

## **Aplicación de herramientas SIG para la modelación del riesgo de inundación en Pasto, Nariño (Colombia)**

Wilmer Alveiro Argote Toro [waargotet@unadvirtual.edu.co](mailto:waargotet@unadvirtual.edu.co)

### **Resumen**

Este artículo tiene como objetivo construir productos cartográficos digitales relacionados con fenómenos agroambientales, específicamente la modelación del riesgo de inundación en el municipio de Pasto, Nariño, Colombia, a través de esta actividad, los estudiantes aplicarán los fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el análisis y ordenación agroambiental de sistemas productivos rurales, utilizando metodologías de impacto ambiental y paisajístico con técnicas de modelación espacial.

Se elaborará un informe detallado, siguiendo el formato de un artículo científico, que incluirá la construcción de mapas temáticos representando el riesgo de inundación en la zona, la herramienta SIG se utilizará para realizar cálculos geométricos y crear representaciones espaciales precisas, el análisis visual y cuantitativo de la distribución del riesgo se presentará en gráficos, destacando la superficie de cada categoría de riesgo (Muy bajo, Bajo, Medio, Alto, Muy alto) en hectáreas.

Los resultados revelan que la categoría de riesgo bajo abarca 34.292 hectáreas, mientras que el riesgo medio cubre 29.986 hectáreas, juntas, estas categorías suman 64.278 hectáreas, lo que representa la mayor parte del territorio, este hallazgo sugiere que, aunque el riesgo grave es limitado, gran parte del área podría experimentar afectaciones recurrentes o moderadas durante temporadas de lluvias intensas, lo que tiene implicaciones en la planificación territorial, como el POT.

*Palabras claves:* Modelación espacial, Riesgo de inundación, Sistemas de Información Geográfica (SIG), Mapas temáticos, Ordenación agroambiental

### **1. Introducción**

El estudio y análisis de fenómenos agroambientales en diferentes territorios se ha convertido en una necesidad fundamental para la gestión sostenible de los recursos naturales. En particular, el riesgo de inundación es uno de los problemas más críticos que enfrentan muchas comunidades en diversas regiones del mundo, especialmente aquellas ubicadas en zonas vulnerables como áreas cercanas a ríos o en zonas bajas, este fenómeno no solo afecta la infraestructura y la economía local, sino que también pone en peligro la seguridad y la calidad de vida de los habitantes, en este contexto, la tecnología juega un papel clave en la mitigación y prevención de estos riesgos, siendo los Sistemas de Información Geográfica (SIG) herramientas esenciales para la modelación y el análisis de riesgos.

La ciudad de Pasto, ubicada en el departamento de Nariño, Colombia, es una zona con particularidades geográficas que la hacen susceptible a fenómenos de inundación debido a su proximidad a ríos y quebradas que atraviesan la región, además, su topografía y las variaciones climáticas intensifican los riesgos relacionados con el cambio climático, como las lluvias extremas que incrementan la probabilidad de desbordamiento de cuerpos de agua, según Morales. (2021) así, el análisis de riesgo de inundación en esta zona se vuelve un aspecto crucial para la planificación territorial, la gestión de recursos y la protección de la población.

Los Sistemas de Información Geográfica han revolucionado la forma en que se gestionan y analizan estos fenómenos, permitiendo la creación de productos cartográficos digitales que visualizan, analizan y modelan diferentes escenarios relacionados con el riesgo de inundación, a través del uso de SIG, es posible integrar información geoespacial y ambiental para identificar áreas vulnerables y predecir las posibles afectaciones ante eventos de inundación, esto permite una mejor toma de decisiones en términos de políticas públicas, ordenación territorial y adaptación al cambio climático, ArcGis Desktop. (S.F), el desarrollo de esta actividad tiene como objetivo fundamental que los estudiantes comprendan la importancia de los SIG en la gestión de riesgos ambientales y agroambientales, a través de la modelación del riesgo de inundación en Pasto, se busca que los estudiantes apliquen los fundamentos teóricos de los SIG y la modelación espacial, y desarrollen productos cartográficos digitales que sirvan como herramientas para la toma de decisiones, el aprendizaje práctico de estas herramientas contribuirá a su formación como profesionales capaces de abordar desafíos ambientales de manera científica y técnica.

## **2. Objetivos**

### **Objetivo General:**

Desarrollar productos cartográficos digitales utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para modelar el riesgo de inundación en el municipio de Pasto, Nariño, con el fin de aplicar los fundamentos de la ordenación agroambiental y el análisis de impactos ambientales.

### **Objetivos Específicos:**

Aplicar herramientas SIG para la construcción de mapas temáticos que representen el riesgo de inundación en el municipio de Pasto, integrando datos geoespaciales y ambientales relevantes.

Realizar cálculos geométricos y análisis espacial sobre la distribución y magnitud de las inundaciones, con el propósito de identificar las áreas más vulnerables del territorio ante

eventos de inundación.

Elaborar un informe técnico-científico que presente los resultados del análisis de riesgo de inundación, discutiendo las implicaciones ambientales y proponiendo posibles estrategias de mitigación basadas en los resultados obtenidos.

## 2.1 Identificación del Caso de Estudio

De acuerdo a Calvache, & Chávez. (2020) el municipio de Pasto, capital del departamento de Nariño, ubicado en el sur de Colombia, será el objeto de análisis en este estudio sobre el riesgo de inundación, Pasto es una región caracterizada por su compleja geografía, donde se combinan valles, montañas y ríos que influyen directamente en su vulnerabilidad ante fenómenos naturales como las inundaciones, la ciudad se encuentra atravesada por varios cuerpos de agua, entre los que destacan el río Pasto y sus afluentes, que, durante las temporadas de lluvias intensas, aumentan considerablemente su caudal, generando riesgos para la infraestructura urbana y las comunidades rurales.

### Ubicación de Pasto, Nariño

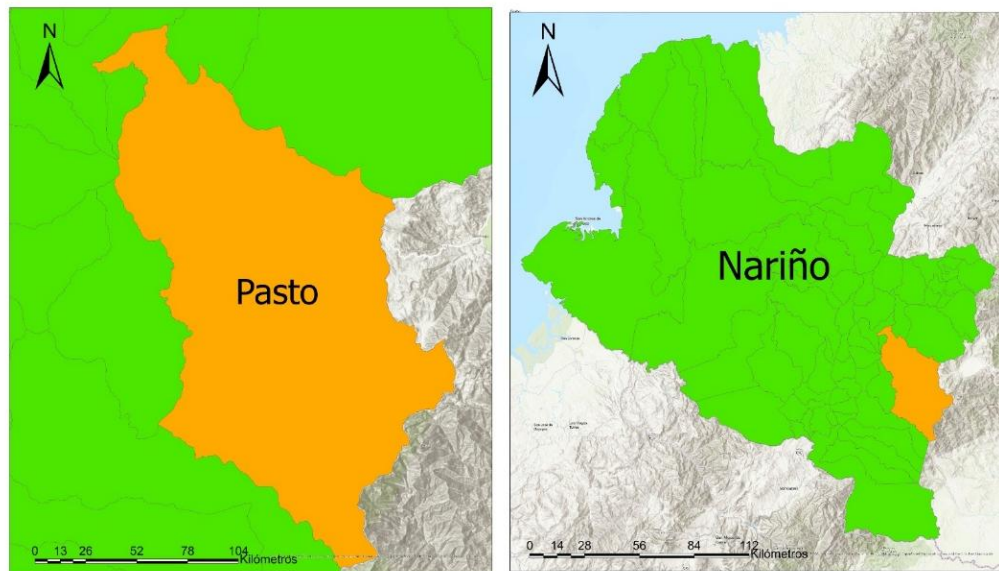


Figura 1. Localización de la zona de estudio, Pasto Nariño. Fuente: Elaboración propia, 2025

El análisis del riesgo de inundación en Pasto es de vital importancia debido a las recurrentes afectaciones que este fenómeno causa a la población local, en las últimas décadas, los cambios climáticos y el uso no sostenible de los recursos naturales han incrementado la frecuencia y magnitud de estos eventos, lo que pone en evidencia la necesidad urgente de implementar estrategias de gestión del riesgo, además, la expansión urbana desordenada y la falta de planificación territorial han agravado la situación, aumentando las zonas vulnerables

al desbordamiento de ríos y quebradas.

El caso de estudio seleccionado tiene como objetivo evaluar el impacto de las inundaciones en la ciudad y sus alrededores, mediante la utilización de herramientas avanzadas de modelación espacial que permitan identificar las áreas de mayor riesgo y las posibles consecuencias de eventos climáticos extremos, este análisis proporcionará información clave para el diseño de políticas públicas orientadas a la reducción del riesgo y a la adaptación al cambio climático, además, permitirá mejorar la resiliencia de las comunidades y los sistemas productivos rurales que dependen de la estabilidad del territorio.

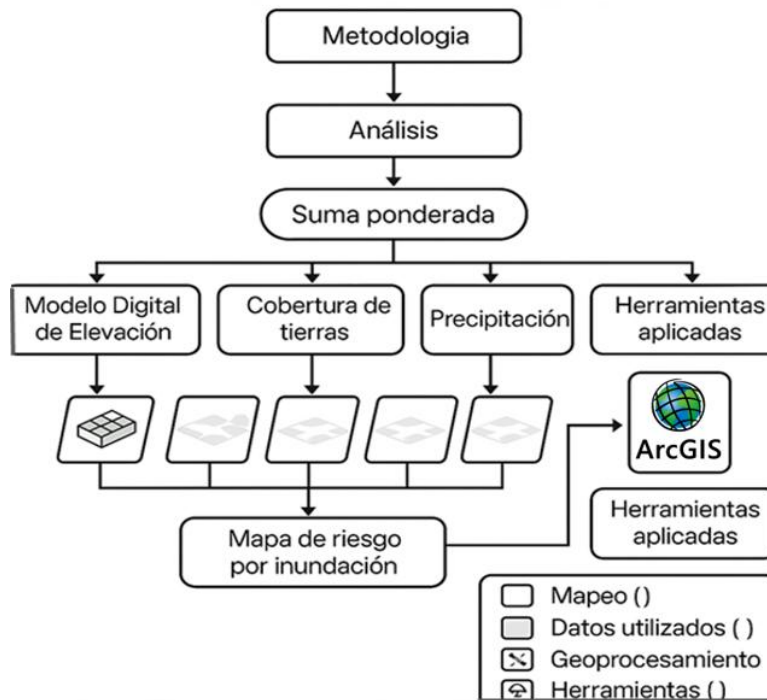


Figura 2. Metodología implementada

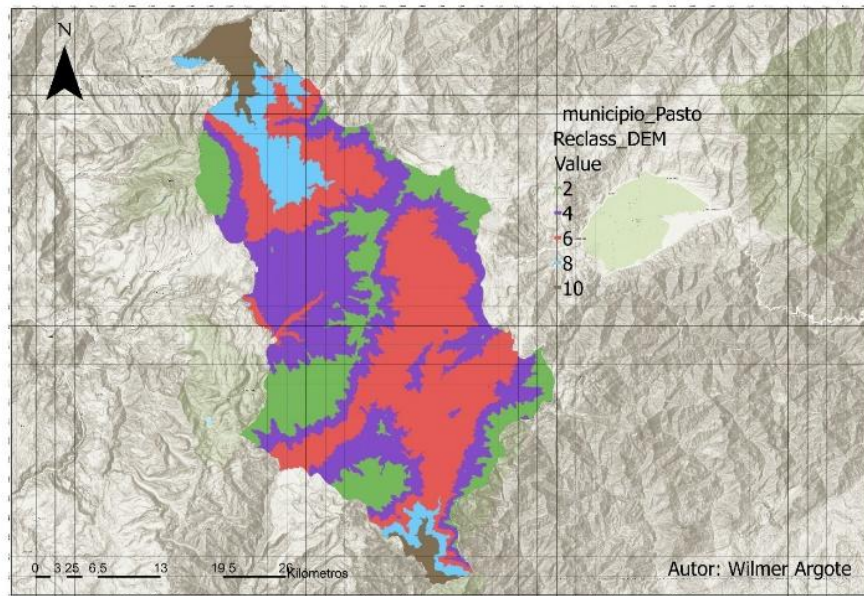


Figura 3. *Reclass DEM*. Fuente: Elaboración propia, 2025.

### 3. Metodología

Para identificar y analizar las zonas de riesgo de inundación en el municipio de Pasto, Nariño, se empleará un enfoque multicriterio utilizando herramientas geoespaciales, específicamente el software ArcGIS Pro, este enfoque permitirá integrar diversos criterios geográficos, facilitando la identificación de áreas susceptibles a inundaciones, a través de geoprocursos avanzados, será posible realizar una evaluación precisa y detallada del riesgo, considerando factores como la topografía, el uso del suelo y las variables climáticas, esenciales para modelar las inundaciones, (Morales, 2021)

#### 3.1. Recolección y preparación de los datos

La recolección de datos es un paso fundamental para realizar el análisis de riesgo de inundación en Pasto, para ello, se instalará y configurará el ArcGIS Pro, que proporciona las herramientas necesarias para realizar los geoprocursos especializados, en este caso, se utilizarán modelos digitales de elevación para determinar la pendiente de las zonas hidrográficas del municipio, lo cual es clave para entender el comportamiento de los cuerpos de agua, como ríos y quebradas, además, se incorporarán datos sobre el uso del suelo, permitiendo analizar cómo la expansión urbana y las actividades humanas influyen en la susceptibilidad al riesgo de inundación.

Uno de los factores climáticos más relevantes a considerar serán las precipitaciones, en particular las ocurridas durante los meses de lluvias intensas, como en abril, esta información se obtendrá de fuentes meteorológicas oficiales y se utilizará para determinar el impacto que las lluvias tienen sobre las cuencas hidrográficas de Pasto, además, se incluirán datos sociodemográficos que permitan evaluar la relación entre el crecimiento poblacional y la expansión de áreas urbanas en zonas de alto riesgo, toda esta información se reunirá de fuentes confiables y oficiales para asegurar la precisión y validez de los datos.

### **3.2. Análisis individual de todas las variables**

Cada variable será analizada de manera individual, comenzando con la acumulación de flujo y la evaluación condicional de los cursos de agua, se llevarán a cabo procesos como el vínculo y la clasificación de los cursos de agua, lo que permitirá identificar las zonas con mayor escorrentía superficial, a través de geoprocetos, se calcularán zonas buffer alrededor de los ríos y quebradas, lo que facilitará la detección de áreas vulnerables a inundaciones.

La precipitación acumulada durante los meses de lluvias, como en abril, será incorporada como uno de los factores más relevantes en el modelo, esto ayudará a entender cómo las lluvias intensas contribuyen a las inundaciones en Pasto, especialmente en áreas cercanas a los cauces de los ríos, al analizar estos datos y variables de forma integrada, será posible identificar de manera precisa las zonas con mayor riesgo de inundación y proponer medidas de mitigación adecuadas para la población y las infraestructuras más afectadas.

### **3.3 Reclasificación del modelo digital de elevación (DEM)**

En este proceso se reclasificará el modelo digital de elevación (DEM) de Pasto, asignando valores según la altitud de las áreas, lo cual es crucial para determinar las zonas más propensas a la acumulación de agua en caso de inundaciones, las áreas más bajas tendrán una mayor probabilidad de sufrir inundaciones, mientras que las zonas más elevadas tendrán una clasificación de menor riesgo, este análisis es esencial para comprender cómo la topografía afecta la distribución del riesgo en el territorio, Calvache, & Chávez. (2020).

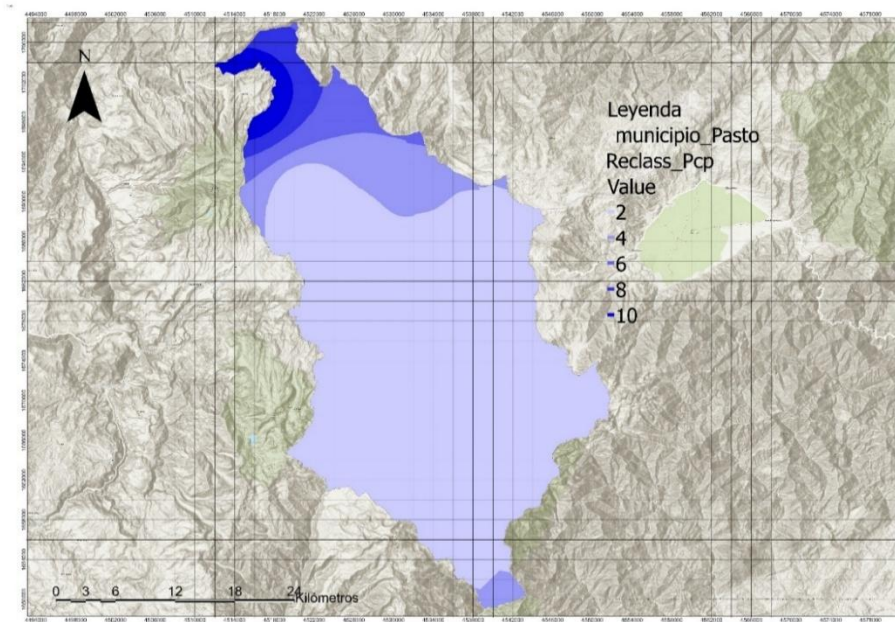


Figura 4. *Reclass precipitación*. Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la figura 3 se observa la clasificación del nivel de precipitación que hay en el municipio de Pasto, Nariño según su color azul, la sección más oscura (azul oscuro) indica el área con mayor acumulación de agua, es decir; que a medida que el color de la figura va disminuyendo la acumulación de agua también disminuye.

**Reclasificación de la pendiente**

La pendiente del terreno es otro factor determinante para la escorrentía superficial, se reclasificarán las pendientes del municipio de Pasto, asignando valores según su inclinación, las zonas con pendientes más pronunciadas estarán asociadas a un mayor riesgo de erosión y deslizamientos, mientras que las pendientes más suaves indicarán áreas más propensas a la acumulación de agua y a inundaciones, este análisis contribuirá a identificar áreas con mayor vulnerabilidad y permitirá realizar un mapeo preciso del riesgo de inundación.

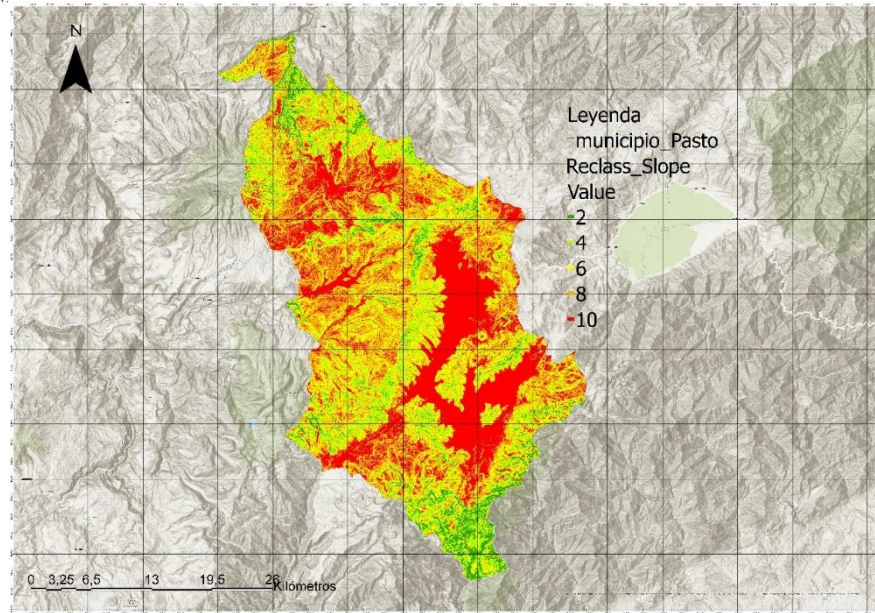


Figura 5. *Reclass pendiente*. Fuente: Elaboración propia, 2025.

En la figura 4 se observa la reclasificación de las pendientes, la inclinación del terreno, utilizando colores o curvas de nivel para indicar diferentes grados de pendiente, se evidencia que la pendiente con el número 2 es una pendiente más pronunciada con mayor inclinación y con menor riesgo de inundación; mientras que la pendiente con el número 10 es una pendiente leve, pero tiene mayor riesgo de inundación.

### 3.4 Reclasificación de la precipitación

Según Benítez, & Gómez. (2021) las precipitaciones son un factor clave en la modelación del riesgo de inundación, en este proceso, se reclasificarán los datos de precipitaciones, especialmente aquellas ocurridas durante los meses críticos de lluvias intensas, como abril, las zonas con precipitaciones más altas recibirán una clasificación de mayor riesgo, ya que las lluvias intensas incrementan significativamente las posibilidades de desbordamiento de ríos y quebradas, la reclasificación de estos datos permitirá identificar las áreas más afectadas por las precipitaciones y su relación con el riesgo de inundación.

### 3.5 Reclasificación de la distancia a los drenajes

La proximidad a los drenajes naturales, como ríos y quebradas, es un factor determinante para evaluar el riesgo de inundación, en este paso, se realizará una reclasificación de la distancia a los drenajes, asignando valores más altos de riesgo a las áreas cercanas a los cuerpos de agua, a medida que se incrementa la distancia a los drenajes, el

riesgo de inundación disminuye, ya que la probabilidad de que el agua se desborde es menor. Este análisis es clave para identificar las zonas con mayor susceptibilidad a las inundaciones, según González J. (2021).

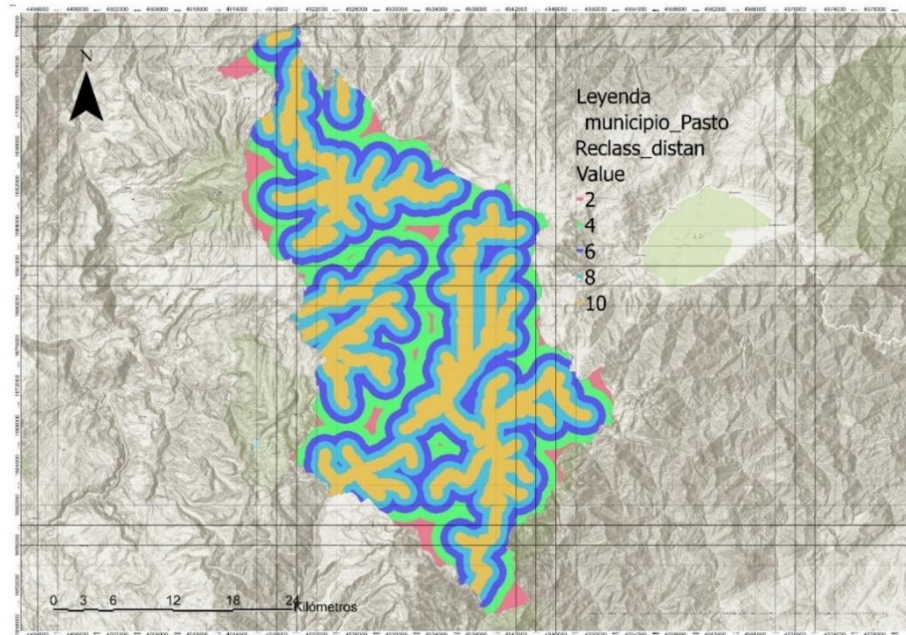


Figura 6. *Reclass distancia de drenajes*. Fuente: Elaboración propia, 2025

En la figura 5 se observa la reclasificación de la distancia de los drenajes y ríos que están situados en el municipio de Pasto, Nariño, este mapa indica cómo se clasifica los ríos y arroyos según su tamaño, forma y densidad, los ríos de orden mayor son los que son más grandes y con mayores afluentes; mientras que los de menor orden son ríos más pequeños.

### 3.6 Reclasificación de la cobertura del suelo

La cobertura del suelo juega un papel esencial en la escorrentía del agua, se reclasificarán las diferentes coberturas de suelo en el municipio de Pasto, identificando áreas urbanizadas, agrícolas, boscosas y otras superficies, las áreas urbanas y agrícolas, con superficies impermeables, tienen una mayor propensión a la acumulación de agua, aumentando el riesgo de inundación, en cambio, las zonas boscosas o naturales, que actúan como esponjas, pueden reducir la escorrentía y el riesgo de inundación, este proceso permitirá evaluar cómo la utilización del suelo afecta el riesgo y contribuye al comportamiento de las inundaciones en el municipio.

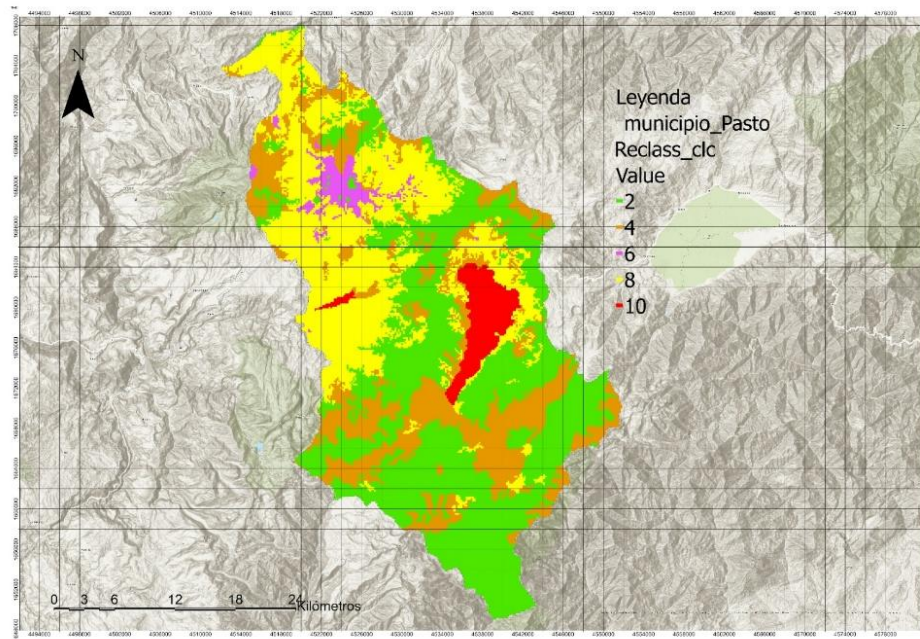


Figura 7. *Reclass cobertura de suelo*. Fuente: Elaboración propia, 2025

En la figura 6 se observa, la reclasificación de la cobertura del suelo del Municipio de Pasto, Nariño; donde se evidencia los diferentes tipos de elementos físicos y biológicos que se encuentran en la superficie terrestre como: bosques, pastizales, cultivos, zonas urbanas, cuerpos de agua entre otros.

### 3.8. Asignación y sumas ponderadas

En este paso, se asignarán ponderaciones relativas a cada variable reclasificada, de acuerdo con su importancia en la determinación del riesgo de inundación en Pasto, a través de la suma ponderada, se integrarán los valores de cada variable (como la pendiente, las precipitaciones, la distancia a los drenajes y la cobertura del suelo) para obtener un mapa detallado del riesgo de inundación en el municipio, las zonas cercanas a los ríos y quebradas, con mayor acumulación de precipitaciones y pendientes pronunciadas, recibirán un peso mayor, lo que reflejará su mayor vulnerabilidad ante eventos de inundación.

### 3.9. Integración mediante análisis multicriterio espacial

El análisis multicriterio espacial permitirá combinar todas las variables reclasificadas y ponderadas para obtener una visión integral del riesgo de inundación en Pasto, este proceso facilitará la identificación de zonas críticas, donde el riesgo de inundación es más alto, al integrar las variables topográficas, climáticas, de uso del suelo y la proximidad a cuerpos de agua.

Con esta integración, se generará un mapa que visualizará claramente las áreas más vulnerables y permitirá tomar decisiones informadas para la gestión del riesgo en el municipio, Pineda, & Suárez. (2022).

#### Validación y análisis de los geoprocesamientos

Para asegurar la precisión y validez de los resultados obtenidos, se llevará a cabo una validación comparando los mapas generados con eventos históricos de inundación registrados en Pasto, este análisis de validación permitirá ajustar y mejorar los modelos utilizados, asegurando que los resultados sean confiables y representativos, además, los mapas temáticos generados serán una herramienta útil para la toma de decisiones, permitiendo a las autoridades locales y a la población en general identificar las zonas con mayor riesgo y tomar medidas preventivas adecuadas.

#### **4. Resultados**

El análisis realizado sobre el riesgo de inundación en el municipio de Pasto ha permitido generar un mapa detallado que visualiza las zonas más vulnerables a inundaciones, tomando en cuenta una variedad de factores geoespaciales y climáticos, a través de la integración de datos como el modelo digital de elevación (DEM), las precipitaciones acumuladas, la pendiente del terreno, la distancia a los drenajes y la cobertura del suelo, se logró identificar áreas críticas que presentan un riesgo alto de inundación.

Este mapa, basado en un enfoque multicriterio, revela la interrelación entre diversos factores y su impacto directo en la susceptibilidad de las zonas del municipio a inundarse durante episodios de lluvias intensas.

De acuerdo a González. (2021) y con base al trabajo realizado, uno de los hallazgos más relevantes fue la identificación de ciertas áreas cercanas a los ríos y quebradas, como el río Pasto, que presentaron una alta acumulación de riesgo, la proximidad a estos cuerpos de agua, combinada con las altas precipitaciones registradas en meses críticos como abril, resultó en una mayor clasificación de riesgo, las áreas urbanas, que han experimentado un crecimiento acelerado en los últimos años, también se encontraron dentro de las zonas de mayor riesgo debido a la alta proporción de superficies impermeables que aumentan la escorrentía superficial.

Además, se observó que las zonas con pendientes más pronunciadas también tienen una mayor probabilidad de sufrir deslizamientos de tierra y escorrentía superficial, lo que agrava aún más la situación de inundación, sin embargo, las áreas de mayor altitud y aquellas que presentan una cobertura forestal densa actuaron como áreas de menor riesgo, ya que estas zonas contribuyen a la absorción de agua y la disminución de la escorrentía, este análisis proporciona una base sólida para la toma de decisiones en cuanto a la planificación territorial

y la gestión del riesgo de inundación en Pasto, los resultados obtenidos ayudarán a priorizar las intervenciones de mitigación y a diseñar estrategias de adaptación que fortalezcan la resiliencia de la población frente a eventos climáticos extremos.

### Clasificación del riesgo

El mapa de riesgo de inundación para la zona de Pasto, Nariño, presenta una clasificación del riesgo basado en un gradiente de colores que varía desde rojo (alto riesgo) hasta verde claro (bajo riesgo), por tanto, se presenta un análisis de la clasificación de los niveles de riesgo:

- **Rojo:** Representa las áreas con *alto riesgo de inundación*, concentradas principalmente en la zona norte. Estas áreas podrían estar sujetas a inundaciones severas debido a su topografía, proximidad a cursos de agua o alta vulnerabilidad a la escorrentía.
- **Naranja/Amarillo:** Indica un riesgo de *moderado a alto*, las áreas en este rango tienen una probabilidad significativa de inundación, pero quizás no tan grave como las zonas en rojo. El riesgo aquí podría estar asociado a una combinación de factores como la proximidad a fuentes de agua y la capacidad de absorción del suelo.
- **Verde claro/Verde:** Corresponde a zonas de *bajo riesgo de inundación*, que probablemente experimenten inundaciones ocasionales o menores, si es que ocurren.

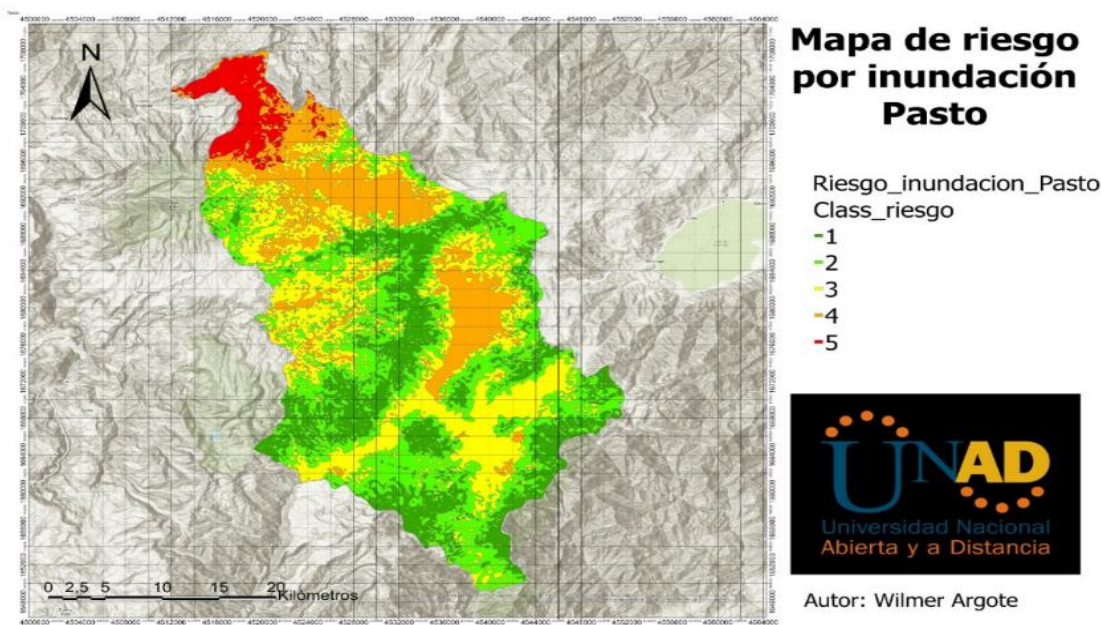


Figura 8. *Mapa de riesgo por Inundación para Pasto, Nariño.* Fuente: Elaboración propia, 2025.

Al examinar la proporción total del territorio evaluado y graficado anteriormente, se observa que una tercera parte del área (más de 34 mil hectáreas) presenta niveles bajos de amenaza, mientras que cerca de una cuarta parte (casi 30 mil hectáreas) se ubica en riesgo medio, por otro

lado, las zonas con mínima exposición a inundaciones suman alrededor de una quinta parte del terreno (aproximadamente 21 mil hectáreas), en cuanto a las áreas más críticas, cerca de una sexta parte del total evaluado (más de 18 mil hectáreas) presenta peligrosidad alta, y cerca de una vigésima parte (alrededor de 5.300 hectáreas) enfrenta un riesgo muy alto.

Estas cifras indican que, si bien las áreas menos amenazadas superan en extensión a las de mayor peligro, aún existe un porcentaje significativo del territorio que requiere intervenciones inmediatas para prevenir daños mayores en temporadas de lluvias extremas.

**Análisis**

La gráfica de barras titulada "Riesgo de Inundación" permite comprender la distribución espacial del riesgo en términos de superficie (hectáreas) asociada a cada nivel de amenaza, en el eje X se presentan cinco categorías de riesgo: Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto, mientras que el eje Y representa la superficie en hectáreas correspondiente a cada una, el análisis visual y cuantitativo de esta gráfica es crucial para entender el nivel de vulnerabilidad del territorio ante eventos hidrometeorológicos, como inundaciones.

La categoría de riesgo más representativa es la de riesgo bajo, con una superficie total de 34.292 hectáreas, lo que indica que una porción significativa del área evaluada presenta una susceptibilidad relativamente baja a las inundaciones, aunque no ausente, a esta categoría le sigue el riesgo medio, que abarca 29.986 hectáreas, también un valor considerable, en conjunto, las categorías de riesgo bajo y medio suman 64.278 hectáreas, lo cual representa la mayor parte del área total analizada, este hallazgo sugiere que, aunque el riesgo grave es limitado, gran parte del territorio aún podría experimentar afectaciones recurrentes o moderadas durante temporadas de lluvias intensas.

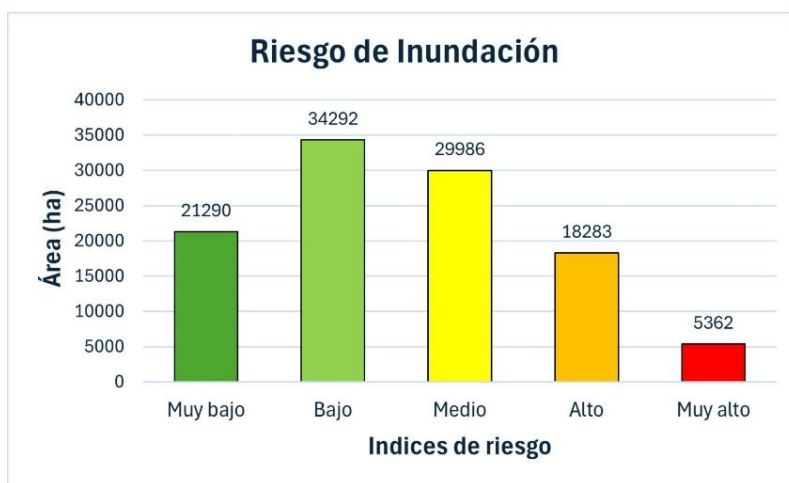


Figura 9. Distribución del riesgo de Inundación. Fuente: Elaboración propia, 2025.

Por otro lado, el riesgo muy bajo ocupa 21.290 hectáreas, concentrándose, en su mayoría, en las partes más elevadas del área geográfica, como zonas surorientales del municipio de Pasto, estas regiones, por sus características topográficas altitud, pendiente y capacidad de drenaje, presentan menor probabilidad de inundación y, por lo tanto, se consideran de baja prioridad en cuanto a medidas estructurales urgentes, aunque es recomendable mantener un sistema de monitoreo constante.

### **Comparación de áreas por categorías de riesgo**

En términos porcentuales, del total del área evaluada para el riesgo de inundación (109.213 hectáreas), aproximadamente el 31,4% corresponde a zonas de riesgo bajo (34.292 ha), mientras que un 27,5% está clasificado en riesgo medio (29.986 ha), las áreas de riesgo muy bajo representan el 19,5% (21.290 ha).

En contraste, las zonas de riesgo alto cubren el 16,7% (18.283 ha), y las de riesgo muy alto abarcan el 4,9% (5.362 ha), esta distribución porcentual muestra un equilibrio parcial entre las áreas en riesgo medio y bajo frente a aquellas con mayor vulnerabilidad, aunque la proporción de zonas con niveles críticos sigue siendo significativa.

### **Áreas con mayor riesgo alto y muy alto**

Las zonas que presentan riesgo alto (18.283 ha) y riesgo muy alto (5.362 ha) suman un total de 23.645 hectáreas, lo que representa el 21,6% del área total evaluada, estas áreas se concentran principalmente en zonas cercanas a cuerpos de agua o regiones con infraestructura deficiente de drenaje pluvial, la alta vulnerabilidad de estas regiones implica riesgos directos para la vida, las viviendas y los medios de subsistencia de la población, por lo tanto, es necesario implementar estrategias urgentes de mitigación, como obras de contención, sistemas de alerta temprana y programas de reubicación para las comunidades en mayor riesgo.

### **Áreas con menor riesgo**

Las zonas con riesgo muy bajo (21.290 ha) y riesgo bajo (34.292 ha) representan un total de 55.582 hectáreas, es decir, el 50,9% del área total evaluada, estas áreas se caracterizan por una topografía favorable, baja exposición a cuerpos de agua y posiblemente una infraestructura más adecuada para el manejo del recurso hídrico.

Aunque presentan un menor riesgo, no deben ser ignoradas, ya que el cambio climático y la urbanización no planificada podrían alterar sus condiciones, la planificación preventiva y el monitoreo constante son claves para mantener estas zonas en niveles de seguridad aceptables.

## **Análisis Integral**

El análisis integral de la distribución de riesgo de inundación evidencia que más de la mitad del territorio evaluado (56.272 ha) se encuentra en condiciones de riesgo medio a muy alto, lo que implica un reto considerable para la gestión territorial y la protección de la población, si bien las áreas de menor riesgo superan ligeramente a las de alto riesgo, la amenaza sigue siendo considerable, se requiere una planificación integral que combine medidas estructurales (infraestructura, drenajes, canales) con estrategias no estructurales (educación comunitaria, monitoreo hidrometeorológico, ordenamiento del territorio) para reducir la vulnerabilidad y fortalecer la resiliencia de las comunidades ante eventos de inundación.

## **5. Conclusiones**

El análisis realizado sobre el riesgo de inundación en el municipio de Pasto, Nariño, ha demostrado la efectividad de utilizar herramientas geoespaciales como ArcGIS Pro para la identificación y evaluación de zonas vulnerables a este fenómeno, a través del enfoque multicriterio, se logró integrar variables claves como el modelo digital de elevación, las precipitaciones, la pendiente del terreno, la cobertura del suelo y la proximidad a drenajes, lo que permitió generar un mapa preciso del riesgo de inundación en el territorio, este enfoque metodológico se demostró como una herramienta poderosa para la gestión del riesgo, facilitando la visualización de las áreas más afectadas y proporcionando información crucial para la toma de decisiones.

Uno de los hallazgos más significativos fue la identificación de zonas cercanas a los ríos y quebradas, que fueron clasificadas como de alto riesgo debido a la combinación de factores como la proximidad a cuerpos de agua y las precipitaciones intensas en meses críticos, las áreas urbanas, debido al crecimiento acelerado y la expansión desordenada, también presentaron un alto riesgo, principalmente por la falta de áreas permeables que favorezcan la absorción del agua, por otro lado, las zonas de mayor altitud y cobertura forestal densa mostraron menores niveles de riesgo, lo que subraya la importancia de la conservación de los ecosistemas naturales para mitigar el impacto de las inundaciones.

En conclusión, los resultados obtenidos permiten concluir que el enfoque utilizado proporciona una visión integral y detallada del riesgo de inundación en Pasto, estos hallazgos no solo contribuyen a la comprensión del comportamiento de las inundaciones en la región, sino que también ofrecen una base sólida para el diseño de políticas públicas y estrategias de adaptación al cambio climático, es fundamental que las autoridades locales y la comunidad en general utilicen estos mapas y datos para implementar medidas de prevención y mitigación que reduzcan la vulnerabilidad de las áreas más afectadas por las inundaciones.

## 5.1 Recomendaciones

Una de las principales recomendaciones derivadas de este análisis es la necesidad de mejorar la planificación territorial en Pasto, priorizando la gestión del riesgo de inundación en las zonas más vulnerables identificadas en el estudio, es crucial que las autoridades locales tomen en cuenta los resultados de este análisis para desarrollar estrategias de ordenamiento territorial que consideren tanto las dinámicas del crecimiento urbano como la preservación de las áreas naturales que actúan como reguladoras del riesgo, como las zonas de cobertura forestal.

Además, se recomienda promover la implementación de infraestructuras verdes y soluciones basadas en la naturaleza, como la restauración de zonas de humedales y la creación de espacios verdes urbanos, que ayuden a mitigar la escorrentía y a mejorar la capacidad de absorción de las precipitaciones, la expansión urbana debe ir acompañada de un enfoque sostenible, en el que se prioricen proyectos de urbanización que respeten las áreas de mayor riesgo y favorezcan la permeabilidad del suelo, con el fin de reducir el impacto de las inundaciones en la población y la infraestructura.

Otra recomendación importante es fortalecer la gestión de los recursos hídricos mediante la construcción de sistemas de drenaje pluvial eficientes, especialmente en las zonas urbanas de mayor riesgo, se debe mejorar la capacidad de los sistemas de drenaje para evacuar el agua de manera rápida y eficiente durante los eventos de lluvias intensas, lo que permitirá reducir el riesgo de inundaciones repentinas.

Por último, es fundamental que las autoridades locales, en colaboración con la comunidad, implementen programas de sensibilización y educación sobre los riesgos de inundación, fomentando la participación activa de la población en la identificación de zonas de riesgo y en la adopción de medidas preventivas, la preparación de los ciudadanos ante situaciones de emergencia y la planificación de evacuaciones son aspectos clave para reducir los impactos de las inundaciones y aumentar la resiliencia del municipio frente a fenómenos climáticos extremos.

## 6. Referencias

ArcGis Desktop. (S.F). ¿Qué son los datos ráster? ArcGis. (S.F).

<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/manage-data/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>

Benítez, K., & Gómez, D. (2021). Zonificación por susceptibilidad a fenómenos de inundación en el área de influencia urbana de la quebrada Chapal en San Juan de Pasto, Nariño.

<http://sired.udenar.edu.co/1010/>

Calvache, & Chávez. (2020). Análisis multitemporal de la cobertura en la Microcuena Mijitayo, municipio de Pasto, departamento de Nariño.

<http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/7759>

Morales. (2021). Diferencias entre las coordenadas geográficas y proyectadas.

González. (2021). Propuesta metodológica basada en un análisis multicriterio para la identificación de zonas de amenaza por deslizamientos e inundaciones. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(8), 59–70. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=7d5a99fe-dbcf-33b6-943e-dd92eebf52b6>

Pineda, & Suárez. (2022). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(3), 28–32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262041005>

#### **7. Enlace de sustentación:**

<https://youtu.be/b95Pk1VM1zI>