

# IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS CRÍTICAS A INUNDACIONES EN EL MUNICIPIO DE MONTERREY, CASANARE, COLOMBIA

Caren Yulieht Morales Pinto, [Cjmoralesp@unadvirtual.edu.co](mailto:Cjmoralesp@unadvirtual.edu.co)  
Liliana Patricia Gutiérrez Pereira, [lpgutierrezpe@unadvirtual.edu.co](mailto:lpgutierrezpe@unadvirtual.edu.co)  
Directora de grado: Evangelina Parra, [evangelina.parra@unad.edu.co](mailto:evangelina.parra@unad.edu.co)

## RESUMEN

En el presente artículo consiste en la descripción, análisis de las zonas de inundaciones en el municipio de Monterrey-Casanare, con el uso de herramientas tecnológicas esenciales para la planificación territorial y por tanto a la gestión de riesgo, las imágenes gráficas, mapas entre otros presentados en el artículo son de gran estrategia visual para las autoridades competentes en la área en uso de mitigación y adaptación, implementando prácticas en zonas de desarrollo sostenible, destacando la importancia de la protección ambiental y su desarrollo socioeconómico del municipio.

Para la identificación de las zonas afectadas y posiblemente vulnerables, se ejecuta Sistema de Información Geográficas (SIG),

herramienta de conversión de ArcGIS Pro y archivos meteorológicos recientes los cuales son compilados entre 2023 y 2024, los archivos contienen información sobre precipitaciones, cobertura de tierras, drenajes, entre otros.

Mediante el análisis multivariado se generaron mapas los cuales destacan las áreas o zonas con mayor riesgo a inundación.

Los resultados obtenidos en el mapa el cual clasifica los riesgos a inundaciones son: con un 27,6% Riesgo Medio, 24,3% Riesgo Alto, 21,7% Riesgo Bajo y con 15,0% Riesgo Muy Alto.

*Palabras claves:* Inundaciones, SIG, estadísticas, riesgo, tecnología, vulnerabilidad, análisis, identificación.

## INTRODUCCIÓN

Monterrey, un municipio ubicado en el departamento del Casanare, Colombia, enfrenta un nivel de Riesgo muy alto con el 15,0%, a causa de su ubicación Geográfica a orillas del río Túa, de acuerdo con el último boletín de condiciones hidrometeorológicas del IDEAM, del mes de mayo del presente año (2024), se presenta alerta naranja por incidencia de crecientes súbitas o inundaciones por medio del llamado de Gestión del Riesgo de Desastres de la Gobernación de igual manera se da un llamado y precauciones a los habitantes del Municipio.

Las inundaciones del Río Túa, han causado pérdidas económicas y desplazamiento de los habitantes los cuales viven a orillas del mismo, se realizan comunicados por medio de tecnologías a los habitantes de los riesgos y alertas en tiempos de lluvia, resaltando que estas inundaciones son factores naturales causados por una precipitación intensiva, cambios de uso de suelos, deforestación y construcción inadecuadas en zonas de riesgo. Gobernación del Casanare (2024)

Este artículo tiene como objetivo la identificación de áreas susceptibles a inundaciones por medio de mapas en el municipio de Monterrey-Casanare, con ayuda en datos estadísticos y meteorológicos recientes, la identificación de las áreas o zonas

a inundaciones se realiza mediante el uso de Sistema de Información Geográficos (SIG) y herramienta de conversión de ArcGIS Pro.

Al identificar las áreas vulnerables a riesgos de inundación reduce los impactos de riesgo el cual ayuda a mejorar la vida de los habitantes locales, a través de esta investigación e identificación se busca promover soluciones basadas en gestión de riesgo en el municipio de Monterrey y así aportar un desarrollo socioeconómico y seguro del municipio.

## OBJETIVO GENERAL

Identificar las áreas críticas a inundaciones en el municipio de monterrey, Casanare.

## OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Evaluar las zonas vulnerables a inundaciones del municipio de Monterrey con la interpretación en la reclasificación de riesgo a inundaciones en cinco niveles y su código de colores para su identificación.
- Proponer estrategias de manejo y planificación áreas críticas a inundaciones en el municipio de Monterrey, Casanare.
- Analizar los datos investigativos con el fin de mitigar o evitar los riesgos a inundaciones.

## **IDENTIFICACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO DEL MUNICIPIO DE MONTERREY CASANARE.**

Monterrey posee un clima tropical de sabana, lo cual es caracterizado por sus temperaturas cálidas durante todo el año, su promedio anual de temperatura es de 27 °C (Guevara, 2024). Posee una precipitación estacional, los meses de la temporada de lluvias suelen ser desde mayo a noviembre. En el mes de mayo se presenta una mayor precipitación, con un promedio de 300 mm, según (IDEAM, 2023). Esta variabilidad en el clima influye en las actividades que se presentan en la zona es decir agrícola y ganadera, así como en los recursos hídricos del municipio.

Colombia se declara en situación de desastre por inundaciones, las intensas lluvias han afectado a miles de habitantes en el norte del país “Según datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Vásquez, 2024), en el territorio nacional se han identificado 190.436 km<sup>2</sup> los cuales tienen las condiciones favorables para inundación, es decir, el 16,7 por ciento del país.

La unidad nacional de gestión de riesgo y desastres -UNGRD, crea mapas comunitarios los cuales los utilizan como herramientas clave con el fin de identificar zonas de riesgos, con el fin de poder priorizar escenarios e identificar

los posibles fenómenos que pueden resultar más amenazantes, teniendo como resultado de datos tomados de las comunidades los cuales consideran que son los movimientos en masa, inundaciones, crecientes súbitos e incendios forestales. (Uscategui, s. f.).

Gracias a esto logran identificar que en los departamentos que más se generan movimientos en masa corresponde a Cundinamarca, Tolima, Boyacá y Meta, (UNGRD, 2024). Sin embargo, también menciona que los departamentos en donde predominan las inundaciones son Casanare. según la Gobernación del Casanare (2024) menciona que, de acuerdo con el boletín del mes de mayo emitido por el IDEAM sobre las condiciones hidrometeorológicas, informan a la población del departamento de Monterrey y a sus alrededores que se encuentran en alerta roja por una alta amenaza de deslizamiento, es por esto además que se mantienen en alerta naranja por las crecientes súbitas o inundaciones que presenta el Río Túa. Las autoridades competentes como lo son La unidad nacional de gestión de riesgo y desastres UNGRD y organismos de socorro, solicitan una atención a los habitantes de Monterrey.

En el presente trabajo se identifica un caso de estudio mediante los análisis de inundaciones del Municipio de Monterrey Casanare los cuales son ejecutados en Sistema de

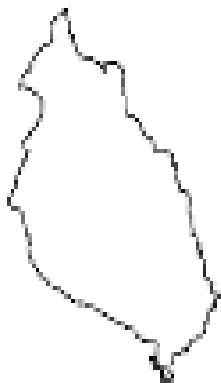
Información Geográficos (SIG) y herramienta de conversión de ArcGIS Pro, los mapas destacan las áreas o zonas con mayor riesgo a inundación.

## METODOLOGÍA

Para el desarrollo y análisis del presente trabajo se emplea el software ArcGIS Pro, la cual es la herramienta principal para la compilación del análisis en la información geográfica del caso de estudio del municipio de Monterrey Casanare, gracias a esta herramienta brindada por la institución se logra un resultado positivo, su análisis es comprendido por medio de capas determinando las zonas vulnerables o con riesgo a inundaciones dando un análisis a fondo de este municipio.

Para iniciar con el estudio de caso ubicamos el municipio de Monterrey en la capa general de municipios, seleccionamos el municipio y exportamos generando nuestra primera y principal capa del municipio.

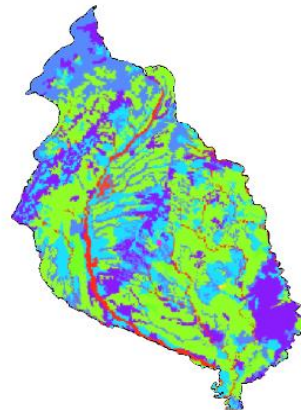
Figura 1. Municipio de Monterrey, Casanare



Elaboración propia, 2024.

Seguido se realiza el cargue del DEM del municipio para poder realizar el levantamiento de la capa de pendientes, cargamos también mapa de coberturas de tierras Corine Land Cover, este fue descargado desde el portal Colombia en Mapas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, luego generamos capa con herramienta de polígono a ráster generándonos la siguiente imagen.

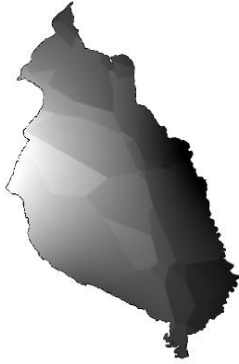
Figura 2. Capa Ráster de cobertura de tierras Corine Land Cover



Elaboración propia, 2024.

Para el análisis del caso se investiga que en el mes de mayo es donde se presenta mayor precipitación ya con esta información se descarga la capa y se realiza el proceso de extracción por máscara.

Figura 3. Capa precipitación



Elaboración propia, 2024.

De igual manera se extrae una nueva capa la cual nos identifica el flujo acumulado, Para obtener una visualización mejor se activa en Simbología, y la opción Tipo de extensión-Desviación Típica y así observamos con mayor detalle el flujo de acumulación.

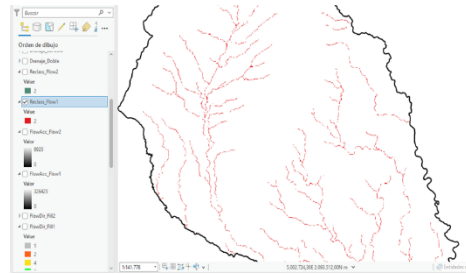
Figura 4. Flujo de acumulación



Elaboración propia, 2024.

Se realiza reclasificación del ráster de flujo de acumulación en dos clases los cuales nos identifica los canales de cursos de agua.

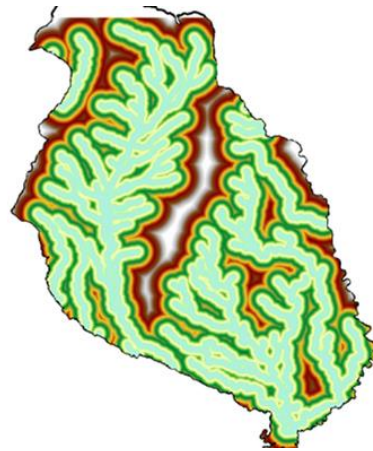
Figura 5. Reclasificación de flujo de acumulación en dos clases.



Elaboración propia, 2024.

A partir de esto podemos realizar proceso de distancia euclidiana para visualizar la distancia que hay entre los drenajes.

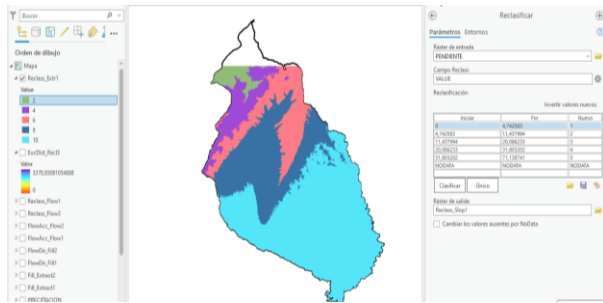
Figura 6. Distancia euclidiana



Elaboración propia, 2024.

Se realizo reclasificación a través del método de Rupturas naturales (Jenks) ya que este nos permite cambiar las clases a 5 dándonos como resultado la siguiente imagen.

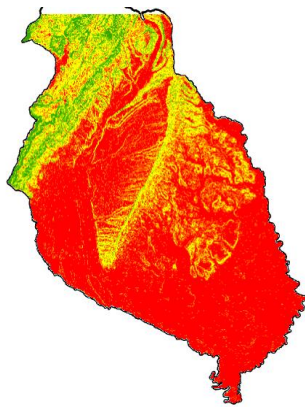
Figura 7. Reclasificación DEM\_municipio Monterrey, Casanare



Elaboración propia, 2024.

Adicional se ajustaron los valores teniendo en cuenta que se hablan de grados de inclinación de las pendientes y estos se ajustaron a números enteros para reclasificar pendientes.

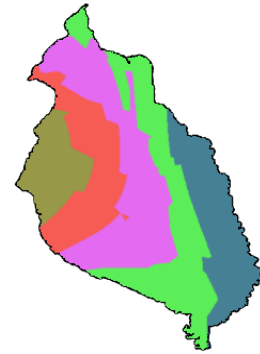
Figura 8. Reclasificación de pendientes



Elaboración propia, 2024.

Para realizar la reclasificación de la capa de precipitación con el método Rupturas naturales (Jenks), se realizó modificación en orden ascendente, es decir 4, 6, 8 y 10, de esta manera nos representaría las precipitaciones siendo 10 la más alta.

Figura 9. Reclasificación precipitaciones



Elaboración propia, 2024.

Para la reclasificación de coberturas de tierras Se realizo proceso a través de herramienta reclasificar en donde se tuvieron en cuenta las zonas de cobertura de suelo. Se agregaron los valores según lo recomendado en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de coberturas de suelo

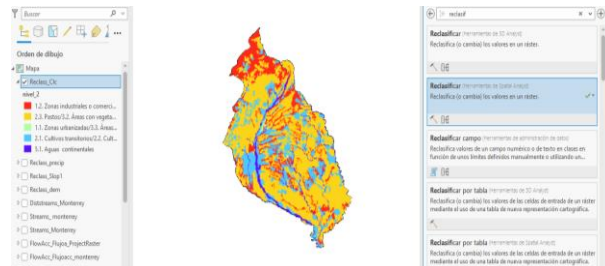
Clasificación coberturas de suelo Nivel 2.

Corine Land Cover Nivel 2	Clasificación de valores
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
5.2. Aguas marítimas	6

Nota: La tabla muestra las diferentes coberturas del suelo nivel 2 y la sugerencia de clasificación de valores de riesgo.

Nota. Tabla tomada de la guía de aprendizaje 2024.

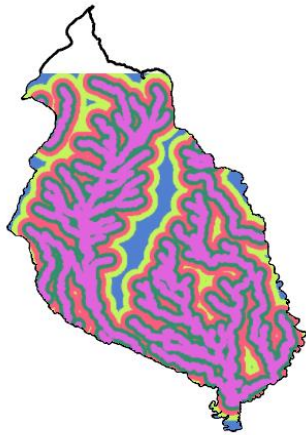
Figura 10. Reclasificación de cobertura de suelo



Elaboración propia, 2024.

Se realizo proceso de reclasificación en capa de drenajes y se verifica ajustando los valores de la tercera columna, teniendo en cuenta que entre más cercanos en distancia estén los drenajes, mayor será la probabilidad del riesgo.

Figura 11. Reclasificación de distancia de drenajes



Elaboración propia, 2024.

Después de haber realizado lo anterior, es decir, Reclasificación DEM del municipio de Monterrey- Casanare, Reclasificación de pendientes, Reclasificación precipitaciones, Reclasificación de cobertura de tierras, Reclasificar distancia de drenajes. Una vez reclasificados los factores se generó el mapa a partir de la suma ponderada en función de los pesos de porcentaje dados en la Tabla 2, donde estos valores se dividieron en 100 para poder tomar porcentaje

Tabla 2. Criterios para análisis de riesgo

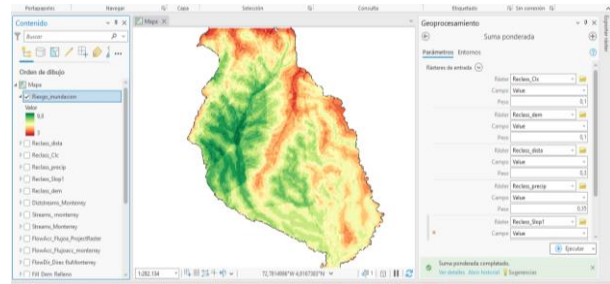
Criterios de análisis para riesgo de inundación

Factor	Porcentaje
Modelo de elevación digital DEM	10%
Pendientes	15%
Cobertura de tierras (Land cover)	10%
Precipitación	35%
Distancia entre drenajes	30%
Total	100%

Nota: Esta tabla muestra los cinco factores del análisis de riesgo de inundación y su porcentaje de influencia para aplicar en un modelo multicriterio

Nota. Tabla tomada de la guía de aprendizaje 2024.

Figura 12. Resultado de la suma ponderada



Elaboración propia, 2024.

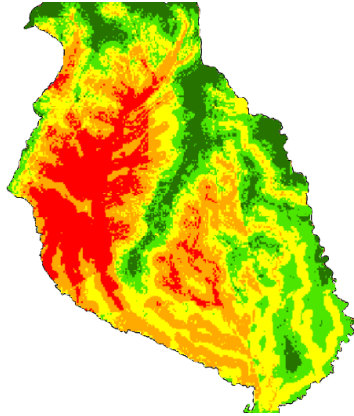
Para poder reclasificar el mapa se tomaron en cuenta los datos de la tabla 3 en donde nos muestra la clasificación en cinco niveles y utiliza un código de colores para su identificación. (reclasificación de riesgo por inundación).

Tabla 3. Reclasificación de riesgo por inundación

Clasificación cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	Verde
Riesgo bajo	2	Verde claro
Riesgo medio	3	Amarillo
Riesgo alto	4	Naranja
Riesgo muy alto	5	Rojo

Nota. Tabla tomada de la guía de aprendizaje 2024.

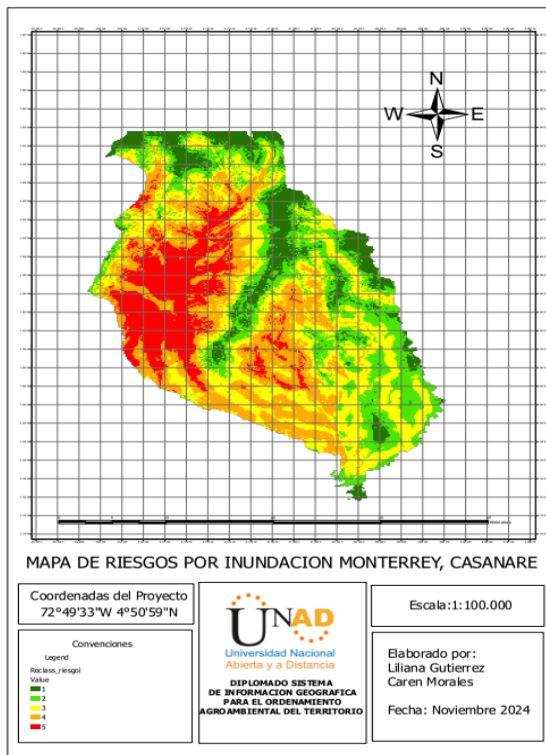
Figura 13. Resultado de reclasificación por colores



Elaboración propia, 2024.

Por último, obtenemos el mapa final el cual nos identifica las zonas reclasificadas con riesgo de inundaciones

Figura 14. Mapa Zona riegos por inundación

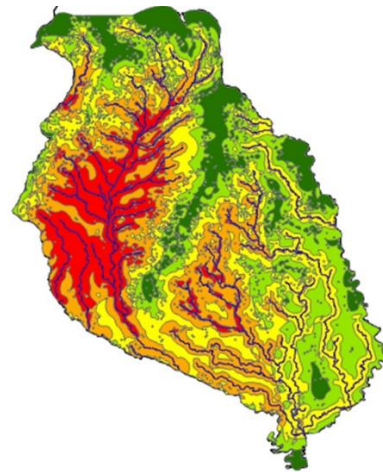


Elaboración propia, 2024.

## RESULTADOS

Teniendo en cuenta los resultados de las imágenes observamos que las áreas que presentan afluentes de río las zonas de mayor riesgo (en color rojo) están asociadas a la presencia de afluentes de ríos o cuerpos de agua cercanos. Es por esto por lo que estas áreas presentan una mayor probabilidad de inundación, más aún en temporada de altas precipitaciones como lo es en este caso en el mes de mayo.

Figura 15. Zonas susceptibles a inundaciones con afluentes de ríos.



Elaboración propia, 2024.

Los resultados obtenidos en el mapa el cual clasifica los riesgos a inundaciones son: con un 27,6% Riesgo Medio, 24,3% Riesgo Alto, 21,7% Riesgo Bajo y con 15,0% Riesgo Muy Alto.

Figura 16. Clasificación de riesgos por inundación.



Elaboración propia, 2024.

La clase que mayor porcentaje presenta es el Riesgo medio con 27,6 % lo cual representa la mayor proporción del territorio. Pues en estas zonas si nos guiamos del mapa tienen una probabilidad moderada de que sean afectadas por las inundaciones, sin embargo, estas requirieren de medidas preventivas, aunque sean menos estrictas que las zonas de riesgo alto o muy alto.

Riesgo Alto (naranja, 24.3%), Es la segunda clase más significativa, lo cual nos muestra que estas áreas tienen una mayor probabilidad de inundarse, es importante sugerir que estas áreas requirieren de atención prioritaria en cuanto a planificación y mitigación, ya que están más expuestas a los cuerpos de agua.

Riesgo Bajo (verde, 21.7%) son zonas que representan una baja probabilidad de inundación, esto se presenta posiblemente por la altitud o por el buen drenaje de sus suelos,

estas zonas pueden ser adecuadas para realizar actividades humanas pues no generan una preocupación con respecto a las inundaciones.

Riesgo Muy Alto (rojo, 15.0%): Aunque representa una proporción pequeña, es crítica ya que estas zonas son las que presentan una mayor vulnerabilidad con respecto a inundaciones, pues estas zonas son las que se encuentran ubicadas sobre planicies aluviales o muy cerca de ríos y afluentes principales.

Siendo que las áreas que tienen presencia Mayor son áreas de riesgo medio y alto representan más del 50% del territorio esto nos refleja que hay una alta o significativa exposición a posibles inundaciones en estas zonas. Las zonas críticas de alto y muy alto riesgo representan el 39.3% del territorio estas zonas requieren de acciones rápidas o monitoreo constante, además de obras con el fin de mitigar posibles desastres, se requiere que la planificación urbana sea proyectada alejada de estas zonas. podemos decir que hay zonas seguras que son las de bajo riesgo, 21.7% ya que estas son las menos vulnerables, estas zonas si se podrían desarrollar para espacios estratégicos para el desarrollo.

## CONCLUSIONES

Con el uso de las herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se pudieron identificar las zonas que se encuentran más vulnerables a posibles inundaciones en el municipio de Monterrey, estas áreas ubican principalmente cerca del río Túa y afluentes hídricas aledañas, lo cual demuestra que existe una relación directa entre la proximidad a cuerpos de agua y el riesgo de inundaciones.

En el departamento del Casanare el régimen de lluvias se encuentra muy influenciado gracias a su ubicación es decir la región de los Llanos Orientales, por lo que le atribuye un clima tropical monzónico, y este está caracterizado por una estacionalidad marcada de lluvias..

Debido a esta marcada estacionalidad en el Casanare, se pueden definir las dinámicas sociales, económicas y ambientales que se presentan en la región, la cual la planificación territorial y la gestión de los recursos hídricos son importantes ya que se pueden mitigar los efectos negativos que estén asociados ya sea con el exceso de agua o déficit en las diferentes temporadas del año.

La evaluación de zonas con riesgo a inundación, la clasificación del riesgo en niveles y la formulación de estrategias de

manejo aliado con una correcta planificación nos permiten identificar las áreas críticas, esto con el fin de priorizar acciones que nos ayuden a mitigar la problemática con el fin de poder tomar decisiones acertadas ya que se quiere tener como resultado la reducción de los impactos en el municipio. Además, el análisis de datos investigativos proporciona una base sólida para desarrollar medidas preventivas y promover un desarrollo urbano sostenible en zonas propensas a este tipo de desastres, es posible poder abordar la problemática mediante acciones estructurales, como por ejemplo obras hidráulicas, junto con sistemas de drenaje, y además obras no estructurales, que tienen relación con el trabajo y educación con la comunidad, esto ligado a la buena planificación territorial, ya que nos puede ayudar a generar alertas tempranas con el fin de evitar posibles estragos. Con estas estrategias no solo se mitigan eventos climáticos extremos, sino que además nos ayudan a fortalecer la resiliencia de la población, ya que nos ayudan a promover un desarrollo que sea urbano sostenible, sino que también nos ayude a contribuir con la conservación del medio ambiente.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda alcanzar los objetivos y tener en cuenta todos los elementos del plan de gestión territorial, junto con las vulnerabilidades en las áreas de restricción, por tanto, se busca

mantener tanto la integridad de la flora y fauna presente en este territorio, así como la seguridad de todos los habitantes.

- Se propone a las autoridades pertinentes llevar a cabo campañas de interacción social con las comunidades cercanas al río o fuentes de agua que podrían causar inundaciones, con relación a cómo proceder en situaciones de emergencia y cómo evitar o mitigar estos riesgos.
- Se recomienda realizar un plan de gestión territorial, junto con las delimitaciones en las áreas de riesgo. Es aconsejable que la sociedad y las autoridades pertinentes mantengan al día el plan de Estrategia Municipal de Respuesta a Emergencias (EMRE), que debe ser puesto en marcha y monitoreado de manera constante en el área de influencia.
- Se recomienda enfocarse específicamente en el río Túa, pues esto les proporcionaría ventajas en términos de no ser tan propensos a las inundaciones.
- Se recomienda trabajar o implementar planes ambientales los cuales establezcan sanciones para las personas que contaminen el río o fuentes hídricas de igual manera implementar un plan de reforestación en las zonas aledañas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, N. A. A. (2022, 9 agosto). Inundaciones tienen afectadas a 2.330 familias en Casanare. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/inundaciones-en-casanare-por-temporada-de-lluvias-693258>
- Ayala-García, J., & Ospino-Ramos, K. (2023, 7 julio). *Desastres naturales en Colombia: un análisis regional*. BANCO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. <https://repositorio.banrep.gov.co/items/d6cbcd29-dcb5-42bb-892a-78dd0f3dd788>
- Cedeño, S. J. y Vega, F. (2020). *Reconocimiento, digitalización y caracterización visual en campo de deslizamientos en laderas o taludes. Estudio de caso Aguazul - Casanare cuenca Únete*. <https://ciencia.lasalle.edu.co/items/6ecf5c76-286b-4eaf-9c3b-47e4b9dbfb48/full>
- Codazzi-IGAC, I. G. A. (s/f). Colombia en mapas. Gov.co. Recuperado el 24 de noviembre de 2024, de <https://www.colombiaenmapas.gov.co>
- Editor1. (2022, 8 julio). *Cinco municipios de Casanare reportan emergencias por lluvias e inundaciones*. El Diario del

- Llano. <https://eldiariodelllano.com/cinco-municipios-de-casanare-reportan-emergencias-por-lluvias-e-inundaciones/>
- Gobernación de Casanare. (2024). Gestión del riesgo: Alerta por deslizamientos y altos niveles en ríos de Casanare. Sala de Prensa. <https://www.casanare.gov.co/Prensa/SaladePrensa/Paginas/Gesti%C3%B3n-del-riesgoAlerta-por-deslizamientos-y-altos-niveles-en-r%C3%ADos-de-Casanare.aspx>
- Guevara, J. E. (2024, 16 abril). Departamento del Casanare. *encolombia.com*. <https://encolombia.com/educacion-cultura/geografia-colombiana/departamentos/casanare/>
- IDEAM (2023). Boletín Agroclimático Nacional Mayo. Edición 100. <https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/boletines/Bolet%C3%ADn-agroclim%C3%A1tico-nacional>
- IDEAM (2024). Boletín Agroclimático Nacional Mayo. Edición 112. <https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/boletines/Bolet%C3%ADn-agroclim%C3%A1tico-nacional>
- Leonardo, R. F. J. (2019). *Evaluación de amenaza por sequías meteorológicas y su impacto en el recurso suelo, caso estudio finca La Ponderosa, municipio de Monterrey, Casanare*. <https://repositorio.unbosque.edu.co/items/2db31b66-68b3-4a01-8fb3-7cfe18c12faf>
- Uscategui, E. (s. f.). Municipios identifican riesgos de inundación, remoción en masa y crecientes súbitas. ANP Noticias. <https://anpnoticias.com/municipios-identifican-riesgos-de-inundacion-remocion-en-masa-y-crecientes-subitas/>
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo a Desastres-UNGRD (2024, 24 octubre) *Con la estrategia de mapas comunitarios, la UNGRD se toma el país*. <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2024/Con-la-estrategia-de-mapas-comunitarios-la-UNGRD-se-toma-el-pais.aspx>
- Vásquez, G. B. (2024, 07 de junio). Inundaciones en Colombia: ¿dónde son más frecuentes en el país y cuándo es probable que ocurran? El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/inundaciones-en-colombia-donde-son-mas-frecuentes-en-el-pais-y-cuando-es-probable-que-ocurran-3350484>.

Yiset, G. E. S., María, L. G. A., & Carlos, P. R.

L. (2019). *Caracterización climatológica de un transepto del piedemonte del departamento de Casanare*. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia. <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/6ed686be-481d-4626-a4d7-b11d7a592e2c>

**Enlace de sustentación:**

<https://youtu.be/QvAsddAUIWo>