

## **Modelación y análisis del riesgo de inundación en el municipio de Paipa mediante Sistemas de Información Geográfica**

Jenny Liceth Leandro Pacheco [jlleandrop@unadvirtual.edu.co](mailto:jlleandrop@unadvirtual.edu.co)  
Laura Nataly Martínez Palacios [lnmartinezpal@unadvirtual.edu.co](mailto:lnmartinezpal@unadvirtual.edu.co)  
Erika Yurany Castro Rodríguez [eycastroro@unadvirtual.edu.co](mailto:eycastroro@unadvirtual.edu.co)  
Julián David Santiago Monroy [Jdsantiagom@unadvirtual.edu.co](mailto:Jdsantiagom@unadvirtual.edu.co)  
Rolando Santos Santos director/tutor [rolando.santos@unad.edu.co](mailto:rolando.santos@unad.edu.co)

### **Resumen**

Este trabajo relata el proceso de elaboración de un mapa vectorial de riesgo de inundación para el municipio de Paipa, en el departamento de Boyacá, Colombia, a partir de información geoespacial y un análisis hidrológico. Se obtuvo la información del Modelo Digital de Elevación (DEM), mapas de pendiente, mapas de cobertura del suelo, red hidrográfica y datos pluviométricos, que se procesaron y reclasificaron para obtener las variables de vulnerabilidad. La integración por suma ponderada permitió generar un mapa de riesgo continuo, clasificado en cinco niveles para la susceptibilidad a los riesgos de inundación: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. La validación con los eventos históricos de 2012, 2016, 2017 y 2022 permitió evidenciar la efectividad del modelo. Este producto se convierte en una herramienta estratégica para la planificación territorial, gestión de la gestión ambiental, y para mitigar los riesgos en áreas propensas a inundaciones.

*Palabras claves:* riesgo de inundación; SIG; mapa vectorial; vulnerabilidad; planificación territorial.

### **Introducción**

La presente investigación se centra en la elaboración de un mapa vectorial de la vulnerabilidad de inundación del municipio de Paipa con el objetivo de identificar las distintas zonas con diferentes niveles de vulnerabilidad a la ciénaga ocasionada por un evento hidrológico extremo. La importancia de tal análisis radica en que puede realizar una información exacta que puede direccionar la planificación territorial y la gestión ambiental, en la medida en que incorporan con los factores naturales y antrópicos que condiciona la vulnerabilidad del territorio.

El municipio de Paipa ocupa una amplitud de la cuenca media del río Chicamocha, completamente repartido en una configuración morfológica todo tipo de quebradas, laderas, terrazas intermedias y planicies bajas que podrían determinar la dinámica de las aguas de escorrentía e introducción a las aguas superficiales. La organización de la red hidrográfica, que forma parte del principal río con sus afluentes secundarios, da mayor razón para proceder con una investigación más específica para evaluar la vulnerabilidad alrededor del área.

La metodología aplicada incluye recoger algunos datos geoespaciales definatorios del reciente proyecto, como el Modelo Digital de Elevación (DEM), los mapas de pendiente, la cobertura del suelo, los registros pluviométricos y la red del agua, para poder generar variables que puedan expresar de forma cuantitativa el riesgo de inundación. Esta metodología es la conjunción de técnicas del análisis hidrológico y el análisis espacial, la cual permite clasificar territorialmente el área de estudio en niveles de riesgo jerárquicos que van desde muy bajo hasta muy alto, facilitando también la interpretación como el aporte a la toma de decisiones.

La validación de los resultados obtenidos se realiza a partir de la evidencia documentada para el municipio de Paipa, correspondiente a los eventos de inundación ocurridos en los años 2012, 2016,

2017 y 2022, en los cuales se evidencian patrones de recurrencia y vulnerabilidad territorial. El mapa vectorial de riesgo constituye una herramienta práctica para la mitigación del riesgo, la planificación territorial y la protección de la población y la infraestructura, y sirve como base para la gestión de otros proyectos, las intervenciones de carácter ambiental y la prevención de desastres.

### **Objetivos General**

Elaborar un mapa vectorial de riesgo de inundación del municipio de Paipa mediante el análisis de variables geoespaciales, con el fin de apoyar la planificación territorial y la gestión ambiental.

### **Específicos**

1. Recolectar y preparar la información geoespacial necesaria, incluyendo el Modelo Digital de Elevación (DEM), cartografía de pendientes, cobertura del suelo, precipitación y red hidrográfica del municipio de Paipa.
2. Analizar las variables derivadas del DEM y los insumos hidrometeorológicos para determinar la susceptibilidad del territorio a inundaciones mediante métodos hidrológicos y espaciales.
3. Integrar las variables reclasificadas mediante un método de suma ponderada para generar el mapa vectorial de riesgo de inundación.
4. Validar el mapa obtenido mediante la comparación con eventos históricos de inundación registrados en el municipio.

### **Identificación del caso de estudio**

El municipio objeto de estudio es Paipa, ubicado en el departamento de Boyacá, Colombia, dentro de la cuenca media del río Chicamocha. El territorio presenta una morfología variada, caracterizada por laderas inclinadas, terrazas intermedias y planicies bajas, condiciones que influyen en la dinámica de la escorrentía y la acumulación de aguas superficiales. La red hidrográfica del municipio está conformada por el río Chicamocha y sus afluentes secundarios, configuración que genera sectores con distintos niveles de susceptibilidad a inundaciones.

En cuanto a la cobertura del suelo, el municipio de Paipa cuenta con áreas de alta densidad poblacional, zonas agrícolas productivas y ecosistemas naturales, factores que incrementan la incidencia de los fenómenos de inundación sobre la infraestructura, la población y la actividad económica. Su localización dentro de la cuenca media y alta del río Chicamocha permite considerarlo un caso representativo para el estudio del riesgo hídrico.

La selección de Paipa se sustenta en el registro histórico de eventos de inundación, entre los que se destacan crecidas significativas ocurridas en los años 2012, 2016, 2017 y 2022, con afectaciones tanto en zonas urbanas como rurales. Adicionalmente, la disponibilidad de información geoespacial confiable, como el Modelo Digital de Elevación (DEM), cartografía de pendientes, cobertura del suelo y registros hidrometeorológicos, posibilita un análisis detallado del riesgo. En este contexto, el estudio tiene como propósito generar un producto técnico orientado a la planificación territorial, la gestión del riesgo y la mitigación de eventos de desastre en el municipio.

### **Metodología**

#### **1. Preparación de los datos geoespaciales**

Los preparativos del mapa de riesgo de inundación del municipio de Paipa comenzaron con la recogida de los datos geoespaciales necesarios. Entre ellos se mencionan el Modelo Digital de Elevación (DEM), la pendiente, la ocupación del suelo, los datos de precipitación, la red hidrográfica del municipio, etc. Los datos se re proyectaron a un sistema de coordenadas

homogéneo y posteriormente se corrigieron en el DEM utilizando Fill, que eliminó las depresiones espurias y garantizó un flujo hidrológicamente consistente y fiable.

## **2. Derivación de las variables y el análisis hidrológico**

Con el DEM se generaron variables, como la pendiente, la dirección de flujo y la acumulación, permitiendo detectar zonas con convergencia y corredores de escorrentía. La red de drenajes principales fue creada en primer lugar en raster y luego convertida a polígono para poder integrar posteriores insumos al análisis vectorial. Cada factor fue evaluado y considerado en relación con el riesgo de inundación, teniendo en cuenta la topografía, la distancia a los cuerpos de agua y la capacidad de infiltración del suelo.

## **3. Reclasificación e integración de factores**

Cada una de las variables fue reclasificada a una escala de riesgo homogénea, asignándose valores desde los de menor a los más altos niveles de vulnerabilidad. La integración de factores se realizó por medio de un método de suma ponderada, en el cual se suministró a cada factor un peso relativo a su aportación riesgo global. Todo este proceso permitió elaborar un mapa continuado de riesgo potencial, el cual mostraba de forma cuantitativa las áreas de mayor susceptibilidad a inundación.

## **4. Transformación a mapa vectorial**

El mapa continuo de riesgo potencial fue transformado al formato vectorial usando la herramienta de ráster a polígono, con el suavizado geométrico y la disolución por categorías. Esta transformación propició que se llegara a obtener transiciones más naturales entre áreas con distinto riesgo, aunque también se logró obtener límites en sintonía con la geomorfología del terreno. La clasificación fue de finales de cinco niveles jerarquizados: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto y sin que ello supusiera pérdida de coherencia con los valores del modelo original.

## **5. Análisis final y validación**

Los resultados fueron corroborados por eventos históricos de inundación documentados en Paipa como son las crecidas del río Chicamocha y las afectaciones que se presentaron dentro de los años 2012, 2016, 2017 y 2022. De esta manera se realizaron los cálculos del área de las distintas categorías de riesgo dentro de los distintos gráficos de la distribución porcentual, y para lograr la mejor interpretación de la relación entre la extensión territorial de la amenaza frente al nivel, se elaboró una representación gráfica del mismo a partir de un mapa de vector, método que permite la obtención de las áreas correspondientes a las distintas categorías de riesgo y que asegura que el producto final sirva para representar de la manera más certera la vulnerabilidad del municipio que se ha evaluado, sirviendo a su vez como un instrumento de trabajo para poder realizar la planificación territorial, la mitigación del riesgo y la gestión ambiental.

## **Resultados**

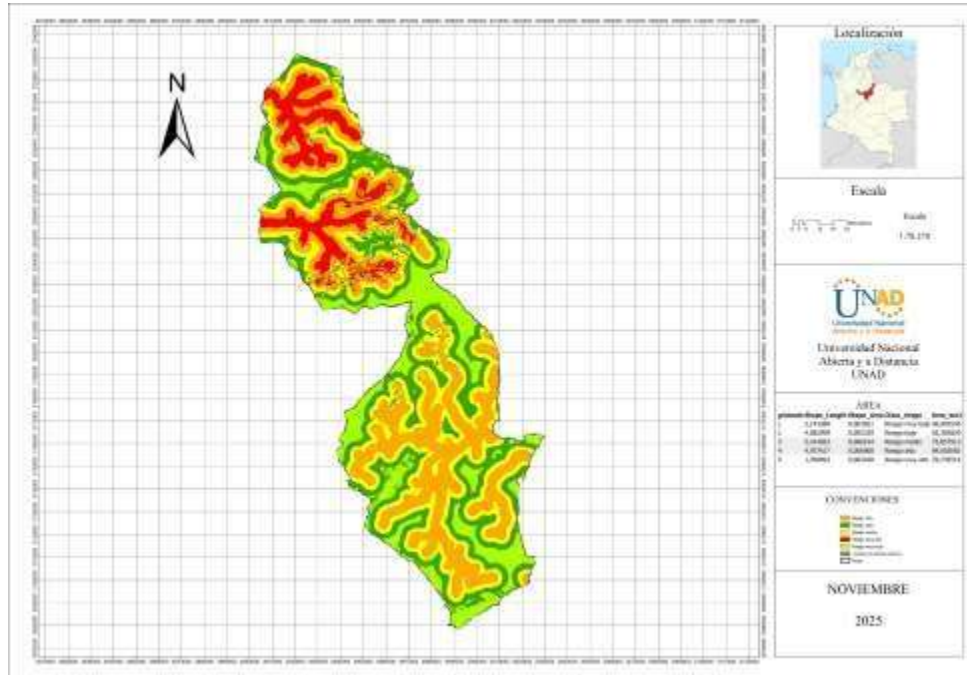
### **Mapa vectorial final del riesgo del municipio de Paipa**

El principal resultado del procedimiento corresponde al mapa vectorial de riesgo de inundación, obtenido a partir de la conversión del modelo de riesgo continuo a geometrías poligonales. Este producto representa de manera clara y suavizada las cinco clases de riesgo, permitiendo transiciones más naturales entre áreas contiguas y delimitaciones coherentes con la geomorfología del terreno, la red de drenaje y la estructura espacial del municipio. La clasificación final se mantuvo en cinco categorías jerarquizadas (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), conservando la escala de valores y la simbología definidas en el modelo original.

La principal conclusión del trabajo da lugar al mapa vectorial del riesgo de inundación del municipio de Paipa que recoge la síntesis del resultado de esa integración espacial de las variables

hidrológicas, topográficas y del uso del suelo analizadas. En la Figura 1 se aprecia la distribución espacial de las cinco categorías de riesgo (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) y se pone de manifiesto una diferenciación de la ocupación municipal, la cual es coherente con la geomorfología y la red de drenaje del municipio.

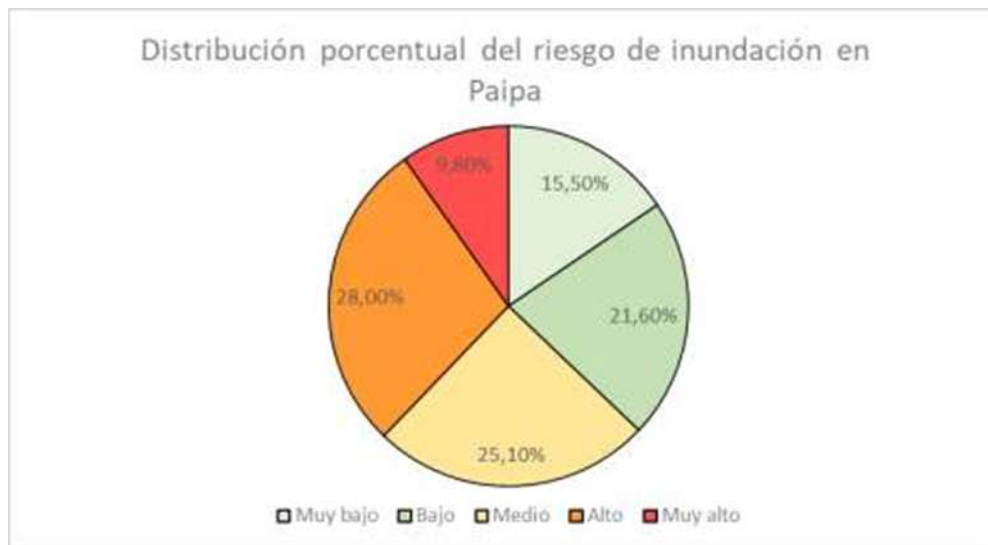
Figura 1 Mapa vectorial de riesgo de inundación del municipio de Paipa.



**Nota:** Mapa final vectorial generado para la Fase 6, con polígonos suavizados y categorizados entre valores de 1 a 5. Fuente elaboración propia (2025)

La integración de las variables reclasificadas se fundamentó en el método de suma ponderada, con el objetivo de obtener una superficie continua de riesgo potencial. Los resultados obtenidos aparecen en la Figura 2 correspondiente a dicha suma, donde se aprecia la interacción conjunta de los factores tenidos en cuenta antes de la reclasificación final en categorías discretas de riesgo

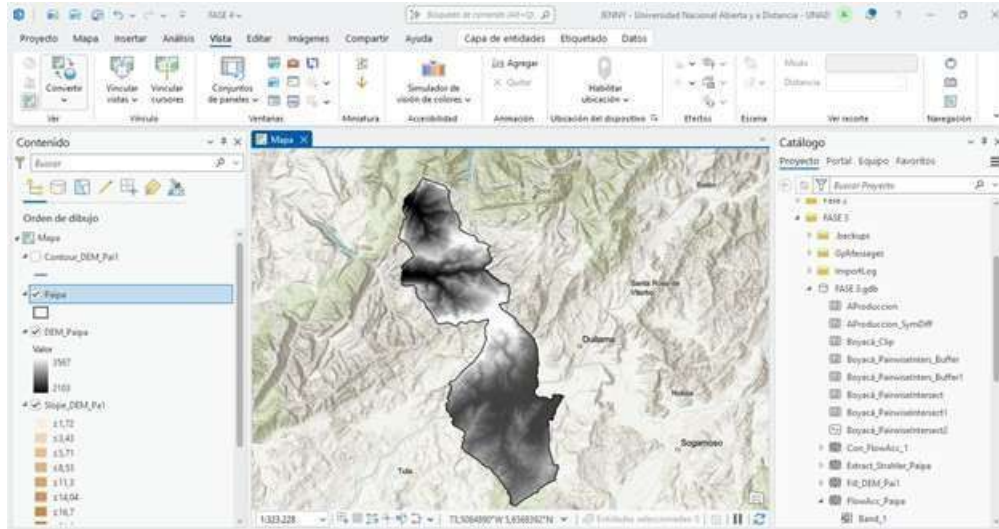
Figura 2 Resultado de la suma ponderada de factores del municipio.



**Nota:** Integración de los cinco factores reclasificados antes de la reclasificación final del riesgo. Fuente elaboración propia (2025)

El análisis hidrológico se basó en el Modelo Digital de Elevación, a partir del cual se derivaron variables determinantes de la identificación de zonas susceptibles a inundación. La Figura 3 refleja el DEM original utilizado como insumo base para el análisis.

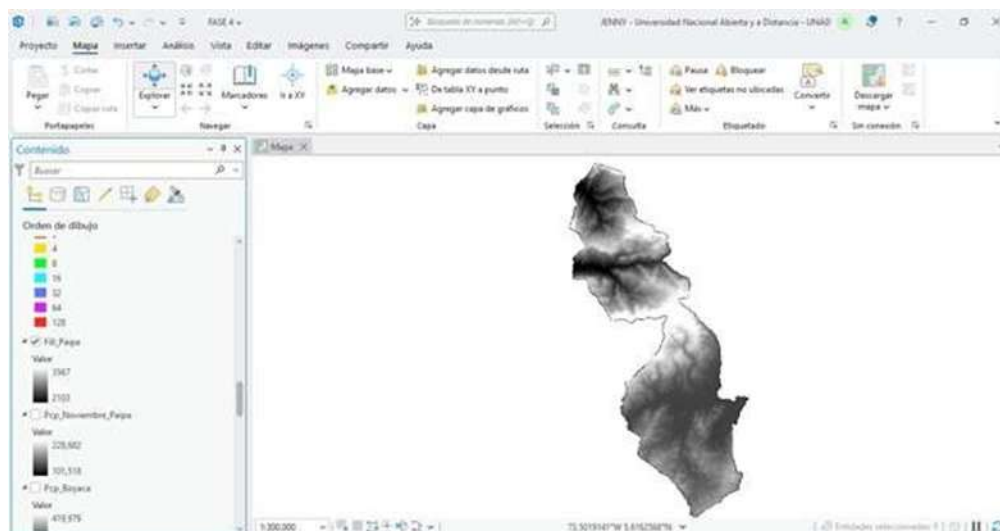
Figura 3 Modelo de Elevación Digital (DEM).



**Nota:** Superficie inicial empleada para derivar pendiente y drenajes. Fuente. Elaboración propia (2025)

Con el propósito de asegurar la coherencia hidrológica del modelo, el DEM fue corregido a partir del procedimiento Fill, eliminando depresiones espurias que pudieran falsificar el flujo superficial. Los resultados de dicha corrección se representan en la Figura 4.

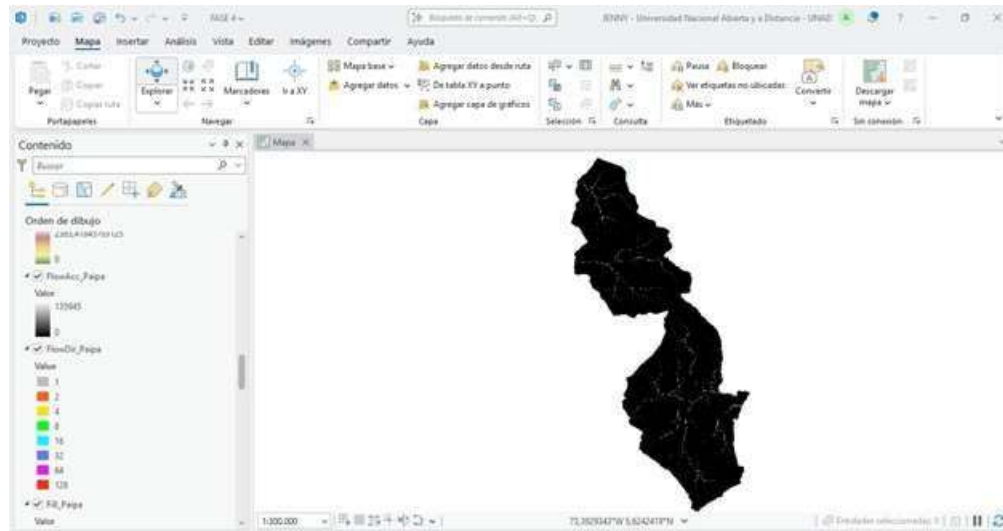
Figura 4 DEM corregido mediante Fill.



**Nota:** Eliminación de depresiones espurias para garantizar flujo continuo. Fuente. Elaboración propia (2025)

A partir del DEM corregido, se obtuvo el raster de acumulación de flujo, lo que significó la identificación de las zonas de convergencia del escurrimiento superficial. Este resultado se presenta en la Figura 5.

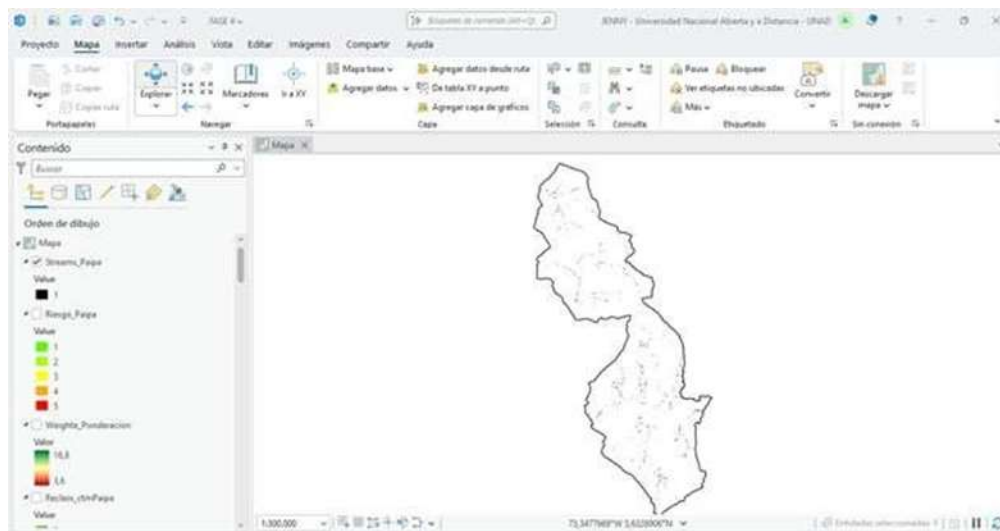
Figura 5 Raster de acumulación de flujo.



**Nota:** Representación de zonas donde converge el escurrimiento superficial. Fuente. Elaboración propia (2025)

La red de drenaje principal fue extraída por la aplicación de un umbral de acumulación que permitió la delimitación de los cauces con mayor relevancia hidrológica. En la Figura 6 se presenta el resultado de este procedimiento.

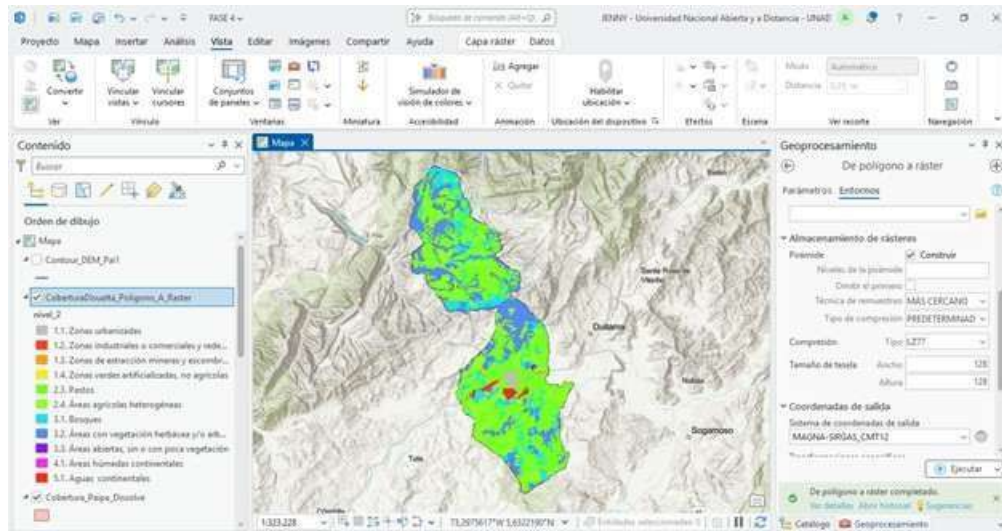
Figura 6 Drenajes obtenidos mediante umbral de acumulación.



**Nota:** Red de drenajes principales calculada a partir del raster de acumulación. Fuente. Elaboración propia (2025)

Con la finalidad de integrar la red de drenaje dentro del análisis vectorial, los cauces obtenidos fueron convertidos a poligonales. Este procedimiento y su resultado se presentan en la Figura 7.

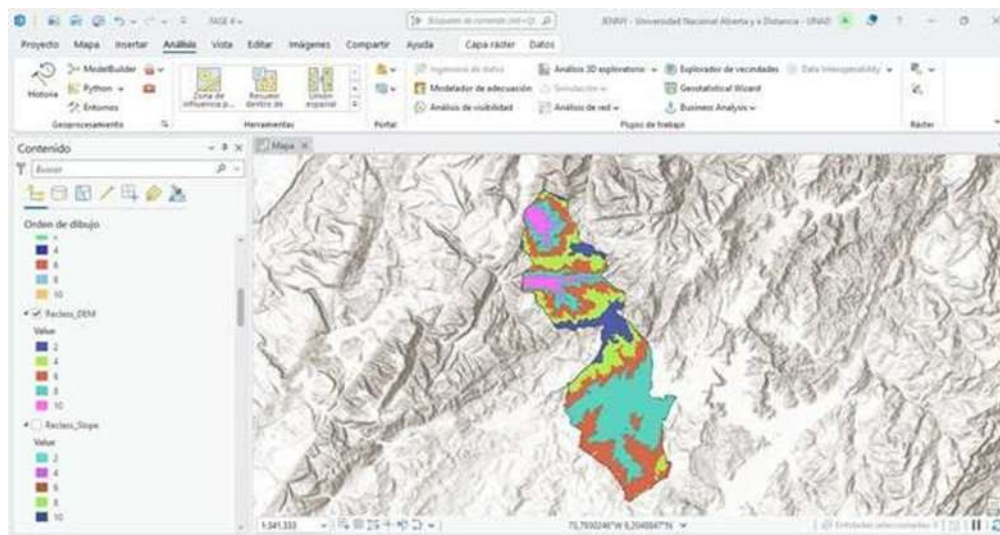
Figura 7 Drenajes convertidos a polígono mediante Raster to Polygon.



**Nota:** Conversión requerida para el análisis de distancia y procesos vectoriales. Fuente. Elaboración propia (2025)

Cada una de las variables que se han considerado dentro del modelo fue objeto de un proceso de reclasificación en el que se otorgaron valores en función del nivel de contribución al riesgo de inundación. En la figura 8 se presenta la reclasificación del Modelo Digital de Elevación en función de los rangos altitudinales.

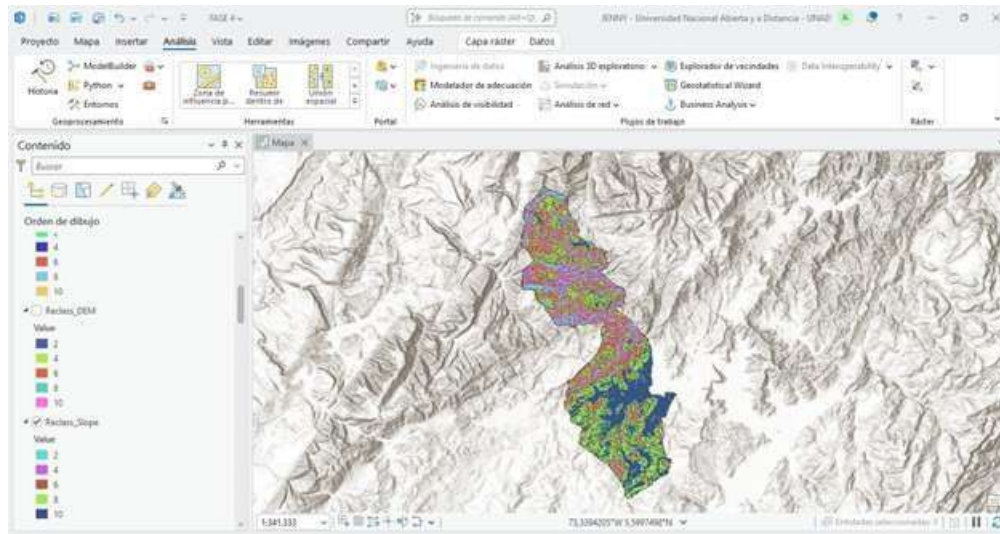
Figura 8 Reclasificación del DEM. Nota: Asignación de valores según rangos altitudinales.



**Nota.** Asignación de valores de susceptibilidad según rangos altitudinales. Fuente. Elaboración propia (2025)

La pendiente de un terreno, puede definirse como la inclinación que tiene el mismo. Por ello, la pendiente representa uno de los elementos más importantes en el flujo de escorrentía superficial, tal y como se ha comentado anteriormente. La clasificación de la pendiente será la presentada en la Figura 9, donde se diferencian las zonas de inclinaciones suaves y abruptas.

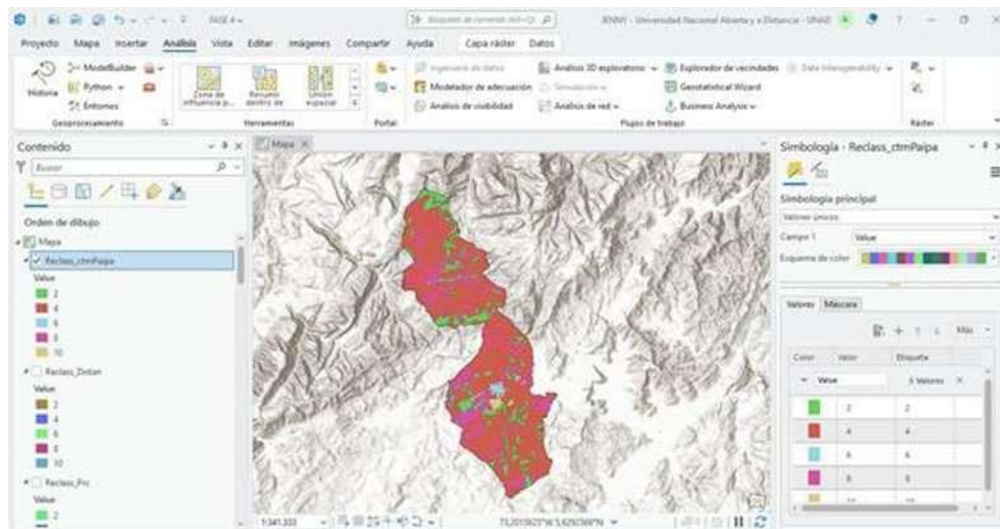
Figura 9 Reclasificación de la pendiente.



**Nota:** Diferenciación de zonas con inclinaciones suaves y abruptas. Fuente. Elaboración propia (2025)

El uso y la cobertura del suelo también influyen en el funcionamiento de la capacidad de infiltración, a la vez que también pueden ocurrir escorrentías. Para esta variable se presenta la reclasificación correspondiente, la cual podemos observar en la Figura 10.

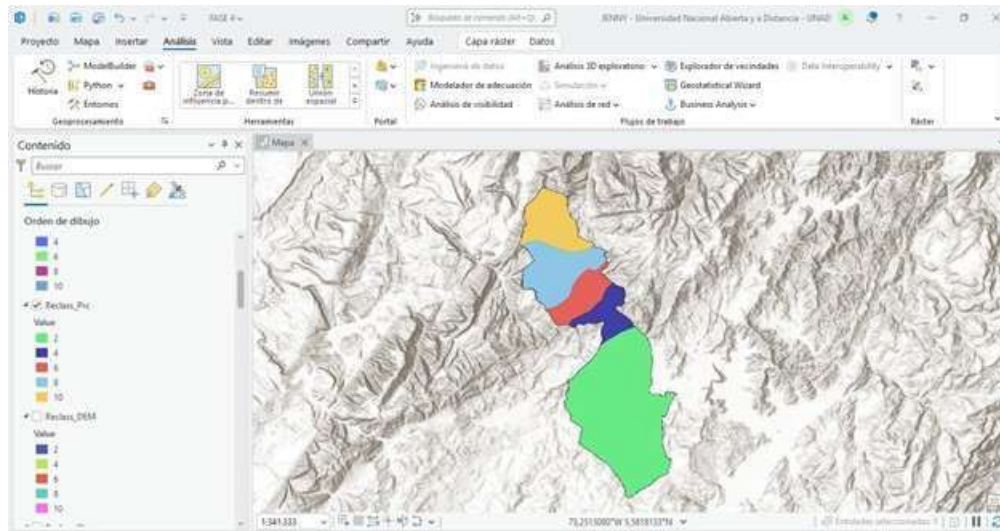
Figura 10 Reclasificación de la cobertura de tierras.



**Nota:** Considera infiltración, uso del suelo y susceptibilidad en cada categoría.

La variable de precipitación fue clasificada teniendo en cuenta una serie de rangos de incrementos de lluvia mensual, donde la precipitación mensual puede incurrir en el incremento del flujo de escorrentía superficial y, de manera importante, en la presencia de eventos de inundación. El resultado de esta clasificación es el que se puede observar en la Figura 11.

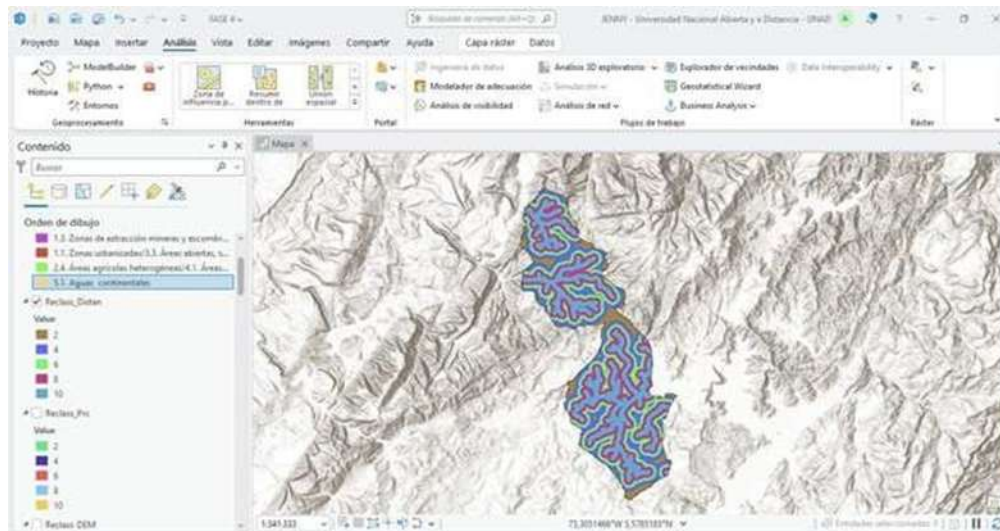
Figura 11 Reclasificación de la precipitación.



**Nota:** Asignación según rangos de intensidad de lluvia mensual.

La distancia a los drenajes principales, dado que se puede considerar como un aspecto de vulnerabilidad, dado que las zonas localizadas más cerca de los cauces presentan mayores riesgos de inundaciones. La reclasificación de esta variable podemos observarla en la Figura 12.

Figura 12 Reclasificación de la distancia a drenajes.



**Nota:** Expresa vulnerabilidad según cercanía a los cauces principales.

### Tabla de áreas por categoría de riesgo

La estimación de las áreas por capas disueltas ha permitido realizar el cálculo y la medición de la superficie total correspondiente a cada una de las categorías, que se presenta en la tabla siguiente y que se expresa en kilómetros cuadrados.

Con el propósito de poder cuantificar la extensión territorial que corresponde a cada nivel de riesgo, se realizó el cálculo de áreas a partir de las geometrías finales del mapa vectorial y la Tabla 1 es la que presenta la superficie, expresada en kilómetros cuadrados, correspondiente a cada categoría de riesgo de inundación en el municipio de Paipa.

Tabla 1 Área por categoría de riesgo en Paipa (km<sup>2</sup>).

Categoría de riesgo	Área (km <sup>2</sup> )
Muy bajo	46.80
Bajo	65.38
Medio	75.86
Alto	84.60
Muy alto	29.73

Nota: Datos obtenidos de la geometría final disuelta en la Fase 6. Fuente. Elaboración propia (2025)

El análisis totalmente conjunto de la Tabla 1 y la representación gráfica asociada permite poder percatarse de que las categorías de riesgo alto y medio aglutinan la mayor proporción del territorio municipal, es decir, existe una manifestación significativa en cuanto a la exposición de la municipalidad frente a eventos inundativos y reafirma la urgencia de priorizar la gestión de estas zonas en los procesos de planificación del territorio y de gestión de riesgo.

### Análisis técnico de los resultados

El análisis espacial del mapa vectorial muestra que una proporción considerable del territorio municipal se encuentra ocupada por las categorías de riesgo bajo, medio y alto, situación coherente con el modelo territorial vigente y con los patrones naturales que condicionan la susceptibilidad a inundaciones. Las zonas clasificadas con riesgo alto abarcan una superficie de 84,60 km<sup>2</sup>, constituyéndose en la categoría de mayor extensión dentro del área analizada. Estos sectores presentan una convergencia de factores ambientales que incrementan la vulnerabilidad, como pendientes favorables, proximidad a drenajes secundarios, suelos con menor capacidad de infiltración y mayor susceptibilidad a procesos erosivos. La continuidad espacial de estas áreas evidencia corredores naturales donde la acumulación superficial y la dinámica hidráulica tienden a concentrarse.

La categoría de riesgo medio comprende una superficie de 75,86 km<sup>2</sup> y representa el segundo grupo más significativo en términos de extensión territorial. Estas zonas corresponden a áreas de transición entre sectores estables y sectores con mayor susceptibilidad, generalmente asociadas a pendientes suaves, cercanía moderada a cursos hídricos y condiciones favorables para acumulaciones temporales de agua. Su distribución espacial indica que la amenaza puede intensificarse durante episodios de lluvia, tal como se ha registrado en eventos históricos con afectaciones intermitentes en el municipio.

Las zonas de riesgo bajo ocupan una superficie de 65,38 km<sup>2</sup> y se localizan principalmente en áreas con morfología favorable, pendientes suaves, suelos con buen drenaje y mayor distancia respecto a las zonas de acumulación de flujo. Estas áreas pueden considerarse espacios amortiguadores dentro del sistema hídrico, con baja probabilidad de inundación bajo condiciones normales.

Las zonas clasificadas con riesgo muy bajo representan la mayor estabilidad frente a procesos de inundación, con una extensión de 46,80 km<sup>2</sup>. Estas se localizan principalmente en terrazas, laderas altas y sectores alejados de los sistemas de drenaje activos. En contraste, las zonas de riesgo muy alto ocupan la menor superficie, con 29,73 km<sup>2</sup>, aunque presentan una elevada relevancia para la gestión territorial. Estos sectores concentran múltiples factores de vulnerabilidad, como cercanía a los cauces, pendientes convergentes, altos niveles de acumulación de flujo y suelos con baja capacidad de infiltración. Su localización coincide con áreas históricamente afectadas durante periodos de lluvias intensas.

La integración espacial de las categorías de riesgo evidencia que el municipio se encuentra expuesto a un continuo de amenaza, determinado por características topográficas, hidrológicas y ambientales. Esta distribución respalda la consistencia del modelo y fortalece la validez de los

resultados obtenidos, permitiendo priorizar intervenciones estructurales y no estructurales en las zonas clasificadas con riesgo alto y muy alto.

### **Producto final entregable**

El resultado final resultante de esta primera fase se compone de las siguientes secciones: los resultados constituidos en el mapa vectorial del riesgo de inundación; la tabla de áreas por categorías o niveles de riesgo; y el análisis técnico que detalla el riesgo de inundación en Paipa. Estos tres elementos en conjunto permiten realizar una interpretación integral del comportamiento que adopta el riesgo en su expresión espacial en Paipa, y constituyen entonces las bases para la toma de decisiones orientadas hacia la mitigación del riesgo, la planificación territorial y la gestión ambiental.

### **Contexto histórico y evidencia empírica de riesgo de inundación**

El registro histórico indica que las lluvias intensas y los eventos de inundación han afectado de manera recurrente al municipio de Paipa y la cuenca del río Chicamocha, aspecto que sustenta técnicamente la modelación de la amenaza hídrica desarrollada. Uno de los eventos más documentados ocurrió en el año 2012, cuando una creciente del río Chicamocha provocó el desbordamiento del cauce y generó afectaciones masivas, con al menos 500 familias damnificadas, según reportes de medios de comunicación nacionales (El Tiempo, 2012). Este antecedente evidencia que el comportamiento hidrológico del río puede superar la capacidad natural de contención y afectar directamente áreas habitadas del municipio.

Además, el gobierno municipal reporta por medio de las iniciativas del arzobispado que el 11 de marzo de 2016 un evento de lluvias intensas ocasionó fallas en el sistema de alcantarillado urbano y generó inundaciones en el centro de Paipa, afectación de viviendas y daños en locales comerciales y hoteleros (Alcaldía Municipal de Paipa, 2016). La información señala que los factores de riesgo no provienen solamente del cauce natural del río, también provienen de la insuficiencia de infraestructura urbana ante precipitaciones de alta intensidad.

En septiembre de 2017 se registró otro evento complejo, cuando las lluvias persistentes y una fuerte granizada causó inundaciones de zonas urbanas y rurales, así como desbordamientos de afluentes secundarios y quebradas de la microcuenca (Alcaldía Municipal de Paipa, 2017). Este registro da cuenta de la recurrencia interanual de eventos asociados a lluvia convectiva y saturación de suelos, lo cual eleva la vulnerabilidad local a procesos de escorrentía rápida.

En años más recientes, la vulnerabilidad del municipio continuó evidenciándose. En el 2022 se decretó la calamidad pública a causa de los deslizamientos y acumulaciones súbitas de agua en los sectores rurales, afectando vías, viviendas y zonas productivas (Calidad Stereo, 2022). Por último, ese año también se decretó la alerta roja departamental a causa de crecientes súbitas en el río Chicamocha, Paipa uno de los municipios alerta por inundación en la cuenca media y alta (Boyacá 7 Días, 2022). Cada una de estas alertas evidencia que los organismos regionales reconocen la amenaza hídrica como activa y significativa para la planificación territorial.

Al mismo tiempo, los sucesos descritos evidencian un patrón claro: Paipa tiene riesgo inminente de inundaciones por lluvia extrema, por colapso de la infraestructura hidráulica y por crecidas del río Chicamocha. Esta evidencia empírica refuerza la evaluación del peligro implementado en la Fase 6 del proceso para su cartografía, justifica la elección de las variables hidrometeorológicas y, finalmente, respalda la utilización de fuentes como el modelo digital de terreno, la red hídrica o los archivos históricos, en el momento de efectuar la delimitación de áreas potencialmente inundables en el municipio.

## **Conclusiones**

El mapa vectorial de riesgo de inundación del municipio de Paipa fue muy efectivo para identificar y demarcar las zonas susceptibles a inundaciones con niveles de vulnerabilidad muy bajos, bajos, medios, altos y muy altos, siendo de gran utilidad para la planificación territorial y gestión ambiental.

La metodología utilizada, que articuló el análisis hidrológico y el análisis espacial para la producción de variables cuantitativas sobre datos geoespaciales (DEM, pendiente, uso del suelo y red hidrográfica) se mostró muy eficiente para producir la representación precisa del riesgo de inundación.

La integración de factores por reclasificación y por la suma ponderada permitió considerar la importancia relativa de cada una de las variables a fin de elaborar un mapa continuo que fuera coherente con la morfología y la dinámica de los regímenes hidrológicos del municipio. La validación con eventos históricos documentados en los años 2012, 2016, 2017 y 2022, también corroboró la veracidad del mapa vectorial, evidenciando que las zonas más susceptibles a inundaciones eran efectivamente las que sufrieron inundaciones, corroborando la utilidad del producto para la toma de decisiones.

Al final, el mapa vectorial se constituye como un producto que puede ser utilizado estratégicamente y oportunamente, orientando las acciones de mitigación, la planificación del territorio y la protección de la infraestructura y la población.

## **Recomendaciones**

Se sugiere la actualización periódica y continua de los datos geoespaciales y los registros pluviométricos en la elaboración del mapa de riesgo, para que mantenga su veracidad y su aplicabilidad ante variaciones que ocurran en la morfología, en el uso del territorio y en las condiciones hidrológicas del municipio.

Es relevante también insertar el mapa vectorial de riesgo en el proceso de planificación urbana y rural del municipio, teniendo en cuenta las zonas más vulnerables del municipio donde se puedan restringir desarrollos que tiendan a aumentar el riesgo de inundación.

Asimismo, se propone la formulación de planes de contingencia y medidas de mitigación específicas en las áreas clasificadas con riesgo alto y muy alto, orientadas al mejoramiento de los sistemas de drenaje, la implementación de obras de retención de agua y el fortalecimiento de procesos de educación comunitaria frente a los eventos de inundación.

La cartografía del mapa puede ser también la base para estudios complementarios sobre el riesgo hídrico, sobre el clima y la gestión integral del agua en el marco de una coordinación conjunta de las entidades ambientales del municipio y de las comunidades.

Igualmente, se proponen desarrollos de la capacitación técnica de los responsables municipales en el uso de las herramientas GIS y en el análisis del riesgo, para una adecuada preparación de la información necesaria y para la adopción de medidas de prevención de inundaciones.

## Referencias bibliográficas

- Alcaldía Municipal de Paipa. (2016, 11 de marzo). *Emergencia superada por lluvia en Paipa*. <https://www.paipa-boyaca.gov.co/NuestraAlcaldia/SaladePrensa/Paginas/Emergencia-superada-por-lluvia-en-Paipa-2016.aspx>
- Boyacá 7 Días. (2022, 24 de octubre). *Alerta roja en Boyacá por las crecientes súbitas en el río Chicamocha*. <https://boyaca7dias.com.co/alerta-roja-en-boyaca-por-las-crecientes-subitas-en-el-rio-chicamocha/>
- Calidad Stereo 100.6 FM. (2022, 11 de mayo). *Declarada calamidad pública en Paipa*. <https://calidadstereo.com/declarada-calamidad-publica-en-paipa/>
- Díaz, D. (2017). Modelado y simulación de sistemas climáticos: desde la escala global hasta los microclimas. En F. Cala (Ed.), *Modelado y simulación de sistemas naturales* (pp. 11–40). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. [https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/publication/field\\_attached\\_file/pdf-modelado\\_y\\_simulacion\\_completo\\_fisico.pdf](https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/publication/field_attached_file/pdf-modelado_y_simulacion_completo_fisico.pdf)
- El Tiempo. (2012, 24 de abril). *500 familias damnificadas por desbordamiento del río Chicamocha*. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-11661352>
- Kurowska, K., & Kowalczyk, C. (2022). *Rural space modeling*. MDPI. <https://www.mdpi.com/books/reprint/5285-rural-space-modeling>
- Morales, A., Ledesma-A, M., Coronel, C., & Metternicht, G. (2012). La explotación de la información geográfica. En M. Bernabé & C. López (Eds.), *Fundamentos de las infraestructuras de datos espaciales* (pp. 117–130). UPM Press, Universidad Politécnica de Madrid. <https://www.ign.es/web/libros-digitales/fundamentos-ide>

**Enlace de sustentación:** [https://youtu.be/jJl4dIKY5ik?si=BJcUG-SiBP\\_2cBBZ](https://youtu.be/jJl4dIKY5ik?si=BJcUG-SiBP_2cBBZ)