

## **Análisis del riesgo de inundación en el municipio de Aguazul, Casanare, mediante el uso de datos geospaciales y análisis multicriterio con sistemas de información geográfica.**

Gabriel Armando Contreras Silva - [gacontrerass@unadvirtual.edu.co](mailto:gacontrerass@unadvirtual.edu.co)

Javier Cruz Alfonso - [jcruzal@unadvirtual.edu.co](mailto:jcruzal@unadvirtual.edu.co)

Didiana Marcela Martínez Martínez - [dmmartinezma@unadvirtual.edu.co](mailto:dmmartinezma@unadvirtual.edu.co)

Favian Andrés Mendoza Fonseca - [famendozaf@unadvirtual.edu.co](mailto:famendozaf@unadvirtual.edu.co)

Paula Andrea Moreno Camacho - [Pacamachomo@unadvirtual.edu.co](mailto:Pacamachomo@unadvirtual.edu.co)

Docente/asesor: Yetfersson Arley Serrato Velosa - [yetfersson.serrato@unad.edu.co](mailto:yetfersson.serrato@unad.edu.co)

### **Resumen**

El caso de estudio evidencia la importancia de las tecnologías aplicadas a los sistemas de información geográfica, desde las imágenes satelitales hasta las herramientas de procesamiento de datos geográficos o geoprocursos, esto ayuda a analizar áreas más susceptibles ante las amenazas de inundación. Las inundaciones son provocadas por fenómenos naturales, los cuales generan impactos negativos en las comunidades y zonas productivas de cualquier región, la identificación y evaluación de estos riesgos por inundación en el ordenamiento agroambiental son necesarios para diseñar planes de mitigación ante estos posibles riesgos de inundaciones. En este documento se identificarán las zonas más vulnerables por inundaciones del municipio de Aguazul, basado en el análisis multicriterio aplicado en los geoprocursos de cada una de las capas pudiendo así obtener la información necesaria para determinar las diferentes zonas de riesgo por inundación del municipio, teniendo como referencia los datos procesados en sus porcentajes de riesgo, por otra parte, mediante la información de los resultados y análisis obtenido del mapa de riesgo se realiza las recomendaciones que permitirán mitigar el riesgo de inundaciones por consecuencia de los desbordamientos de los ríos en el municipio Aguazul, que afecte de manera negativa en lo socioeconómico, agrícola y ambiental.

***Palabras clave:*** *Riesgo de inundaciones, análisis de riesgo, precipitaciones, afectaciones por inundación*

### **Introducción**

El crecimiento de los municipios del departamento de Casanare es evidente, puesto que ha aumentado el 42,47% en los últimos 13 años (Gobernación de Casanare, 2020). Las áreas de siembra se han extendido a lo largo de los años, generando un mejoramiento a nivel socioeconómico al igual que el crecimiento de la infraestructura de uso para actividades pecuarias, La Alcaldía de Aguazul (2022), indica que el municipio Cuenta con zonas de grandes pendientes y con zonas planas, su extensión total es de 148 km<sup>2</sup>; la extensión del área urbana es de 4.23 km<sup>2</sup> aproximadamente, la extensión del área rural es de 143.77 km<sup>2</sup>, la altitud de la cabecera municipal

es de 300 metros sobre el nivel del mar , teniendo en cuenta la extensión del territorio también se encuentra en un aumento de población.

Según la Alcaldía de Aguazul (2024), el municipio de Aguazul tiene una población proyectada de 41.116 habitantes para 2024 siendo un 9,6% (3.603 habitantes) más poblado que en el año 2019, lo que significa que las dinámicas han aumentado y a esto se suma el cambio climático; lo que conlleva a los desastres naturales por inundación debido a las altas precipitaciones en las temporadas de lluvias, esto lleva a que algunas zonas sean más susceptible a riesgos de inundaciones que afectan infraestructura y sistemas agropecuarios. La Alcaldía de Aguazul (2024), considera que la época de mayor riesgo de inundaciones se presenta en el mes de mayo, ya que esta es la época de mayores precipitaciones pluviales, por ende, es el mes con mayor riesgo de inundación teniendo en cuenta que el municipio de Aguazul a lo largo de su territorio tiene varios afluentes que aumentan su caudal. El IDEAM afirma que las inundaciones corresponden a fenómenos hidrológicos recurrentes potencialmente destructivos, que hacen parte de la dinámica de evolución de una corriente (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2018). Según la Alcaldía de Aguazul (2024), los ríos Charte, Unete y Cusiana son los que afectan significativamente al municipio, en el caso del Charte las veredas más vulnerables son las del Rincón de la Esmeralda y la de La Esmeralda, en el caso del río Unete en las veredas de Guaduales, donde el río se bifurca formando una isla y de la Esperanza donde se unen las aguas del Río Chiquito y del Unete, El río Cusiana afecta a la población de la Isla Turbayista, de Guadualito y de Llano Lindo.

Al tener el conocimiento de esta situación presentada, se aplicó el análisis multicriterio enfocado en la identificación de las zonas con diferentes niveles de riesgo de inundación en el municipio de Aguazul. Según OGato et al (2019); es necesario proponer medidas estratégicas para la gestión sostenible en cuanto a riesgo de desastres por inundaciones en cuenca urbana. Por otro lado, Osés-Eraso y Foudi (2020) confirma que, el análisis de los mapas resultantes y de los escenarios serán bases fundamentales que ayudan a establecer planes para la gestión del riesgo, estos mapas de riesgo de inundación deben ser monitoreados cada determinado tiempo debido a las variaciones en el tipo de peligrasidad bajo el contexto del cambio climático.

La realización de la cobertura del suelo, la elevación, la pendiente, la densidad del drenaje, se consideraron factores importantes de determinar el riesgo de inundación mediante las herramientas SIG, estos factores mencionados fueron descargados también convertidos en productos cartográficos y geoprocesados con la ayuda de la herramienta ArcGis Pro.

Para el caso del municipio de Aguazul teniendo en cuenta la información de los resultados y análisis obtenidos del mapa de riesgo, se realizarán las recomendaciones enfocadas a la reducción de los impactos de las inundaciones en las comunidades que se verán afectadas por su ubicación dentro de las áreas más vulnerables ante este riesgo.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar el riesgo de inundación en el municipio de Aguazul, Casanare, mediante el uso de datos geoespaciales y análisis multicriterio con sistemas de información geográfica.

### **Objetivos Específicos**

- Recopilar y procesar datos geoespaciales para la caracterización de factores asociados al riesgo de inundación en el municipio.
- Reclasificar y ponderar las variables seleccionadas mediante análisis multicriterio en ArcGIS Pro.
- Generar y analizar un mapa de riesgo por inundación como resultado del modelo espacial.

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

El municipio de Aguazul, se encuentra en las estribaciones de la cordillera oriental, en la zona de transición con las sábanas, el denominado piedemonte llanero, cuenta con zonas de grandes pendientes y con zonas planas, posee una extensión total de 148 km<sup>2</sup>, de las cuales 4,23 km<sup>2</sup> corresponde al área urbana y 143.77 km<sup>2</sup> son área rural, (Jácome y Muñoz, 2018); asimismo presenta una altitud media de 300 msnm, y una temperatura promedio anual de 28°C, presenta una precipitación de 2.933,4 mm/año además este municipio cuenta con tres fuentes hídricas principales las cuales son los ríos Cusiana, Únete y Charte. Su economía se basaba en el sector agropecuario mediante la explotación ganadera (bovino doble propósito), la piscicultura y la agricultura (Secretaría de Salud y Gestión Social, s. f.).

Las inundaciones son un desastre natural poco recurrente en el municipio de aguazul, de acuerdo con el Plan Municipal para la Gestión de Riesgos de Desastres del municipio de Aguazul PMGRD (Alcaldía Municipal de Aguazul Casanare, 2012), la amenaza por inundación en el área rural como urbana son comportamientos propios de las precipitaciones del régimen bimodal, por el cual, se acentúa dos periodos en los cuales hay tendencia del incremento de la precipitación más alta en los periodos de los meses mayo a agosto como también octubre a noviembre (Alcaldía Municipal de Aguazul Casanare, 2012), ya obteniendo esta información del caso de estudio del municipio de Aguazul, el mes de precipitación seleccionado es mayo, en el cual se enfoca y se realiza el presente trabajo.

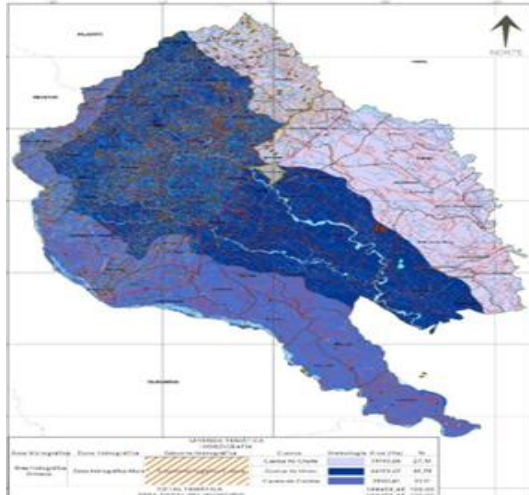
### **Metodología**

Para este caso donde se busca realizar el análisis de riesgo de inundación del municipio de Aguazul, se emplea el software SIG de ArcGIS Pro, además se implementará la metodología del análisis multicriterio, el cual permite evaluar y comparar diversas alternativas que ayuda a la toma decisión conveniente en la implementación de estrategias que mitiguen este riesgo, ya que el municipio de Aguazul comprende un alto riesgo de inundación en épocas de lluvia debido a sus tres principales ríos Cusiana, Unete y Charte (figura 1). Cada cuenca hidrográfica abarca una buena

suma de áreas en hectáreas dentro del municipio de Aguazul, estas esta simbolizadas en 3 tonos de color azul (tabla 1).

**Figura 1**

*Mapa hidrografía del municipio de Aguazul Casanare*



*Nota: Adaptado Alcaldía de Aguazul (2022)*

**Tabla 1. Áreas principales cuencas hídricas Aguazul Casanare**

Cuenca	Simbología	Área (Ha)	%
Río Charte		39143.66	27.10
Río Unete		66153.42	45.79
Río Cusiana		39161.41	27.11

**Nota:** Adaptado Alcaldía de Aguazul (2022)

Para ello se realizó la recopilación de información geoespacial como: Modelo de elevación digital del municipio de Aguazul, pendiente, precipitaciones, cobertura de suelo, flujo de las aguas por los principales drenajes del municipio, algunos de esos datos son obtenidos por los geoportales nacionales como lo son el IDEAM y el IGAC y otros portales como el USGS para la obtención del ráster. Esta información geoespacial se procederá; tomando cada uno de los datos recopilados para crear capas o imágenes claras y dentro de la herramienta SIG, cada una de estas capas son procesadas para que sean compatibles en los diferentes procesos del geoprocetamiento para garantizar la precisión en el análisis de riesgo, al tener las capas de cada una de las variables se realizó la ponderación de cada una de estas para la asignaciones de valores que a su vez permitirán general con mayor claridad el mapa final de riesgo de inundación del municipio.

En la tabla 2, se puede observar los cinco factores de riesgo de inundación, en el cual se le asigna un porcentaje ponderado a cada una de las influencias para el modelo multicriterio del municipio de Aguazul Casanare.

**Tabla 2.** *Criterios de análisis para riesgo de inundación.*

<b>Factor</b>	<b>Porcentaje</b>
Modelo de elevación digital DEM	10%
Pendientes	15%
Cobertura de tierra (Land Cover)	10%
Precipitación	35%
Distancia entre drenaje	30%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

*Nota:* Esta tabla muestra los cinco factores del análisis de riesgo de inundación y su porcentaje de influencia para aplicar en un análisis multicriterio. Adaptado de Guía de actividades y rúbrica de evaluación.

Se sigue una reclasificación para los factores de riesgo mencionados en la tabla 3, esto con el fin de generar una clasificación de escala común entre los cinco factores que permitan general la modelación y la realización de una descripción cualitativa de riesgo con sumas de valorización cuantitativa, lo cual facilita el análisis de cada factor de riesgo con enfoque multicriterio.

**Tabla 3.** *Estimación de clasificación cuantitativa y cualitativa.*

<b>Clasificación cualitativa</b>	<b>Valores</b>
Riesgo muy bajo	2
Riesgo bajo	4
Riesgo medio	6
Riesgo alto	8
Riesgo muy alto	10

*Nota:* Esta tabla muestra la relación de la descripción cualitativa del riesgo con su valor numérico correspondiente. Adaptado de Guía de actividades y rúbrica de evaluación.

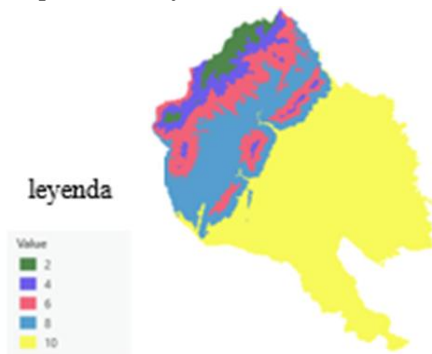
### **Reclasificación de Modelo digital de elevación (MDE)**

Este análisis multicriterio inicia desde la obtención del modelo digital de elevación (MDE), el cual también es llamado según sus siglas en inglés DEM del municipio de Aguazul Casanare. Se entiende como un modelo de estructura numérica y digital la cual representa una distribución espacial de la elevación del terreno (Burgos y Salcedo, s.f).

**Figura 2***Mapa DEM municipio de Aguazul Casanare*

*Nota:* Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Con la obtención de DEM identificando la forma del municipio de estudio, se realiza la reclasificación mediante la herramienta de análisis espacial Reclasificar, se asigna 5 intervalos dándoles un valor así como lo sugiere la tabla número 2, cuyos valores son de 2 a 10, con el fin de interpretar que las zona de más baja elevación se clasifican con 10 siendo estas de alto riesgo de inundación en el municipio de Aguazul y con 2 las zonas con una elevación más altas las cuales son de muy bajo riesgo (figura 3).

**Figura 3***Mapa Reclasificación DEM municipio de Aguazul Casanare*

*Nota:* Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Como producto de esta reclasificación se puede observar que, en el municipio de Aguazul el riesgo muy alto es representativo en más de la mitad de este mismo, ya que estas zonas son de más baja elevación por ello se considera más susceptible a riesgo de inundación.

**Generación del mapa de pendiente**

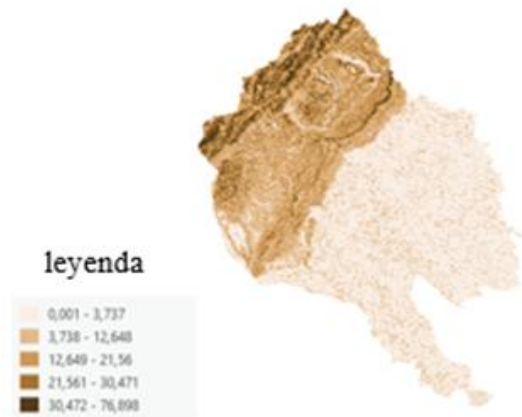
El principio teórico en el que se fundamenta un mapa de pendientes es que en mapa topográficos con curvas o niveles la pendiente relativa del terreno queda reflejada por la separación o distancia

horizontal entre curvas, a saber, que cuando más juntas estén las curvas mayores será la pendiente o inclinación del terreno, y al viceversa cuanto más separadas estén de las mismas menor es la pendiente (Hernández, 1998).

Este mapa de pendientes (figura 4) se obtuvo a partir del DEM, mediante la ayuda de herramientas de análisis espacial de pendientes, en esta se logra obtener un ráster dependiente del municipio de Aguazul que permite determinar el porcentaje de pendiente en las distintas zonas del municipio.

**Figura 4**

*Mapa de Pendiente Aguazul Casanare*

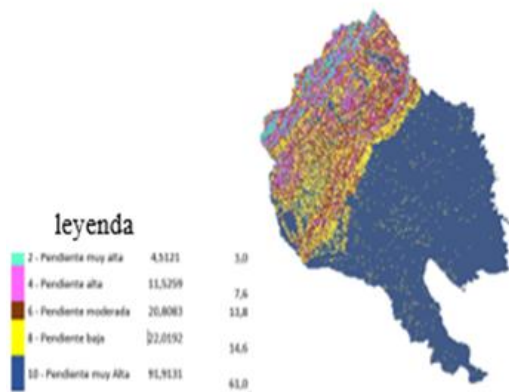


*Nota:* Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Se procede a reclasificar en 5 clases siguiendo la ponderación de la tabla 1 donde 2 se clasifican la zona con mayor inclinación que representan un riesgo muy bajo y 10 la zona con menor inclinación que representan un riesgo muy alto todo enfocado al tema de inundación, (Figura 5)

**Figura 5**

*Mapa reclasificación de pendiente*



*Nota:* Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

En la siguiente tabla 4 se puede observar que aproximadamente el 75,6% del municipio posee unas inclinaciones bajas y muy bajas, estas inclinaciones representan un riesgo alto y muy alto para inundaciones, posterior a esto sigue las pendientes moderadas que son del 13,8% indicando un riesgo de inundación medio y por último están las pendientes altas equivalen al 10,6% a las pendientes altas y muy altas las cuales corresponde a un bajo y muy bajo riesgo de inundación (Ver tabla 4).

**Tabla 4.** *Áreas con pendiente en el municipio de Aguazul Casanare.*

<b>Pendientes</b>	<b>Área (Ha)</b>	<b>% Área</b>
2 - Pendiente muy alta	4,5121	3,0
4 - Pendiente alta	11,5259	7,6
6 - Pendiente moderada	20,8083	13,8
8 - Pendiente baja	22,0192	14,6
10 - Pendiente muy baja	91,9131	61,0
<b>Total</b>	<b>150,7786</b>	<b>100</b>

*Nota:* Autoría propia, (2025)

### **Generación de mapa de cobertura de suelo**

Para este mapa, se usa una capa de cobertura del departamento de Casanare, la cual se clasifica con la propuesta de metodología Corine Land Cover (CLC) la cual es adaptada para Colombia. Esta capa es extraída con un clip para el municipio de Aguazul, en la cual se realiza la reclasificación de acuerdo con los valores de la tabla 5.

**Tabla 5.** *Clasificación coberturas del uso Nivel 2*

<b>Corine Land Cover Nivel 2</b>	<b>Clasificación de valores</b>
1.1. Zonas urbanizadas	6
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	2
1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras	4
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	2
2.1. Cultivos transitorios	8
2.2. Cultivos permanentes	8
2.3. Pastos	4
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	8
3.1. Bosques	2
3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	4
3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	6
4.1. Áreas húmedas continentales	8
4.2. Áreas húmedas costeras	6
5.1. Aguas continentales	10

*Nota:* La tabla muestra las diferentes coberturas del suelo nivel 2 y la sugerencia de clasificación de valores de riesgo. Adaptado de Guía de actividades y rúbrica de evaluación.

Realizada esta reclasificación usando la herramienta reclasificar junto con una posterior agrupación mediante la herramienta de disolver se genera el mapa de coberturas (figura 6).

**Figura 6**

*Mapa coberturas del municipio de Aguazul Casanare*



*Nota:* Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Como resultado de este análisis en la tabla 6 se encuentra las áreas que se obtuvieron de cada cobertura del municipio de estudio Aguazul Casanare, donde se observa que el municipio cuenta con 45,48% de área representativa en pastos, seguido de del 16,34% áreas agrícolas heterogéneas, 15,13% de bosques y 13% áreas con vegetación herbácea, todo esto favorece al municipio en cuanto a su economía que destaca la ganadería, en cuanto a cultivos, según este análisis cuenta con el 4,68% de cultivos transitorios, como también el 1,59% representa los cultivos permanentes. En las zonas de urbanización sólo cuenta con el 0,41%, la zonas industriales comerciales y redes de comunicación representa un 0.01%, frente a las zonas de extracción minera y escombrera las cuales tiene un porcentaje del 0,07%, esto significa que si bien están presente dentro del municipio su cobertura de área no es tan significativa, como la suma de las áreas de humedal continental y aguas continentales la cual es del 3,24% lo que indica que el municipio de Aguazul posee una rica red Hídrica mayor a las zonas ya antes mencionadas.

**Tabla 6.** *Áreas de coberturas en el municipio de Aguazul Casanare*

Corine Land Cover Nivel 2	Area (Ha)	%Área
1.1. Zonas urbanizadas	6.555	0,41
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	103	0,01

1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras	1.189	0,07
2.1. Cultivos transitorios	74.854	4,68
2.2. Cultivos permanentes	25.460	1,59
2.3. Pastos	727.244	45,48
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	261.287	16,34
3.1. Bosques	242.007	15,13
3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	207.969	13,00
3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	599	0,04
4.1. Áreas húmedas continentales	2.577	0,16
5.1. Aguas continentales	49.333	3,08
<b>Total</b>	<b>1.599.177</b>	<b>100,0</b>

*Nota:* Autoría propia, (2025)

### Generación de mapa de precipitaciones

Un mapa de precipitación representa la cantidad de lluvia que cae en una zona o región, en el cual se evalúa la ocurrencia de déficit o exceso significativo de la precipitación mediante el uso de interpolaciones como técnica geoestadística a partir de una información suministrada por estaciones pluviométricas (Merg, et al., 2011).

Para la obtención del siguiente mapa precipitación del municipio de Aguazul Casanare, se trabajó con un ráster de precipitación, con el cual se extrajo la máscara con el polígono del municipio de Aguazul, este ráster contiene los datos de precipitación del mes de mayo (figura 7).

### Figura 7

*Mapa de precipitaciones mes de mayo Aguazul Casanare*

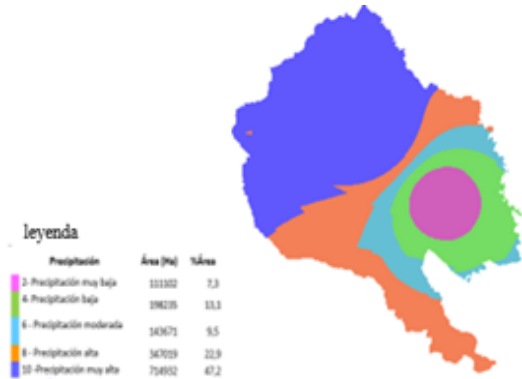


*Nota:* Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

Ya generado este mismo se procede a reclasificar para convertir en polígono y calcular las áreas, de esta manera obtener un análisis de la distribución de precipitaciones de este municipio, representado por una gama de colores manteniendo las 5 escalas que se proponen (figura 8).

**Figura 8**

*Mapa de Reclasificación de Precipitaciones Municipio Aguazul Casanare*



*Nota:* Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

De este mapa se puede observar que la precipitación alta y muy alta corresponde al 70.01% del área de municipio la cual su gran mayoría comprende a las pendientes alta y muy altas, otra parte en la pendiente baja y muy baja esto indica que esta precipitación abarca zonas montañosa, altiplanicie y llanura, la precipitación moderada equivale al 9,5% junto con la precipitación baja y muy baja que su suma representa un 20,4% estas últimas corresponde a una pendiente baja y muy baja situadas en la llanura del municipio.






**Resultados**

Generación de mapa de riesgos de inundación

El producto de análisis multicriterio que se ha manejado en el transcurso de este caso de estudio tiene como finalidad la elaboración de un mapa de riesgos de inundación, para su elaboración se combinó las múltiples capas generadas y reclasificadas estas acorde a la tabla 2, donde se usó un mismo criterio de escala; el cual permitió establecer un peso específico que muestra la importancia relativa de cada una.

Para esta consolidación se manejó la herramienta de análisis espacial llamada suma ponderada, en esta se da un porcentaje de importancia a cada factor generando el mapa y la reclasificados de acuerdo con la tabla 7 con su respectiva asignación de simbología como allí lo indica.

**Tabla 7.** *Clasificación cualitativa de riesgos por inundación*

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

*Nota:* La tabla muestra la clasificación del riesgo de inundación en cinco niveles y utiliza un código de colores para su identificación adaptado de Guía de actividades y rúbrica de evaluación.

En la figura 9 se observa el mapa final, aplicado los criterios ya mencionados anteriormente, en él se puede observar en color rojo las áreas que tienen un riesgo muy alto de inundación, el riesgo alto de inundación está representado por el color naranja, el riesgo medio se puede observar de color amarillo y por ultimo los colores verdes que representan los riesgos de inundación bajo y muy bajo.

Como lo sugiere la ponderación de la tabla 7, en la figura 10 se observa, las distribuciones de las áreas ya zonificadas con riesgo de inundación del municipio de Aguazul Casanare, donde se relaciona de color amarillo con un 26,6% el riesgo medio, este se distribuye alrededor de las zonas urbanas intermedias, que presentan una combinación de factores de vulnerabilidad moderados.

Las zonas de riesgo bajo y muy bajo se clasifican de colores verdes y una suma de porcentaje de 27.3% del área del municipio, esto corresponden principalmente a zonas con mayor pendiente, cobertura forestal y alejadas de cuerpos de agua, como riesgo alto y muy alto se tiene una suma del 46% de área del municipio, al generalizar estos resultados de porcentaje se tiene que el 72,6% del territorio del municipio de Aguazul, más de la mitad del mismo, y esto se estima que está bajo algún grado de riesgo de inundación en el mes de mayo.

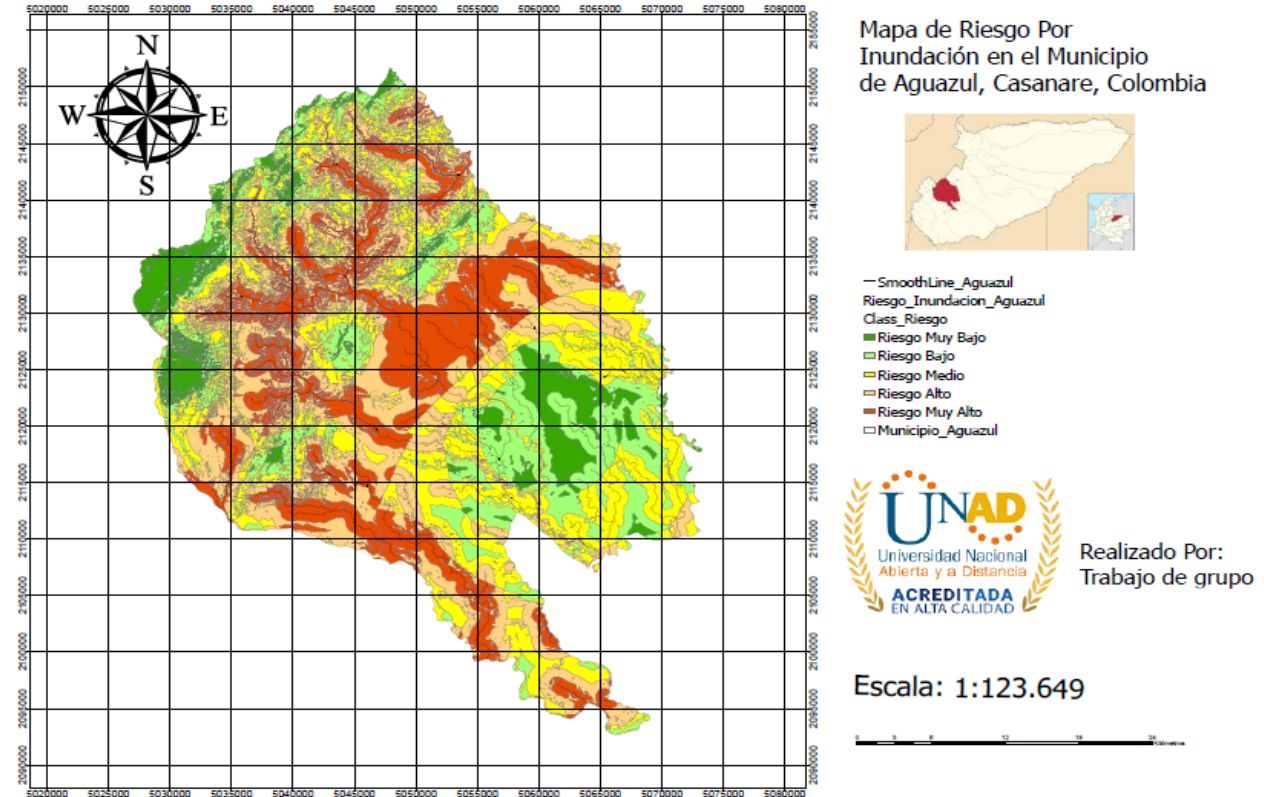
Al obtener los resultado y análisis del mapa de riesgo por inundación del municipio de Aguazul Casanare, el cual se realizado con los sistemas de información geográfica SIG, como su herramienta ArcGis Pro y análisis multicriterio, este permite diferenciar e identificar las categorías de riesgo y evaluar las posibles problemáticas que representa estos mismos para la comunidades, infraestructura, sistemas agropecuarios, zonas industriales y por supuesto los ecosistemas de las zonas de influencias.

Este análisis ayuda a una comprensión profunda de luna planificación más efectivade inundación para el municipio de Aguazul Casanare, el cual podría implementarse como medida de prevención y mitigación para reducir el impacto negativo que conlleva la inundaciones en estas áreas de población y ecosistemas ambientales, también permite comprender la vulnerabilidad de las

diferentes zonas, las cuales se podría implementar un planificación más efectiva con relación al riesgo de inundación focalizando las zonas de mayor riesgo en el municipio.

**Figura 9**

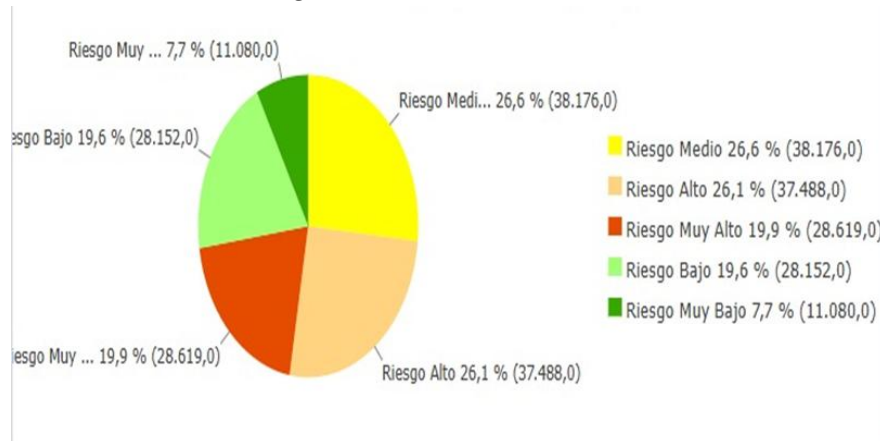
*Mapa de riesgo de inundación municipio Aguazul Casanare*



Nota: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

**Figura 10**

*Suma de áreas de riesgo*



Nota: Autoría propia, 2025 (ArcGIS Pro)

## **Conclusiones**

El uso de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) como ArcGIS Pro y análisis multicriterio, permite identificar de manera precisa las zonas más vulnerables a inundaciones dentro del municipio de Aguazul, las áreas cercanas a los ríos Charte y Cusiana, así como sectores con baja elevación, presentan un riesgo alto debido a su proximidad a cuerpos de agua y características topográficas.

Es posible deducir que el método de evaluación multicriterio utilizado en este estudio ha probado ser esencial para identificar con exactitud las áreas susceptibles a inundaciones en el municipio de Aguazul Casanare. La incorporación sistemática de elementos esenciales como pendientes, modelo digital de elevación (MDE), cobertura del terreno y las precipitaciones, no solo permitió la cuantificación del peligro, sino también la comprensión de las dinámicas espaciales que lo producen, la metodología avalada por los Sistemas de Información Geográfica, juegan un papel crucial en convertir datos complejos en información que pueda ser usada para la toma de decisiones en el arreglo territorial y la organización urbano-rural.

Con estas herramientas es posible indicar que un 46% del municipio de Aguazul Casanare puede presentar un riesgo alto o muy alto ante este fenómeno natural de inundación.

Esta modelación espacial permite visualizar y análisis la situación inercial en el municipio y poder contribuir con esta información a una implementación de medidas preventivas y correctivas ante la amenaza de inundación en las zonas de riesgo alto y muy alto del municipio de Aguazul Casanare, con el fin de mitigar impactos negativos en la agricultura, infraestructura y comunidad local para el ordenamiento agroambiental del municipio de Aguazul Casanare.

## **Recomendaciones**

Se recomienda implementar obras de mitigación de riesgo, como por ejemplo sistemas de drenaje y canales de desagüe, en las zonas identificadas con alta vulnerabilidad, (zonas rojas y naranjas, figura 9) y las zonas cercanas a los cauces de los ríos.

Es necesario fomentar programas de reforestación cerca de las cuencas hidrográficas del municipio de Aguazul como estrategia clave para reducir la escorrentía superficial y mitigar los efectos de las lluvias intensas.

Implementar sistemas de alerta temprana, capacitando a las comunidades en acciones preventivas y posibles rutas de evacuación en conjunto con los cuerpos de socorro y el programa de gestión de riesgo municipal, frente a inundaciones o fenómenos naturales inesperados, que afecten la integridad de los mismos.

**Enlace de sustentación:** <https://youtu.be/dWKxizYe0L4>

## Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Aguazul. (2024). *Análisis de Situación de salud Participativo (ASIS), Aguazul-Casanare*.  
<https://www.casanare.gov.co/Dependencias/Salud/Municipios%20Casanare/ASIS%202024%20Aguazul.pdf>
- Alcaldía de Aguazul. (2022). *Análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud*.  
<https://www.casanare.gov.co/Dependencias/Salud/Municipios%20Casanare/ASIS%202022%20Aguazul.pdf>
- Alcaldía Municipal de Aguazul Casanare. (2012). *Plan municipal de gestión del riesgo de desastres municipio de Aguazul – Casanare*.  
<https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/476/PMGRD%20Aguazul%202012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alcaldía Municipal de Aguazul. (2017). Geografía. <https://www.aguazul-casanare.gov.co/municipio/geografia>
- Burgos, V. H., y Salcedo, A. P. (s. f.). *Modelos digitales de elevación: Tendencias, correcciones hidrológicas y nuevas fuentes de información*. <https://www.ina.gob.ar/ifrh-2014/Eje3/3.10.pdf>
- OGato, G., Bantider, A. Abebe, K., y Geneletti, D. (2019) Análisis multicriterio basado en un sistema de información geográfica (SIG) del peligro y el riesgo de inundaciones en la ciudad de Ambo y su cuenca, zona de Shoa Occidental, estado regional de Oromia, Etiopía. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, Vol. 27.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214581819300801#upi0005>
- Gobernación de Casanare. (2020, 12 de noviembre). *Población de Casanare ha crecido 4 veces más que el promedio nacional*.  
<https://www.casanare.gov.co/Prensa/saladeprensa/Paginas/Poblaci%C3%B3n-de-Casanare-ha-crecido-4-veces-m%C3%A1s-que-el-promedio-nacional.aspx>
- González, J. (2006). Propuesta metodológica basada en un análisis multicriterio para la identificación de zonas de amenaza por deslizamientos e inundaciones. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, Vol. 5(8), pp. 59–70.  
<https://www.redalyc.org/pdf/750/75050806.pdf>
- Hernández, G. (1998). Metodología para la elaboración de mapas de pendientes. *Revista Geográfica de América Central* N°36, pp. 69-79.  
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/1731/1638>
- Jácome, L., y Muñoz, R. (2018). Evaluación de amenaza por inundación del Río Únete en el casco urbano del municipio de Aguazul Casanare. [Trabajo de pregrado - Universidad de la Salle] Repositorio Ciencia Unisalle. <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/1df1de87-b34e-43df-85e5-6a13feae026>

- Merg, C., Petri, D., Bodoira, F., Martín, N., Fernández, M., Schmidt, F., Montalva, R., Guzmán, L., Rodríguez, K., Blanco, F., y Selzer, F. (2011). Mapas digitales regionales de lluvias, índice estandarizado de precipitación e índice verde. *Revista Pilquen Sección Agronomía*, No. 11. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3788351>
- Olaya, V. (2020). Sistemas de Información Geográfica. Open Library. [https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas\\_de\\_informaci%C3%B3n\\_geogr%C3%A1fica](https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica) Revisar páginas: 279-335 y 449-459
- Osés-Eraso, N., y Foudi, S. (2020). Valoración de riesgos por inundaciones. *Presupuesto y gasto público*, 101, pp. 261-282. <https://www.ief.es/docs/destacados/publicaciones/revistas/pgp/101.pdf>
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, C. del R. (2018). *Lineamientos técnicos para el desarrollo de estudios de riesgo por inundación lenta*. <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/handle/20.500.11762/38819>