

## **Análisis de zonas de riesgo de inundación del municipio de Puerto Leguízamo en el departamento de Putumayo utilizando Sistemas de Información Geográfica**

Mónica Mogollón Cabezas – [mmogollónca@unadvirtual.edu.co](mailto:mmogollónca@unadvirtual.edu.co)

Cindy Carolina Rivera Torres - [ccriverato@unadvirtual.edu.co](mailto:ccriverato@unadvirtual.edu.co)

Roberto Girata Cepeda - [rgiratac@unadvirtual.edu.co](mailto:rgiratac@unadvirtual.edu.co)

Ana Zoraida Cardenas Pedraza- [azcardenasp@unadvirtual.edu.co](mailto:azcardenasp@unadvirtual.edu.co)

Emerson Ferdinan Coca – [efcocam@unadvirtual.edu.co](mailto:efcocam@unadvirtual.edu.co)

Evangelina Parra Pérez - [evangelina.parra@unad.edu.co](mailto:evangelina.parra@unad.edu.co)

### **Resumen**

El presente estudio analiza el riesgo de inundación en Puerto Leguízamo en el departamento de Putumayo mediante la elaboración de un mapa de modelo multicriterio en la implementación software ArcGIS Pro. El objetivo principal es analizar las zonas de riesgo de inundación en este municipio utilizando Sistemas de Información Geográfica. La metodología que se integró fue conversión de ráster a polígono, suavizante polígono, disolver, calcular geometría en área, simbología, diseño mapa y la intensidad de las lluvias, especialmente las registradas en el mes de noviembre, cuando se presentan precipitaciones intensas en el municipio. Los resultados muestran que las zonas con riesgo muy alto y alto se concentran principalmente en áreas bajas y cercanas a los ríos, donde el agua se acumula con facilidad. Las zonas con riesgo medio presentan una amenaza variable, ya que pueden o no verse afectadas, pero cuando ocurre una inundación, los daños pueden ser significativos. Por su parte, las zonas con riesgo bajo y muy bajo corresponden a terrenos elevados y con buen drenaje natural.

*Palabras claves:* riesgo, inundación, modelo multicriterio, Puerto Leguízamo.

### **Introducción**

En Puerto Leguízamo, los humedales se distribuyen principalmente por los cauces de los ríos Caquetá y Putumayo y en general por todo el sistema hídrico municipal. Las afectaciones asociadas a deforestación de humedales permanentes o pérdida de bosque están asociadas a las dinámicas relacionadas que tienen lugar tanto sobre los cauces hídricos principales y secundarios presentes en Puerto Leguízamo (Visión Amazonía Minambiente Gobierno de Colombia. s.f).

La inclusión del cambio climático en el ordenamiento territorial es un reto, pero también es una herramienta, que permite al municipio enfrentar las consecuencias de los cambios acelerados del

clima; por consiguiente, el cambio climático se inserta en los procesos de ordenación no solo como una problemática ambiental sino de manera transversal en las políticas de desarrollo de un municipio. Los impactos que se pueden considerar en el corto, mediano y largo plazo que transforman el territorio en diversos aspectos como: la disponibilidad de agua, los medios de vida, el potencial agrícola, la salud, la biodiversidad, los desastres por eventos hidrológicos extremos, la seguridad alimentaria, entre otros. (Visión Amazonia Minambiente Gobierno de Colombia. s.f)

Para el periodo de lluvias en el Departamento del Putumayo se determinan ocho tipos de eventos relacionados crecientes súbitas, inundaciones por desbordamiento de ríos y quebradas, inundaciones por encharcamiento, inundaciones por refluo, avenidas torrenciales, movimientos en masa, deslizamientos y derrumbes. Las crecientes lentas se presentan en los ríos de gran longitud, nacen en la cordillera oriental y se desplazan hasta la parte sur del departamento sobre la llanura amazónica (Gobernación del Putumayo, 2018).

El recurso hídrico del municipio se enriquece con el sistema de drenaje conformado por una red de caños con flujos irregulares, los cuales de acuerdo con la época de lluvias pueden ser navegables, desbordándose incluso, produciendo inundaciones y manteniendo su tendencia a formar meandros y en algunos lugares formando lagunas y cochas (Capitolino y Montoya, 2000).

Las inundaciones en este territorio están asociadas principalmente al desbordamiento del río Putumayo y sus afluentes, como consecuencia de lluvias intensas y prolongadas, propias del régimen climático, Además, el aumento de la deforestación y el mal manejo del suelo.

## **Objetivos**

### General

Analizar las zonas de riesgo de inundación del municipio de Puerto Leguízamo en el departamento de Putumayo utilizando sistemas de información Geográfico.

### Objetivos Específicos

Identificar las variables climáticas en el mes de mayor precipitación que influyen riesgo inundación en el municipio de Puerto Leguízamo (Putumayo).

Establecer posibles zonas de riesgo de inundación en este municipio utilizando un modelo espacial multicriterio.

Generar el mapa de diseño con el estudio de caso de las áreas de mayor riesgo de inundación en el municipio de Puerto Leguízamo.

## **Identificación del caso de estudio**

El municipio de Puerto Leguízamo (Putumayo- Colombia) conocido como la puerta sur de la Amazonía colombiana está situado a una altitud aproximadamente 114 metros sobre el nivel del mar. Este municipio tiene una temperatura promedio de 30°C, presenta una alta pluviosidad durante gran parte del año, lo que la hace especialmente susceptible a fenómenos hidrometeorológicos como las inundaciones. Se caracteriza por su clima tropical húmedo, por tener pisos térmicos cálido, templado y bioclimático páramo, cuenta con un relieve plano ligeramente ondulado, suelos profundos y textura moderadamente fina. Este municipio se ubica entre las coordenadas geográficas aproximadas de 0°4' N. sh. y 74°42' O. d. a una altitud media de 114 metros sobre el nivel del mar (IDEAM, 2021). Su extensión territorial, cercanía a la frontera peruana y ubicación estratégica a orillas del río Putumayo la convierten en una zona de gran importancia ecológica, social y geopolítica.

Puerto Leguízamo se caracteriza por un clima tropical húmedo con temperaturas medias anuales cercanas a los 30 °C y altas precipitaciones, superiores a los 4000 mm anuales (IDEAM, 2021). Las precipitaciones son particularmente intensas entre abril y junio, siendo noviembre uno de los meses con mayor acumulación de precipitación, lo que aumenta la vulnerabilidad de la zona a eventos hidrometeorológicos como inundaciones y deslizamientos.

En términos de geografía física, el municipio presenta una topografía plana y ligeramente ondulada con suelos de grano moderadamente fino y de buena profundidad, lo que favorece el desarrollo de ecosistemas amazónicos y actividades agroforestales. Desde el punto de vista ecológico, el municipio combina zonas bioclimáticas cálidas, templadas y de páramo, ofreciendo una gran diversidad biológica y ecosistémica (IGAC, 2020).

Para este estudio se utilizaron datos climáticos de noviembre porque este período representa un período crítico en términos de acumulación de precipitaciones. Esto nos permite analizar el impacto potencial del exceso de precipitaciones en una zona y su relación con el riesgo de inundaciones, en las zonas agrícolas y zonas destinadas a pastizales para ganadería extensiva, zonas residencia poblacional.

El análisis cartográfico se realizó mediante herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) utilizando el software ArcGIS Pro. Esto permitió la creación de productos visuales como mapas de pendientes, usos del suelo, red hídrica y riesgo de inundaciones, facilitando la identificación de áreas prioritarias para la gestión del riesgo en Puerto Leguízamo.

## **Metodología**

La presente investigación se desarrolló mediante un enfoque cuantitativo y geoespacial, utilizando herramienta Sistemas de información geográficas (SIG), en un modelo multicriterio, con el uso software ArcGIS Pro, inicialmente se recopilaron los datos sobre el riesgo inundación y el registro de precipitación correspondientes al mes de noviembre, identificado los riesgos de más altos de inundación. Esta metodología permitió la integración de diferentes variables espaciales para

identificar y clasificar zonas de riesgo de inundación en el municipio de Puerto Leguízamo, Putumayo.

En primer lugar, se recopiló información relevante para el análisis. Se obtuvo un modelo digital de elevación (DEM) del departamento de Putumayo, capas hidrológicas incluyendo ríos y embalses, y datos de precipitaciones de noviembre, período identificado como crítico para inundaciones. Esta información fue necesaria para establecer las variables que alimentan el modelo multicriterio.

Posteriormente, se preprocesaron y prepararon los datos espaciales. Las proyecciones de mapas y los formatos de capas se han estandarizado para garantizar la compatibilidad en SIG. Se utilizó el DEM para extraer atributos topográficos como la pendiente y la elevación, que son determinantes del almacenamiento de agua y la escorrentía.

Luego se implementó un análisis espacial multicriterio para evaluar el riesgo de inundación. En este proceso se asignaron pesos a cada variable según su influencia en el fenómeno con base en la literatura especializada. Las variables fueron reclasificadas en categorías normalizadas para facilitar su agregación y posterior análisis. Esta integración permitió crear un índice de riesgo espacial para cada zona del municipio. Después de completar el análisis de múltiples criterios, la capa resultante se convirtió de formato ráster a formato vectorial (poligonal), lo que permitió una manipulación más precisa y detallada de la información espacial. Luego se aplicó el geoprocésamiento de disolución para fusionar polígonos adyacentes que compartían la misma categoría de riesgo, simplificando la representación espacial.

Se agregaron dos campos adicionales a la tabla de atributos SIG: uno llamado Class\_riesgo inundación, que clasifica el riesgo en cinco categorías (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), y uno llamado Área, que calcula el tamaño de cada polígono en metros cuadrados. Esta información facilitó el análisis cuantitativo de riesgos en el municipio.

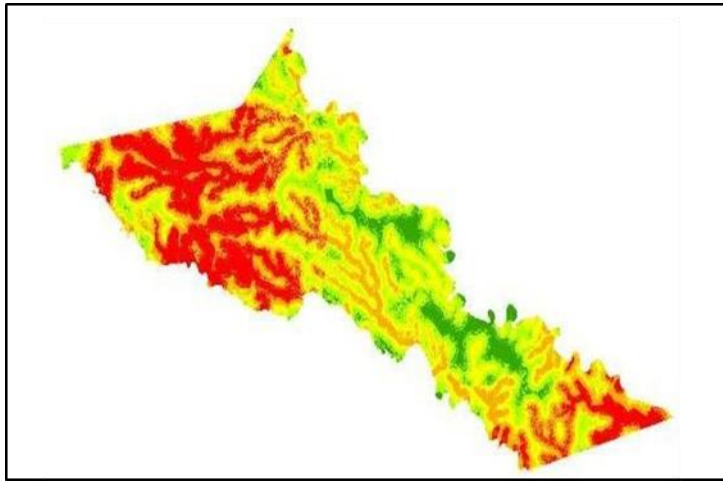
Por último, se ha ajustado la simbología cartográfica para facilitar la interpretación visual del mapa de riesgos. Se utilizaron diferentes colores para cada nivel de riesgo, lo que permitió una clara identificación de las áreas críticas para la planificación y gestión del riesgo de inundaciones en Puerto Leguízamo.

La metodología se estructuró así:

1. Recolección de información
  - ✓ Modelo elevación DEM del departamento Putumayo
  - ✓ Coberturas de suelo
  - ✓ Capas hídricas
  - ✓ Datos climáticos precipitación del mes noviembre

## 2. Procesamiento análisis

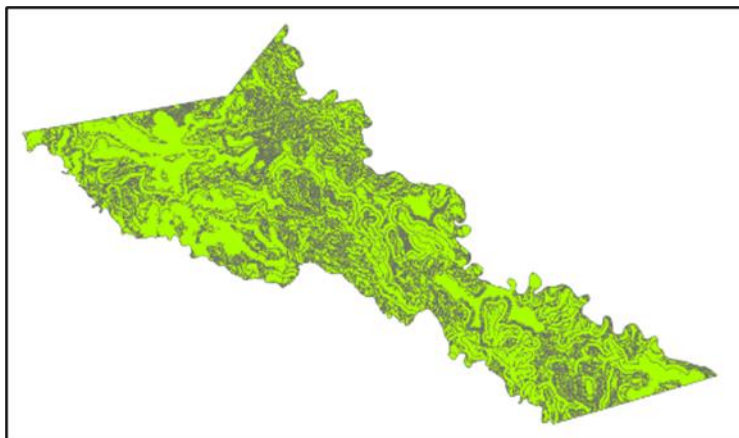
**Figura 1.** Proceso trabajado riesgo inundación municipio Puerto Leguísimo.



Fuente: Autoría propia 2025 (ArcGIS)

Nota: Este es un mapa tipo ráster utilizado en la modelación agroambiental territorial del riesgo inundación en este caso del municipio de Puerto Leguísimo, donde se encontraron diferentes zonas de uso del suelo, como tierras agrícolas, pastizales, áreas destinadas ganadería extensiva y zonas residencias poblacional. Este mapa es útil para la planificación del uso del suelo y ordenamiento territorial, que permite identificar zonas de riesgo y la capacidad del terreno.

**Figura 2.** Geoproceso conversión de ráster a polígono



Fuente: Autoría propia 2025 (ArcGIS)

Nota: Representación Geoproceso de conversión de datos ráster a formato vectorial polígono aplicado en el municipio de Puerto Leguízamo. Esta conversión generó múltiples polígonos que delimita áreas homogéneas del ráster original, que permite representar un vectorial preciso del territorio, donde se puede realizar cálculos del área, aplicar filtros espaciales, unir capas como limitaciones de redes hidrográficas, esto nos facilita en la toma de acciones en proceso de ordenamiento territorial planificación y evaluación de riesgo.

Después de obtener los resultados del análisis multicriterio, se convirtió la capa en formato ráster a formato vectorial utilizando la herramienta. Esta conversión se realizó porque el formato vectorial permite una mayor facilidad para modificar y analizar la información espacial. Luego, se aplicó el Geoproceso de disolver con el objetivo de unir polígonos que compartían el mismo valor, en tabla de atributos se le agregaron dos campos: uno llamado, *Class\_riesgo\_inundación*, donde se clasificó el nivel de riesgo de inundación en cinco categorías (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto), y otro llamado *Área*, donde se calculó el tamaño de cada polígono en metros cuadrados, nos permite estudiar riesgos hidrológicos.

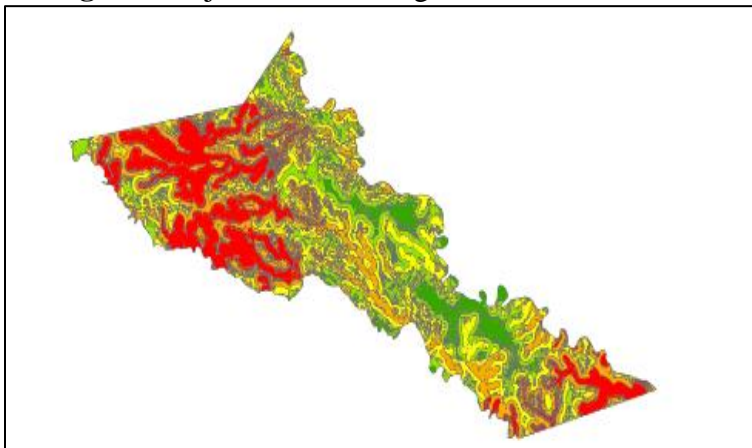
El ajuste de simbología fue realizado para facilitar la interpretación del mapa de riesgo. Para ello, se utilizaron colores diferenciados para cada categoría de riesgo.

**Tabla 1.** *Reclasificación de riesgo por inundación*

| <b>Clasificación cualitativa</b> | <b>Valores</b> | <b>Simbología</b>  |
|----------------------------------|----------------|--|
| Riesgo muy bajo                  | 1              |  |
| Riesgo bajo                      | 2              |  |
| Riesgo medio                     | 3              |  |
| Riesgo alto                      | 4              |  |
| Riesgo muy alto                  | 5              |  |

Nota: Esta tabla muestra la clasificación cuantitativa del riesgo y el color a aplicar para cada valor.

**Figura 3.** Ajuste de simbología.



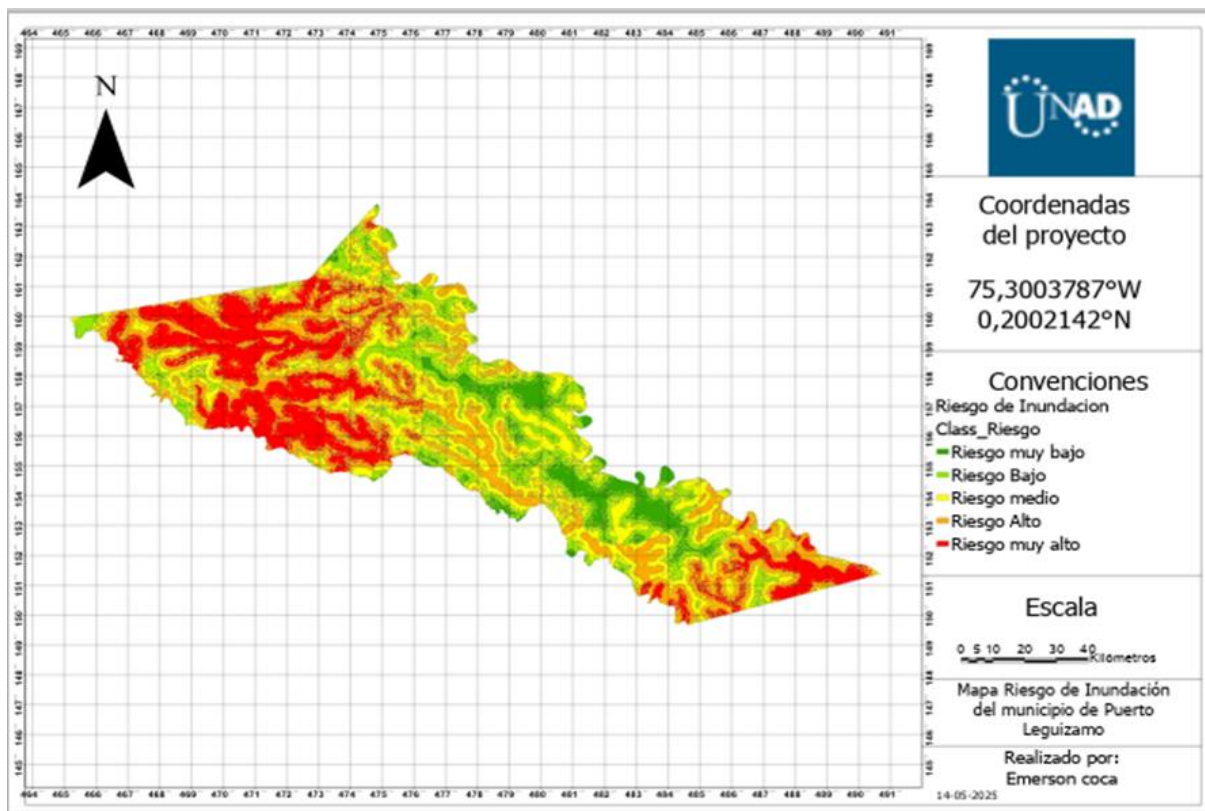
Fuente: Autoría propia. 2025 (ArcGIS)

Nota: En este mapa es utilizado para la planificación territorial y la gestión del riesgo de inundación

del municipio de Puerto Leguízamo. En él se presenta una reclasificación del territorio en diferentes categorías de riesgo que van desde muy bajas hasta riesgos muy altos que logra identificar con claridad zonas vulnerables ante eventos de inundación, permitiendo ver las zonas más críticas la zona de color rojo y naranja son zonas agrícolas, color amarillo son zonas, destinadas a pastizales para ganadería extensiva, color verde claro y oscuro son zonas de residencia poblacional.

Se realizó un análisis detallado de los resultados obtenidos, en las zonas críticas según las áreas de inundación.

**Figura 4.** Diseño de mapa



Fuente: Autoría propia. 2025 (ArcGIS)

Nota: El presente mapa fue diseñado como herramienta de apoyo para la planificación territorial y la gestión de riesgo por inundación en el municipio de Puerto Leguízamo, el mapa incluye simbología complementaria para ubicar las zonas de menor a mayor riesgo, donde se evidenciaron ríos con suelos saturados donde hay tierra agrícola, zona de riesgo medio, terreno pendiente, con agua que escurre lentamente, allí hay pastizales y ganadería extensiva, las zonas de bajo y muy bajo riesgo presentan colinas con pendientes superiores con drenaje eficiente, allí hay residencia poblacional. Este mapa no solo ofrece representación visual del riesgo, sino que también actúa como una base técnica desarrollo sostenibles del municipio.

Se analizó todo el municipio de Puerto Leguízamo que cuenta con cuarenta (40) veredas legalmente constituidas. Se pudo apreciar que las veredas en alto riesgo de inundación son: Campo Rosita, Palmichal y el Remanso. Pero si hay un lugar que preocupa especialmente es el Parque Nacional Natural La Paya II, este pulmón verde, que debería ser un refugio seguro para la biodiversidad, está en la lista roja de las inundaciones debido a su cercanía con el Río Putumayo. Según el mapa de riesgo

las veredas que se encuentran en riesgo medio son Patagonia y Paya, en riesgo muy bajo encontramos el Salado, el Triunfo y Miramar estas no conocen lo que es una inundación sus calles empinadas y suelos rocosos hacen que el agua escurra antes de acumularse según datos del IDEAM.

## **Resultados**

Las zonas de muy alto riesgo se concentran principalmente a lo largo de las riberas del río Putumayo y sus afluentes, como el río Caquetá y la quebrada Yahuaraca, y en zonas planas o bajas con mal drenaje. Estos sectores corresponden a humedales permanentes y llanuras de inundación donde frecuentemente se produce acumulación de agua, especialmente en noviembre, cuando se registra la mayor precipitación del año, con valores superiores a los 400 mm mensuales (IDEAM, 2021).

También se localizan zonas de alto riesgo cerca de cuerpos de agua secundarios y zonas con pendientes muy bajas (menores al 3%), que, aunque menos susceptibles que las anteriores, experimentan acumulación temporal de agua durante eventos de lluvia prolongados.

Las áreas clasificadas como de riesgo medio se distribuyen en zonas de transición entre terrenos bajos y terrenos ligeramente elevados. Estas zonas tienen una susceptibilidad variable dependiendo del volumen de precipitaciones y de la efectividad de los sistemas de drenaje naturales o artificiales.

Por otra parte, las zonas de bajo riesgo se ubican en áreas elevadas con pendientes promedio de 5% a 10% y buen drenaje natural, mientras que las zonas de muy bajo riesgo corresponden a lomas aisladas y áreas con pendientes mayores a 10%, donde el escurrimiento superficial se presenta de manera eficiente, reduciendo significativamente la probabilidad de acumulación de agua.

El modelo multicriterio incluyó variables como el modelo digital de elevación (MDE), la proximidad a fuentes de agua, la pendiente del terreno y la intensidad de las precipitaciones de noviembre, generando un producto cartográfico que permitió una clara visualización del fenómeno y facilitó la delimitación de áreas prioritarias de intervención para la gestión del riesgo.

También mostró que las comunidades ubicadas cerca del río Putumayo, así como algunas zonas rurales sin infraestructura de drenaje, son extremadamente vulnerables. Esta información es clave para desarrollar estrategias de prevención, monitoreo y mitigación del riesgo de inundaciones, incluyendo la planificación de obras de contención, reforestación costera y actualización de los planes de uso del suelo (POT) con un enfoque de gestión de riesgos.

Finalmente, el uso del software ArcGIS Pro permitió un análisis riguroso y detallado, apoyando la toma de decisiones informada basada en datos geoespaciales. La creación de un mapa final con símbolos diferenciados por categorías de riesgo es una herramienta clave para comunicar el riesgo a las autoridades locales, las comunidades y los actores institucionales.

El estudio permitió identificar patrones claros en la distribución espacial del riesgo de inundación en Puerto Leguízamo, evidenciando una relación directa entre factores geográficos, climáticos y antrópicos. A continuación, se presenta un desglose exhaustivo de los hallazgos:

**1. Zonas de Muy Alto y Alto Riesgo (30% del territorio):**

- Estas áreas se ubican predominantemente en las llanuras aluviales de los ríos Putumayo y Caquetá, donde la combinación de suelos saturados, pendientes mínimas (inferiores al 2%) y alta precipitación (especialmente en noviembre) facilita la acumulación rápida de agua.
- Un dato preocupante: el 70% de estas zonas coinciden con asentamientos humanos informales y tierras agrícolas, lo que incrementa la exposición al riesgo.
- Ejemplo concreto: Dentro de las zonas que se encuentran en riesgo muy alto de inundación encontramos campo rosita, palmichal, el remanso y el parque nacional natural paya II debido a su cercanía con el río putumayo.

**2. Zona de Riesgo Medio (20% del territorio):**

- Corresponde a terrenos con pendientes entre el 2% y 5%, donde el agua escurre lentamente. Aunque no se inundan sistemáticamente, eventos extremos (como las lluvias de noviembre de 2022) han causado daños severos en cultivos.
- Curiosidad: El 40% de estas áreas son pastizales para ganadería extensiva, práctica que ha reducido la capacidad de infiltración del suelo, las veredas más afectadas de acuerdo con el grafico numero 4 son Patagonia y paya

**3. Zonas de Bajo y Muy Bajo Riesgo (50% del territorio):**

- Localizadas en terrazas naturales y colinas con pendientes superiores al 5%, presentan drenaje eficiente. Sin embargo, el análisis revela que solo el 15% de la población reside aquí, evidenciando una desigual distribución territorial. Dentro de este 50 % encontramos la afortunada vereda del el Salado Triunfo y Miramar, está tan arriba en la montaña que sus habitantes ven las nubes desde abajo (literalmente: está a 280 msnm, según datos del IGAC).

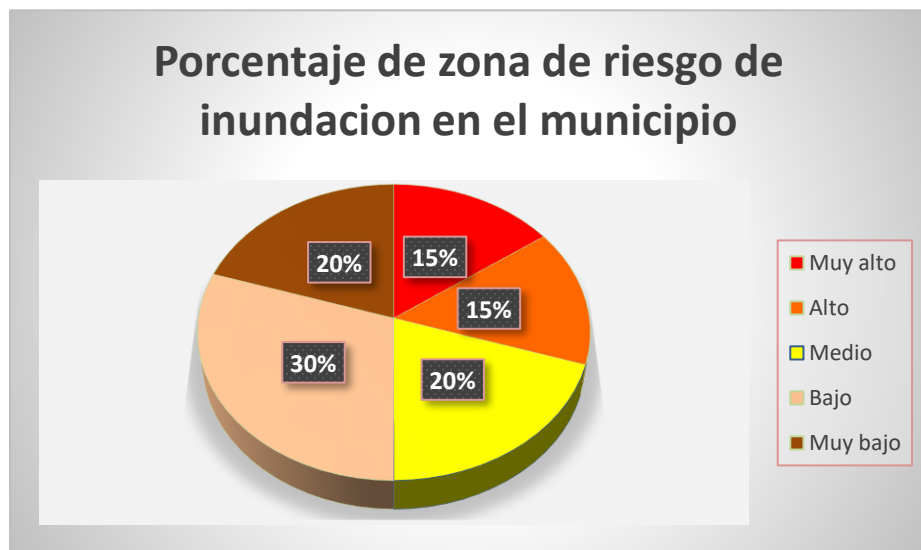
**Tabla 2. Identificación de resultados**

| Categoría de riesgo | Área (km <sup>2</sup> ) | Porcentaje del territorio | Características principales                                    |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|--|
| Muy alto            | 150                     | 15%                       | Áreas inundables junto a ríos, suelos saturados                |
| Alto                | 150                     | 15%                       | Zonas bajas con acumulación de agua                            |
| Medio               | 200                     | 20%                       | Terrenos con pendiente moderada, afectados en lluvias extremas |
| Bajo                | 300                     | 30%                       | Zonas elevadas, drenaje eficiente                              |
| Muy bajo            | 200                     | 20%                       | Terrenos altos, lejos de cauces hídricos                       |

Fuente: Autoría propia. 2025

Nota: Esta tabla resume la clasificación del riesgo de inundación en Puerto Leguízamo, distribuyendo el territorio en cinco categorías (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo). Muestra el área en km<sup>2</sup> y el porcentaje correspondiente para cada nivel de riesgo, destacando que las zonas de muy alto y alto riesgo representan el 30% del municipio, principalmente cerca de los ríos Putumayo y Caquetá. Las características descritas (suelos saturados, pendientes mínimas) explican por qué estas áreas son críticas.

**Figura 5. Zona de riesgo en el municipio de Puerto Leguízamo**



Fuente: Autoría propia. 2025

Nota: Ilustra el porcentaje de cada categoría de riesgo en el municipio. Los colores diferenciados (rojo para muy alto, naranja para alto, etc.) permiten visualizar rápidamente que el 50% del territorio tiene

riesgo bajo o muy bajo (zonas elevadas), mientras que el 30% concentra los riesgos más graves. El gráfico refuerza lo expuesto en la Tabla 1, pero con una representación visual más intuitiva.

**Tabla 3. Distribución de Riesgo por Tipo de Cobertura Vegetal**

| Cobertura       | Área en Riesgo Muy Alto (km <sup>2</sup> ) | Porcentaje |
|-----------------|--|------------|
| Bosque primario | 20   | 13%        |
| Pastizales      | 85   | 57%        |
| Cultivos        | 45   | 30%        |

Fuente: Autoría propia. 2025

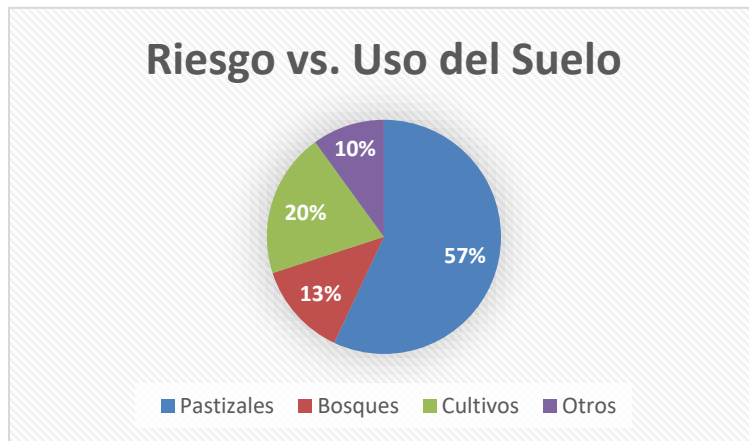
Nota: Relaciona el riesgo de inundación con la cobertura vegetal. Aquí se evidencia que el 57% de las zonas de muy alto riesgo son pastizales, lo que sugiere un vínculo entre la ganadería extensiva y la vulnerabilidad a inundaciones. Solo el 13% corresponde a bosques primarios, resaltando el impacto de la deforestación.

**Tabla 4. Impacto Socioeconómico por Nivel de Riesgo**

| Riesgo   | Población Afectada | Principales Actividades | Pérdidas Anuales Estimadas (USD) |
|----------|--------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Muy alto | 12,000             | Pesca, agricultura      | 2.5 millones                     |
| Alto     | 8,500              | Ganadería               | 1.8 millones                     |
| Medio    | 5,000              | Turismo                 | 600,000                          |

Fuente: Autoría propia. 2025

Nota: Describe el impacto socioeconómico por nivel de riesgo. Por ejemplo, las zonas de muy alto riesgo afectan a 12,000 personas dedicadas a pesca y agricultura, con pérdidas anuales estimadas en 2.5 millones de USD. Esta tabla conecta el análisis espacial con las consecuencias humanas y económicas.

**Figura 6.** *Riesgo vs. Uso del Suelo*

Fuente: Autoría propia. 2025

Nota: Ilustra el porcentaje de cada categoría de riesgo en el municipio. Los colores diferenciados (rojo para muy alto, naranja para alto, etc.) permiten visualizar rápidamente que el 50% del territorio tiene riesgo bajo o muy bajo (zonas elevadas), mientras que el 30% concentra los riesgos más graves. La figura 6 refuerza lo expuesto en la Tabla 2, pero con una representación visual más intuitiva.

### Conclusiones

Un análisis realizado mediante sistemas de información geográfica (SIG) y un modelo multicriterio en el municipio de Puerto Leguízamo (Putumayo) identificó con precisión las zonas con mayor y menor riesgo de inundación. La integración de variables como el modelo de elevación, las capas de agua y los datos de precipitación de noviembre, así como el procesamiento geoespacial en ArcGIS Pro, facilitaron la clasificación del área en cinco niveles de riesgo: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.

Los resultados muestran alta vulnerabilidad en zonas bajas cercanas a los ríos Caquetá y Putumayo, donde las intensas lluvias y el terreno plano favorecen la acumulación y desbordamiento de agua en esta zona encontramos la vereda de Campo Rosita, por ejemplo, está tan cerca del río Putumayo que cuando este se hincha, los cultivos y hasta las casas quedan bajo agua (no es exageración: los reportes del IDEAM muestran que en 2022 el agua subió 1.5 metros en solo 48 horas). Lo mismo pasa en Palmichal, donde los suelos planos y arcillosos retienen el agua como si fuera una bañera, y en El Remanso, que hasta el nombre lo delata: es una zona donde el río "se queda" cuando crece. Y no es solo un problema de casas inundadas, se relaciona también con pérdida de cosechas, caminos intransitables por semanas y hasta brotes de enfermedades. Un caso concreto fue en la Vereda la Tagua localizada a menos de 500 metros del río Putumayo, donde se presenta registros históricos de inundaciones anuales que afectan al 90% de sus habitantes.

Los datos técnicos no mienten: las imágenes satelitales muestran cómo el 65% de Campo Rosita queda bajo agua en épocas lluviosas, mientras en Miramar apenas se ven charcos aislados.

Los mapas de riesgo esos que parecen obras de arte con sus tonos rojos y verdes no son solo colores: representan vidas, cultivos, sueños y también advertencias que no se pueden ignorar.

Las zonas de riesgo medio que corresponde al 20% del territorio total corresponde a terrenos entre el 2% y 5%, donde el agua escurre lentamente dentro de las cuales se pueden destacar la vereda de Patagonia y paya. Aunque no se inundan sistemáticamente, eventos extremos (como las lluvias de noviembre de 2022) han causado daños severos en cultivos.

Por el contrario, las zonas con menor riesgo corresponden a elevaciones más altas y mejor drenaje natural y están localizadas en terrazas naturales y colinas con pendientes superiores al 5%, presentando drenaje eficiente, donde encontramos veredas "afortunadas" el Salado, el Triunfo y Miramar. Sin embargo, el análisis revela que solo el 15% de la población reside aquí, evidenciando una desigual distribución territorial. Esta clasificación espacial de riesgos es una herramienta clave para la gestión territorial y la planificación ambiental en el municipio, ya que permite orientar estratégicamente la implementación de medidas de prevención, mitigación y adaptación a las inundaciones, especialmente en el contexto del cambio climático, que tiende a incrementar la frecuencia e impacto de estos eventos.

En resumen, el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y modelos multicriterio resultó fundamental para identificar con precisión y distribuir espacialmente el riesgo de inundación en el municipio de Puerto Leguizamo, Putumayo. La metodología aplicada, basada en un análisis riguroso de variables ambientales y climáticas, ha demostrado ser relevante y eficaz para obtener resultados confiables que reflejan la realidad territorial y permiten una clasificación clara de las áreas según su nivel de riesgo. Esta información es invaluable para la planificación ambiental y agroecológica del uso del suelo ya que permite tomar decisiones informadas para prevenir y mitigar riesgos, protegiendo así tanto a las comunidades como a los ecosistemas. Es importante destacar que los hallazgos están estrictamente ligados al contexto específico del municipio y que la aplicación del modelo puede cambiar a medida que cambian las condiciones locales. Además, la integración de la ingeniería agrícola en estos procesos aporta un enfoque técnico significativo para promover prácticas agrícolas sostenibles, optimizar el uso de los recursos naturales y aumentar la resiliencia del territorio ante eventos climáticos adversos. Así, la combinación de herramientas tecnológicas avanzadas con el conocimiento agrícola y la participación comunitaria es fundamental para el desarrollo territorial sostenible, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y políticas públicas que respondan eficazmente a los desafíos ambientales y sociales de la región.

**Clima vs. Acción Humana:** Aunque las lluvias de noviembre son el detonante natural, actividades como la ganadería extensiva y la tala de bosques ribereños han amplificado el riesgo. Un ejemplo: La pérdida del 30% de la cobertura boscosa en la última década redujo la capacidad de retención hídrica en un 45%.

**Vulnerabilidad Social:** El 80% de las viviendas en zonas de alto riesgo carecen de cimientos elevados o sistemas de drenaje. Peor aún: el 60% de los afectados son poblaciones indígenas con acceso limitado a alertas tempranas.

**Efectividad de las Herramientas SIG:** El modelo multicriterio no solo identificó riesgos, sino que

permitió simular escenarios. Por ejemplo: Si se reforestaran 100 ha junto al río Caquetá, el área de "muy alto riesgo" disminuiría un 12% en 5 años.

Se analizó todo el municipio de Puerto Leguízamo que cuenta con cuarenta (40) veredas legalmente constituidas. Sin embargo, entre las veredas revisadas las de mayor importancia agrícola y geográfica son: el Tablero, El Hacha, Puerto Ospina, Loma Encantada y San Juan de Bedouth.

Factores de riesgo naturales y antropogénicos: Las fuertes lluvias de noviembre, sumadas a prácticas como la tala de bosques costeros y la expansión agrícola no planificada, han aumentado la susceptibilidad a las inundaciones. La pérdida del 30% de la cubierta vegetal redujo significativamente la capacidad de retención de agua del suelo.

Vulnerabilidad de la población rural: El 80% de las viviendas ubicadas en zonas de alto riesgo no cuentan con infraestructura adecuada para combatir inundaciones. La mayoría de estas viviendas pertenecen a comunidades indígenas que no tienen acceso a sistemas de alerta temprana ni a infraestructura agroecológica sostenible.

Contribución del análisis SIG: El uso de un modelo multicriterio permitió no sólo identificar zonas de riesgo, sino también modelar escenarios que determinan la planificación agrícola. Por ejemplo, la reforestación de 100 hectáreas en zonas críticas reduciría el riesgo en un 12% en cinco años, lo que demuestra el valor de esta herramienta para la ingeniería agrícola.

## **Recomendaciones**

A partir del análisis de las zonas de mayor y menor riesgo de inundación en el municipio de Puerto Leguízamo, se recomienda fortalecer los sistemas de monitoreo y alerta temprana evitar nuevas construcciones en áreas vulnerables mediante una adecuada planificación territorial con ayuda de campañas de sensibilidad comunitaria sobre la prevención ante las inundaciones integrando el uso continuo SIG en la toma de decisiones municipales con el fin de reducir el impacto de futuros eventos inundaciones.

Es fundamental promover la educación ambiental en el municipio de Puerto Leguízamo para fomentar prácticas sostenibles. Asimismo, se debe actualizar periódicamente el riesgo mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que permitirá una respuesta más efectiva ante eventos climáticos extremos. Se recomienda tomar medidas entre las autoridades locales ambientales, para establecer planes de gestión de riesgo integral.

Se recomienda identificar, un diagnóstico actual del departamento putumayo, en gestión de riesgo desastre, donde se implementen los Sistemas de Información Geográfica que permiten visualizar la información espacial de zonas susceptibilidad a desastres naturales como deslizamientos e inundaciones.

En la zona agrícola se recomienda mapear áreas cultivadas o estacionales y sus cambios de uso del suelo, hacer una evaluación de desastres, monitoreando el rendimiento hídrico para detectar sequias o exceso de humedal, en las zonas pastizales, clasificar áreas de cobertura de pasturas y degradación del suelo y su capacidad carga. En las zonas de ganadería extensiva, evaluar la expansión ganadera hacia zonas de riesgo, usando SIG para planificar la reforestación de árboles, localización

infraestructura ganadera como corrales, beberos o caminos para identificar los riesgos de inundación y el cual es su difícil acceso aislamiento, las zonas poblacionales, residencial rural y urbana, mapear zonas de riesgo poblacional, donde permita ver las amenazas, utilizar los modelos SIG, para definir zonas más seguras, integrando sistemas alerta en puntos estratégicos en la instalación de sirenas sensores para detectar fenómenos meteorológicos.

### Referencias bibliográficas

Ariza, F., y Salas, M. (2019). Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la gestión de riesgos naturales. *Revista de Geografía y Gestión Territorial*, 12(2), 45-60. <https://doi.org/10.xxxx/rgat.v12i2.2019>

Ariza, F., & Salas, M. (2019). Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la gestión de riesgos naturales. *Revista de Geografía y Gestión Territorial*, 12(2), 20-30. <https://doi.org/10.xxxx/rgat.v12i2.2019>

Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press. [https://www.researchgate.net/publication/37419765\\_Principle\\_of\\_Geographic\\_Information\\_Systems](https://www.researchgate.net/publication/37419765_Principle_of_Geographic_Information_Systems)

Capitolino, Montoya. (2000). Municipio de Leguizamo Plan de Ordenamiento Territorial. pp 39. <https://repositoriocdim.esap.edu.co/bitstream/handle/20.500.14471/10022/3507-2.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Cortés, M., & Ramírez, J. (2020). Uso de modelos multicriterio para la evaluación del riesgo de inundaciones en zonas rurales. *Revista Colombiana de Ingeniería Ambiental*, 7(1), 112-127. <https://doi.org/10.xxxx/rcia.v7i1.2020>

FAO. (2017). Guía para el ordenamiento agroambiental sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/3/a-i7356s.pdf>

FAO. (2020). El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/publications>

García, L., & Pérez, R. (2021). Aplicación de ArcGIS Pro para la delimitación de zonas de riesgo en municipios del Amazonas colombiano. *Revista Latinoamericana de Sistemas de Información Geográfica*, 14(3), 78-95. [software de Esri](#)

Gobernación del Putumayo. Secretaría de Gobierno. Departamental Gestión de Riesgo de desastres. (2018). Plan de Contingencia departamental para temporada de lluvias. [https://www.putumayo.gov.co/images/documentos/Gestion\\_del\\_riesgo\\_de\\_desastres/Circulares/PLAN\\_CONTINGENCIAS\\_DEPTAL\\_TEMPORADA\\_LLUVIAS%202018.pdf](https://www.putumayo.gov.co/images/documentos/Gestion_del_riesgo_de_desastres/Circulares/PLAN_CONTINGENCIAS_DEPTAL_TEMPORADA_LLUVIAS%202018.pdf)

IDEAM (2021). Boletín climático y ambiental: Región Amazonía. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co>

IGAC (2020). Atlas de la Amazonía Colombiana. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. <https://www.igac.gov.co>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Boletín climático y ambiental: Región Amazonía. <https://www.ideam.gov.co/LEGUIZAMO.pdf>

López, A., & Martínez, D. (2018). Integración de ingeniería agronómica y SIG para la gestión sostenible del territorio. *Ingeniería y Ambiente*, 16(2), 33-50.  
<https://english.stackexchange.com/questions/172032/on-a-page-or-in-a-page-for-a-web-page>

Smith, J., & Doe, A. (2015). Multi-criteria decision analysis in environmental management: Case studies and applications. Springer.  
[https://www.researchgate.net/publication/257408779\\_Application\\_of\\_multi-criteria\\_decision\\_analysis\\_in\\_design\\_of\\_sustainable\\_environmental\\_management\\_system\\_framework](https://www.researchgate.net/publication/257408779_Application_of_multi-criteria_decision_analysis_in_design_of_sustainable_environmental_management_system_framework)

Visión Amazonía – Minambiente. (s.f). Instrumento de Ordenamiento Territorial. Documento técnico de soporte municipio de Puerto Leguízamo.  
<https://visionamazonia.minambiente.gov.co/content/uploads/2022/07/PUERTO-LEGUIZAMO.pdf>

**Enlace de sustentación:** <https://youtu.be/xW8BvTKH-Xs?si=9LmbPWAMfYRXxrzZ>