municipio de San Bernardo, Nariño, fue elaborado a partir del análisis multicriterio en un entorno SIG, representando las categorías de riesgo mediante una simbología graduada desde bajo hasta muy alto.

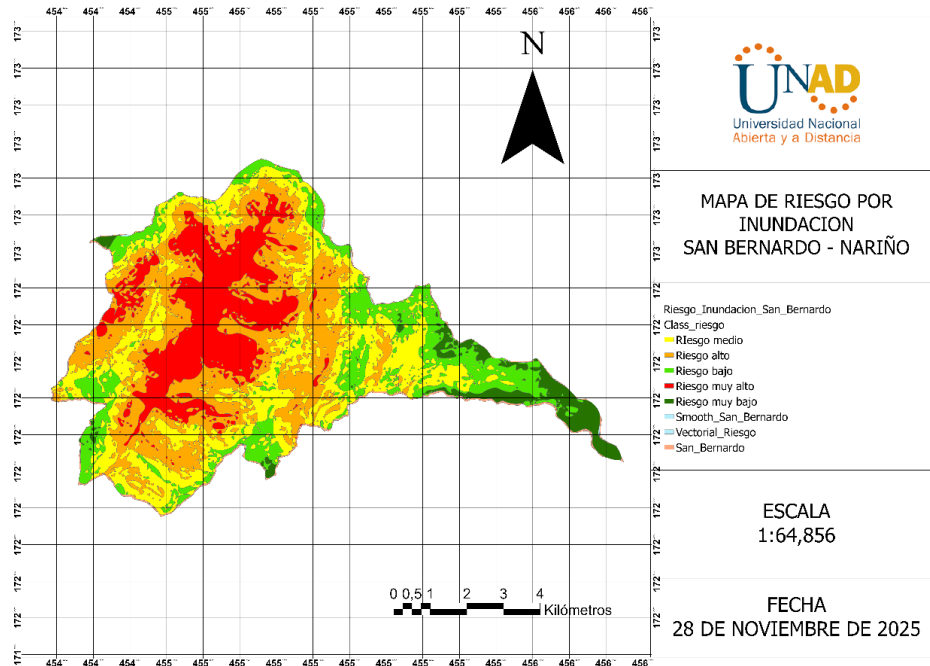
Finalmente, se ajustó la simbología de la capa vectorial a valores únicos con una paleta de colores graduada (verde para bajo riesgo y rojo para riesgo alto), y se elaboró un diseño cartográfico que incorpora leyenda, cuadrícula de coordenadas, escala gráfica y orientación norte. El análisis

espacial del producto cartográfico permitió identificar con mayor precisión las áreas críticas del municipio, evidenciando que las categorías de riesgo alto y muy alto se concentran principalmente en el sector central y noroccidental de San Bernardo, en zonas aledañas al río Quiña y a quebradas como El Rollo y La Mina. Estas áreas coinciden con veredas y sectores rurales como La Florida, Sabanetas, La Mina, Buena Vista, San Roque, Pueblo Viejo y La Playa, donde la combinación de baja altitud, pendientes suaves y cercanía a la red hídrica incrementa la susceptibilidad a inundaciones. La identificación de estas unidades territoriales permitió contrastar los resultados del modelo con antecedentes históricos de eventos de inundación registrados en el municipio, apoyándose además en gráficos y tablas para una interpretación integral del riesgo (Efrimidou y Spiliotis, 2024; Olaya, 2020). El uso de consultas espaciales y operaciones de geoprocésamiento en el SIG garantizó la eficiencia y consistencia en la generación de resultados, alineándose con metodologías avanzadas para el manejo y análisis de datos geográficos (Sosa-Franco et al., 2023).

Resultados

Los productos obtenidos en este estudio de caso se derivan de la modelación espacial realizada en ArcGIS Pro, integrando variables como elevación, pendientes, cobertura de tierras y precipitaciones mediante análisis multicriterio. El mapa generado representa el riesgo por inundación en los municipios de San Bernardo, departamento de Nariño, Colombia, con énfasis en una clasificación cualitativa en cinco categorías que van desde riesgo muy bajo en verde oscuro hasta riesgo muy alto en rojo, además de indicar capas vectoriales como el suavizado de San Bernardo, una escala gráfica de 1:64,856 con una barra que marca distancias de 0 a 4 kilómetros, una flecha norte orientada hacia arriba en la parte superior y una cuadrícula de coordenadas basada en el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS CMT12 con etiquetas de longitud desde 454° a 456° y latitud de 172° a 173°. El mapa muestra una predominancia de tonos rojos y naranjas en el centro y noroccidente, indicando zonas de alto riesgo asociadas a ríos y topografía baja, mientras que áreas verdes periféricas sugieren menor vulnerabilidad.

Figura 1. Mapa de riesgo



Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Nota: El mapa representa la zonificación del riesgo por inundación en el municipio de San Bernardo, Nariño, clasificada en cinco categorías cualitativas que van desde riesgo muy bajo hasta riesgo muy alto, mediante una simbología graduada del verde al rojo.

Se calculó el área en kilómetros cuadrados para cada clase de riesgo cualitativa a partir de la capa vectorial generada, utilizando la herramienta de cálculo de geometría en ArcGIS Pro, y la distribución territorial destaca que el riesgo alto ocupa la mayor extensión con 20.126622 km², seguido del riesgo medio con 17.195202 km², el riesgo muy alto con 12.603118 km², el riesgo bajo con 10.64459 km² y el riesgo muy bajo con 3.204137 km², sumando un total aproximado de 63.773669 km², lo que permite identificar que aproximadamente el 50% del territorio en categorías de riesgo alto y muy alto está expuesto a amenazas significativas, alineado con metodologías de evaluación de riesgo que integran datos espaciales para priorizar intervenciones (Efraimidou y Spiliotis, 2024).

Figura 2. Tabla de atributos

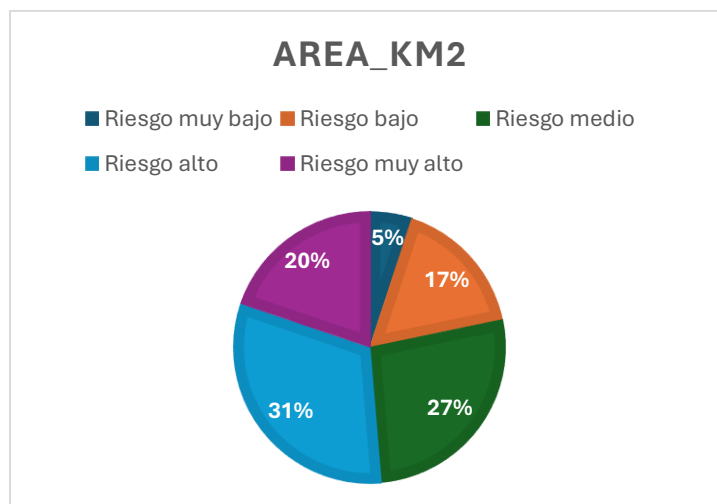
	OBJECTID *	Shape *	gridcode	Shape_Length	Shape_Area	Class_riesgo	Área_km2
1	1	Polígono	1	0,40391	0,00026	Riesgo muy bajo	3,204137
2	2	Polígono	2	1,72493	0,000865	Riesgo bajo	10,64459
3	3	Polígono	3	2,917858	0,001397	Riesgo medio	17,195202
4	4	Polígono	4	2,752785	0,001636	Riesgo alto	20,126622
5	5	Polígono	5	1,13701	0,001024	Riesgo muy alto	12,603118

Fuente: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Nota: La tabla de atributos corresponde al mapa de riesgo de inundación del municipio de San Bernardo, Nariño, y presenta la clasificación cualitativa del riesgo (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) junto con los valores asociados a cada polígono. Como valor agregado al análisis, se calculó el área de cada categoría de riesgo en kilómetros cuadrados (Área_km²).

Como apoyo visual, se elaboró un gráfico de torta que ilustra la proporción porcentual de cada categoría de riesgo en relación con el área total del municipio, utilizando los datos anteriores para obtener porcentajes aproximados como riesgo alto en 32%, riesgo medio en 27%, riesgo muy alto en 20%, riesgo bajo en 17% y riesgo muy bajo en 5%, con una paleta de colores graduada donde el azul oscuro representa muy bajo, naranja para bajo, gris para medio, amarillo para alto y azul claro para muy alto, junto a etiquetas porcentuales en cada sector y un título Área_km2, resaltando la dominancia de categorías medias a altas y facilitando comparaciones visuales en contextos agroambientales (Olaya, 2020).

Figura 3. Figura de torta



Fuente: Autoría propia

Nota: El gráfico de torta muestra la distribución porcentual del área del municipio de San Bernardo, Nariño, según las categorías de riesgo de inundación, a partir de los valores de área calculados en kilómetros cuadrados.

Según la clasificación cualitativa del mapa, las zonas con mayor riesgo de inundación en muy alto y alto, representadas en tonos rojo y naranja, se concentran en el sector central y noroccidental del municipio de San Bernardo, asociadas a la presencia de ríos como el Quiña y quebradas como El Rollo y La Mina, donde la topografía baja y pendientes suaves favorecen el escurrimiento y acumulación de agua durante precipitaciones intensas (Djanibekov et al., 2024), mientras que las áreas con menor riesgo en muy bajo y bajo, en verdes, se localizan en periferias sureste y manchas dispersas, típicamente en elevaciones más altas con coberturas vegetales que promueven la infiltración. Estas zonas de mayor riesgo podrían generar afectaciones significativas a las comunidades locales, que suman aproximadamente 9,700 habitantes con una distribución mayoritariamente rural y un perfil demográfico que incluye veredas como La Florida, Sabanetas, La Mina y Buena Vista, incrementando la vulnerabilidad social (Escolano Utrilla, 2015). Infraestructuras clave, como la red vial terciaria incluyendo la vía Pasto-San Bernardo y puentes como San Roque o El Pindal, centros educativos con instituciones como la José Antonio Galán y sistemas de acueducto con cobertura limitada en áreas rurales, enfrentarían daños por desbordamientos, similar a eventos pasados que obstruyeron puentes y afectaron escuelas (Hernández Sampieri, 2019).

En sistemas agropecuarios, predominantes en la economía local con cultivos como fique como principal actividad, junto a café, plátano, maíz y ganado bovino, las inundaciones podrían causar pérdidas en cosechas y suelos, afectando a productores asociados en organizaciones como Agrofisan y exacerbando problemas de precios inestables y baja rentabilidad (Djanibekov et al., 2024). Ecosistemas como el bosque seco premontano, bosque húmedo montano bajo y cuencas hidrográficas con subcuencas de La Estancia, San Bernardo y Peñas Blancas sufrirían erosión, sedimentación y degradación de biodiversidad, impactando servicios como la regulación hídrica en un clima con altas precipitaciones en noviembre-diciembre (Sosa-Franco et al., 2023). Comparando con eventos históricos, el modelo coincide con inundaciones registradas en San Bernardo durante la ola invernal de 2010-2011 asociada al fenómeno de La Niña, como desbordamientos del río Quiña en abril de 2011 afectando sectores como La Playa, San Roque y Pueblo Viejo con inundación de viviendas y predios, y en noviembre de 2011 por overflow de Quebrada El Rollo dañando vías, puentes y escuelas, además de eventos más recientes como avalanchas por lluvias en 2022 y 2023 con colapso de viviendas por incremento de quebradas, y derrumbes en 2025 que aislaron San Bernardo de La Cruz, validando la alta susceptibilidad

identificada y destacando la necesidad de medidas de adaptación en contextos de cambio climático (Efraimidou y Spiliotis, 2024; Djanibekov et al., 2024).

Conclusiones

El análisis espacial permitió identificar con claridad la distribución del riesgo de inundación en el municipio de San Bernardo, Nariño, evidenciando que las zonas clasificadas como riesgo alto y muy alto se concentran principalmente en áreas próximas al río Quiña y a quebradas como El Rollo y La Mina. Esta concentración se manifiesta de forma más crítica en sectores rurales y veredales como La Florida, Sabanetas, La Mina, Buena Vista, San Roque, Pueblo Viejo y La Playa, donde la topografía plana, las bajas pendientes y la cercanía a la red hídrica favorecen la acumulación de agua y el desbordamiento durante eventos de precipitación intensa. En contraste, las áreas clasificadas con riesgo bajo y muy bajo se localizan en sectores con mayor altitud y pendientes más pronunciadas, principalmente en zonas periféricas del municipio, donde el drenaje natural es más eficiente y la susceptibilidad a inundaciones disminuye, confirmando que el riesgo responde a características físicas y territoriales específicas y no a una distribución aleatoria (Ward et al., 2016; Di Baldassarre et al., 2020).

La aplicación de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) combinadas con el análisis multicriterio demostró ser un enfoque adecuado y robusto para la evaluación del riesgo de inundación, al permitir la integración simultánea de variables físicas y ambientales como elevación, pendiente, cobertura del suelo, precipitación y proximidad a fuentes hídricas. Este enfoque permitió no solo la identificación de áreas con alta susceptibilidad, sino también la localización precisa de comunidades y veredas potencialmente afectadas, facilitando la comparación de los resultados del modelo con registros históricos de inundaciones en sectores como San Roque y Pueblo Viejo, lo que fortalece la confiabilidad y aplicabilidad territorial de los resultados obtenidos (Chen et al., 2019; de Moel et al., 2015).

Los resultados obtenidos tienen implicaciones directas para la gestión del territorio y la reducción del riesgo de desastres, al proporcionar insumos cartográficos que permiten priorizar áreas críticas para la implementación de medidas de mitigación, regulación del uso del suelo y planificación preventiva, especialmente en las veredas identificadas con riesgo alto y muy alto. Asimismo, el estudio evidencia que el riesgo por inundación en San Bernardo responde a la interacción entre factores naturales y presiones antrópicas, lo que refuerza la necesidad de una gestión integral y prospectiva del riesgo, incorporando este tipo de análisis en los instrumentos de planificación municipal y en la toma de decisiones orientadas al desarrollo territorial sostenible (UNDRR, 2019; Cutter et al., 2008).

Recomendaciones

Las zonas planas cercanas a la red hídrica del municipio de San Bernardo presentan una mayor susceptibilidad a inundaciones, por lo que se recomienda implementar medidas de ordenamiento y conservación orientadas a reducir la exposición y vulnerabilidad del territorio. En este sentido, es fundamental establecer y hacer cumplir franjas de protección ambiental a lo largo de ríos y quebradas principales, ampliando las zonas de amortiguación con cobertura vegetal natural, ya que estas contribuyen a la regulación hídrica, disminuyen la escorrentía superficial y reducen los procesos erosivos (IDEAM, 2020; FAO, 2017). De igual manera, se sugiere restringir la expansión

urbana, la localización de nuevas construcciones y el desarrollo de actividades agropecuarias intensivas en áreas clasificadas con riesgo alto y muy alto, priorizando su destinación a la conservación, restauración ecológica y usos del suelo compatibles con el nivel de riesgo identificado, en concordancia con los lineamientos de gestión del riesgo y ordenamiento territorial en Colombia (IGAC, 2012; UNGRD, 2018).

Adicionalmente, se recomienda promover sistemas de producción agroforestal y el establecimiento de coberturas vegetales densas, dado que estos sistemas favorecen la infiltración del agua, reducen la escorrentía superficial y mejoran la estabilidad del suelo, disminuyendo la probabilidad de inundaciones y la degradación ambiental asociada (FAO, 2017; Djanibekov et al., 2024). Considerando que la pendiente del terreno fue un factor determinante en la modelación del riesgo, es necesario adoptar prácticas de manejo del suelo acordes con las condiciones topográficas del municipio. En áreas con pendientes moderadas, se sugiere fomentar prácticas de conservación como curvas a nivel, labranza mínima y manejo adecuado del drenaje agrícola, las cuales contribuyen a reducir la erosión del suelo y a controlar la velocidad de escorrentía durante eventos de precipitación intensa (FAO, 2015; IDEAM, 2020). En zonas con pendientes pronunciadas, se recomienda priorizar sistemas silvopastoriles, terrazas agrícolas, barreras vivas y estrategias de estabilización vegetal, debido a su efectividad en la protección del suelo, la reducción del arrastre de sedimentos y la disminución de la vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos (FAO, 2017; IPCC, 2021). Finalmente, es indispensable regular y controlar actividades que impliquen pérdida de cobertura vegetal, como las quemadas y el sobrepastoreo, dado que estas prácticas incrementan la escorrentía superficial, reducen la capacidad de infiltración del suelo y agravan el riesgo de inundación y la degradación de los ecosistemas, especialmente en escenarios de alta variabilidad climática (IDEAM, 2020; IPCC, 2021).

Referencias bibliográficas

- Alcaldía de San Bernardo, Nariño. (s.f.). Portal de Trámites y Servicios. 101 trámites. <https://sanbernardo-narino.101tramites.com/Paginas/default.aspx#gsc.tab=0>
- Bosque Sendra, J. (2012). Sistemas de Información Geográfica y localización de instalaciones y equipamientos (2.ª ed.). Editorial Ra-Ma. https://www.ra-ma.es/libro/sistemas-de-informacion-geografica-y-localizacion-optima-de-instalaciones-y-equipamientos-2a-edicion_48491/
- Chen, Y., Zhang, S., Zhang, Y., & Peng, X. (2019). A GIS-based flood risk assessment using multi-criteria analysis: A case study in China. *Sustainability*, 11(3), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su11030698>
- Colombia OT. (2001). Esquema de Ordenamiento Territorial y Ambiental. Servicio geovisor. IGAC. <https://serviciosgeovisor.igac.gov.co:8080/Geovisor/descargas>

- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4), 598–606. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013>
- de Moel, H., Jongman, B., Kreibich, H., Merz, B., Penning-Rowsell, E., & Ward, P. J. (2015). Flood risk assessments at different spatial scales. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20, 865–890. <https://doi.org/10.1007/s11027-015-9654-z>
- Di Baldassarre, G., Viglione, A., Carr, G., Kuil, L., Salinas, J. L., & Blöschl, G. (2020). Debates— Perspectives on socio-hydrology: Capturing feedbacks between physical and social processes. *Water Resources Research*, 56(4). <https://doi.org/10.1029/2019WR026520>
- 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/10.1007/s41885-024-00147-3>
- Efracimidou, 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). 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>
- FAO. (2015). Status of the world's soil resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>
- Google. (2025). Mapa de San Bernardo, Nariño [Captura de pantalla]. Google Maps. <https://www.google.com/maps/>
- Hernández Sampieri, R. (2019). *Metodología de la investigación Plus*. McGraw-Hill Education. <https://www-ebooks7-24-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/?il=34866>
- IDEAM. (s.f.). Boletín de situación sinóptica del mes [Archivo PDF]. https://ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/boletin_situacion_sinoptica_del_mes.pdf
- IDEAM. (2020). Estudio Nacional del Agua 2022. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

https://www.ideam.gov.co/sites/default/files/prensa/boletines/2024-08-23/resumen_ejecutivo_estudio_nacional_del_agua_2022_0.pdf

IGAC. (2012). Guía metodológica para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

IPCC. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Cambridge University Press.
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

Méndez, R., & Gómez, I. (2017). Aplicación de los SIG al análisis territorial y la toma de decisiones en la planificación rural. *Revista de Geografía Norte Grande*, (66), 9–28.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34022017000100002&script=sci_arttext

Olaya, V. (2020). Sistemas de información geográfica. Open Library.
https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas_de_Informacion_Geografica

Pabón, J. D. (2012). Cambio climático en Colombia: Tendencias en la segunda mitad del siglo XX y escenarios posibles para el siglo XXI. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 36(139), 261–278.
<http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v36n139/v36n139a10.pdf>

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*, 32(2), 1–9.
<https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=033edfb1-14a2-3d6e-80bf-572383cf71b3>

UNDRR. (2019). Global assessment report on disaster risk reduction. United Nations Office for Disaster Risk Reduction.
<https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2019>

UNGRD. (2018). Guía para la incorporación de la gestión del riesgo de desastres en los planes de ordenamiento territorial. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres.

Ward, P. J., Jongman, B., Weiland, F. S., Bouwman, A., van Beek, R., Bierkens, M. F. P., Ligtoet, W., & Winsemius, H. C. (2016). Assessing flood risk at the global scale: Model setup, results, and sensitivity. *Environmental Research Letters*, 8(4).
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/044019>

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/royxXy5YXJk>