

## Análisis agroambiental y flujos hidrológicos en el municipio de Macanal Boyacá

Autores:

Edward Danilo Salguero Vega - [edsalguero@unadvirtual.edu.co](mailto:edsalguero@unadvirtual.edu.co)  
Deisy Vanessa Avendaño García - [dvavendanog@unadvirtual.edu.co](mailto:dvavendanog@unadvirtual.edu.co)  
Liz Yadira Valderrama Macías - [lyvalderramam@unadvirtual.edu.co](mailto:lyvalderramam@unadvirtual.edu.co)

Docente asesor: Gina Carolina Posada Correa

### Resumen

El municipio de Macanal, Boyacá, presenta una alta vulnerabilidad a fenómenos naturales como las inundaciones debido a factores como su topografía montañosa, el clima cálido-húmedo y la incidencia del cambio climático. Este estudio empleó herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), específicamente ArcGIS Pro, para analizar las condiciones agroambientales y los riesgos asociados a inundaciones en el territorio. A través de un Análisis Multicriterio (AMC), se reclasificaron y ponderaron criterios como flujo hidrológico, acumulación de agua y condiciones topográficas, identificando áreas de riesgo clasificadas en cinco categorías: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Los resultados destacan que el 47.7% del territorio presenta riesgo bajo o muy bajo, mientras que el 24.91% se clasifica como de riesgo alto o muy alto, concentrándose en áreas críticas que requieren intervención prioritaria. Los hallazgos sugieren que las zonas de alto riesgo demandan estrategias urgentes como la implementación de infraestructuras verdes, sistemas de alerta temprana y medidas de reforestación. Este análisis contribuye al ordenamiento territorial y a la gestión sostenible del municipio, promoviendo la mitigación de riesgos y la adaptación al cambio climático en las áreas más vulnerables.

**Palabras claves:** Desastres, Hidrológico, Riesgo, Vulnerabilidad.

### Introducción

El municipio de Macanal, “ubicado en el departamento de Boyacá, Colombia, es una región caracterizada por su riqueza hídrica y su vulnerabilidad a riesgos asociados con fenómenos naturales como inundaciones. Estos eventos, intensificados por factores como el cambio climático, la deforestación y el uso inadecuado del suelo, han generado impactos significativos en el territorio, afectando” (Gobernación de Boyacá 2023) tanto la infraestructura como las actividades productivas y la calidad de vida de sus habitantes (Guzmán et al., 2020).

En el ámbito nacional, se han implementado diversas políticas y estrategias para mitigar el impacto de las inundaciones, como el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD), que promueve la adopción de medidas preventivas, correctivas y prospectivas en los territorios vulnerables (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres UNGRD, 2021). A nivel local, sin embargo, los desafíos persisten debido a limitaciones en la planificación territorial y en la implementación de herramientas geoespaciales avanzadas para la toma de decisiones.

### Problema y Alcances

El presente trabajo utiliza el programa ArcGIS Pro para analizar las condiciones agroambientales y los riesgos asociados a las inundaciones en el municipio de “Macanal en el departamento de Boyacá. Este enfoque permite identificar las áreas más susceptibles, clasificar los usos del suelo y generar modelos que contribuyan a la toma de decisiones en la gestión del territorio. Los resultados de este estudio buscan no solo aportar a la comprensión de los riesgos presentes en Macanal, sino también ser un insumo valioso para la planificación territorial y la implementación de medidas preventivas.”(Gobernación de Boyacá, 2023).

### Objetivos

#### General

Analizar las condiciones y los riesgos agroambientales asociados a las inundaciones en el municipio de Macanal, Boyacá, mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

#### Específicos

Caracterizar el municipio de Macanal, Boyacá, desde un enfoque agroambiental, identificando las principales unidades de uso del suelo y las áreas susceptibles a inundaciones.

Evaluar los riesgos asociados a las inundaciones, considerando factores como el flujo hidrológico, la acumulación de agua y las condiciones topográficas del territorio.

Identificar áreas vulnerables a inundación y proponer estrategias para una gestión territorial sostenible.

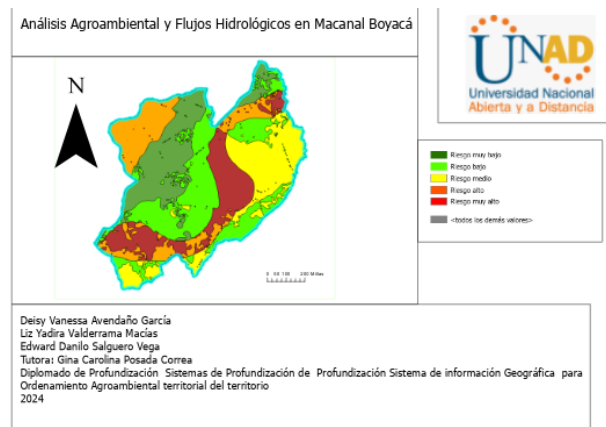
### Identificación del caso de estudio

El municipio de Macanal se encuentra ubicado en la región oriental del departamento de Boyacá, en la provincia de Neira, Colombia. Su extensión territorial abarca aproximadamente

174 km<sup>2</sup>, con una altitud promedio de 1.200 metros sobre el nivel del mar (msnm). Esta posición geográfica lo sitúa en un contexto montañoso, caracterizado por pendientes pronunciadas y un relieve. El terreno en Macanal, Boyacá, es caracterizado por sus pendientes pronunciadas, lo que afecta directamente la dinámica hídrica, aumentando el riesgo de erosión y deslizamientos de tierra, además de la posibilidad de inundaciones. Las áreas con pendientes pronunciadas suelen tener suelos más susceptibles a la escorrentía superficial durante fuertes lluvias. Este tipo de relieve facilita la acumulación de agua en zonas bajas, lo que agrava los riesgos asociados con las inundaciones y genera un desafío para la planificación y manejo del territorio que influye directamente en la dinámica hídrica del territorio (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2020)

### Figura 1

Mapa Macanal, Boyacá



Fuente. Autoría Propia, 2024.

En términos climáticos, Macanal presenta un clima predominante de tipo cálido-húmedo, con una temperatura promedio anual de 21 °C. Las precipitaciones son recurrentes durante gran parte del año, alcanzando su pico máximo en los meses de abril y octubre, con valores promedio superiores a los 200 mm mensuales (IDEAM, 2021). Este régimen de lluvias, sumado a las

características del terreno, el terreno de Macanal, Boyacá, presenta características de pendientes pronunciadas, lo que genera una dinámica hídrica compleja, aumentando los riesgos de escorrentía y erosión. La topografía también influye en la acumulación de agua en zonas bajas, lo que incrementa el potencial de inundaciones. Estos factores, sumados al uso inadecuado del suelo y la deforestación, afectan la estabilidad del terreno, generando riesgos adicionales para la población y la agricultura. Es crucial abordar estos aspectos en la gestión del riesgo y la planificación territorial. Narvéz, L., Lavell, A., & Pérez Ortega, G. (2009). Indica que se deben mejorar la coordinación en la búsqueda de intervenciones en los riesgos ambientales con el fin de minimizar los eventos que se presentan.

Incrementa la susceptibilidad del municipio a fenómenos como inundaciones y deslizamientos.

Para este análisis, se trabajó específicamente con datos de precipitación correspondientes al mes de octubre, considerado uno de los períodos de mayor acumulación de agua en la región. Los datos fueron proporcionados por estaciones meteorológicas locales y procesos mediante herramientas SIG para evaluar los riesgos asociados a inundaciones. (IDEAM, 2021).

El municipio de Macanal es también conocido por su relación con el embalse de Chivor, una de las infraestructuras hidroeléctricas más importantes de Colombia, lo que resalta la necesidad de gestionar adecuadamente los recursos hídricos y prevenir posibles impactos en las áreas aledañas al embalse (UNGRD, 2025).

## Figura 2

Contorno y topografía de Macanal, Boyaca.



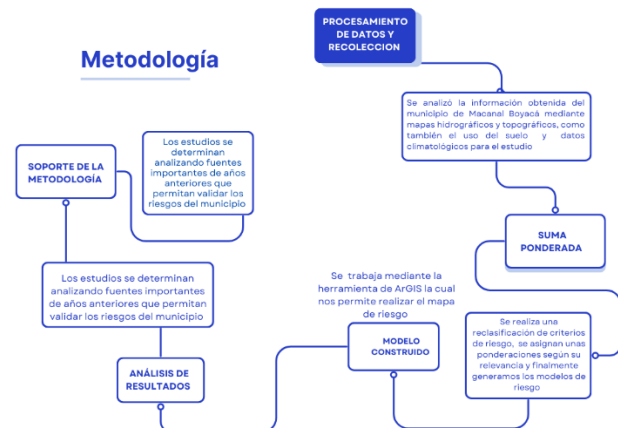
Fuente. Autoría Propia, 2024.

## Metodología

Se realizó un análisis de la información geográfica, hidrográfica, climática del municipio de Macanal Boyacá donde se tomaron los meses de Abril y Octubre con mayor promedio de lluvias, esto nos permitió realizar la modelación de las áreas más vulnerables de la zona.

## Figura 3

Metodología



Nota. Estrategia en la metodología. Fuente. Autoría propia. 2024

## Análisis Multicriterio

El presente estudio utiliza el Análisis Multicriterio (AMC) como enfoque principal para evaluar los riesgos de inundación.” Este método es ideal para integrar múltiples criterios cuantitativos y cualitativos, permitiendo la toma de decisiones basada en la combinación ponderada de diferentes factores.”( Saaty, T. L. (2021)

El AMC aplicado aquí se basa en dos etapas principales:

1. Reclasificación de criterios.
2. Suma ponderada de los mismos para generar un modelo integral de evaluación de riesgo.

El objetivo es identificar las áreas con mayor susceptibilidad a inundaciones mediante el análisis sistemático de las categorías de riesgo y sus características asociadas. Se conecta con la información suministrada al analizar cómo la combinación de criterios cuantitativos y cualitativos en el análisis de riesgos permite identificar áreas con mayor susceptibilidad a inundaciones. Al integrar variables como la topografía, el uso del suelo, y las condiciones hidrológicas, se facilita la evaluación de las zonas más vulnerables, lo que ayuda en la toma de decisiones para la gestión del riesgo y la planificación territorial. Esto refuerza la importancia de una evaluación integral y precisa para mitigar los impactos de las inundaciones.

### Reclasificación de Criterios

La reclasificación de criterios consistió en categorizar las áreas geográficas según su nivel de riesgo de inundación, utilizando las siguientes categorías:

#### Figura 4

*Reclasificación de riesgo de inundación*

Clasificación cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	19.8%
Riesgo bajo	2	27.9%
Riesgo medio	3	19.0%
Riesgo alto	4	17,0%
Riesgo muy alto	5	16,3%

*Nota.* Clasificación y áreas de riesgo de inundación en el municipio de Macanal, Boyacá.

Se analizaron datos como el área geográfica afectada y su clasificación en términos de riesgo. En este proceso:

- Las áreas con mayor extensión y menor probabilidad de inundación se clasificaron como Riesgo Muy Bajo.
- Las áreas con menor extensión y mayor probabilidad de inundación fueron etiquetadas como Riesgo Muy Alto.

### Tabla 1.

*Datos Relevantes*

Gridcode	Clasificación del riesgo	Área en Hectáreas
1	Riesgo muy Bajo	39552837
2	Riesgo Bajo	55760238
3	Riesgo Medio	38010960
4	Riesgo Alto	33672362
5	Riesgo Muy Alto	32540955

*Nota.* Esta clasificación permite priorizar las zonas con mayor vulnerabilidad. *Fuente.* Autoría Propia, 2024.

### Suma Ponderada

En esta etapa, se asignaron ponderaciones específicas a cada categoría de riesgo con base en su impacto relativo. El modelo final se construyó sumando los valores ponderados de cada criterio

### Fórmula utilizada

$$Riesgo\ Final = \sum_{i=1}^n (criterio_i \times Peso_i)$$

Fuente: Saaty, T. L. (2021)

**Tabla 2**

*Ponderaciones de Riesgo*

Ponderaciones propuestas	
Riesgo Muy Bajo	0.1
Riesgo Bajo:	0.2
Riesgo Medio	0.4
Riesgo Alto	0.8
Riesgo Muy Alto	1.0

*Nota.* Ponderaciones propuestas de Riesgo en Macanal, Boyacá. *Fuente.* Autoría propia, 2024.

Ejemplo: Si un área tiene un riesgo categorizado como Riesgo Alto y un área total de 33,672,360 hectáreas, el valor ponderado sería:

$$33,672,360 \times 0.8 = 26,9327,888$$

Este valor contribuye al cálculo total del riesgo en el área.

### Implementación del Modelo

El modelo fue implementado utilizando herramientas de análisis geoespacial y procesamiento de datos. Los pasos realizados incluyen:

**Carga y limpieza de datos:** Los datos iniciales se normalizaron para corregir inconsistencias, como valores mal formateados.

**Clasificación por criterios:** Se organizaron las categorías de riesgo.

**Cálculo ponderado:** Se aplicaron las fórmulas para obtener los valores finales por área.

**Visualización:** Generación de mapas y tablas que representan los niveles de riesgo.

Se pueden incluir pantallazos de los procesos, como:

- Mapa de categorías de riesgo.
- Proceso de asignación de ponderaciones en software especializado (por ejemplo, QGIS o ArcGIS).

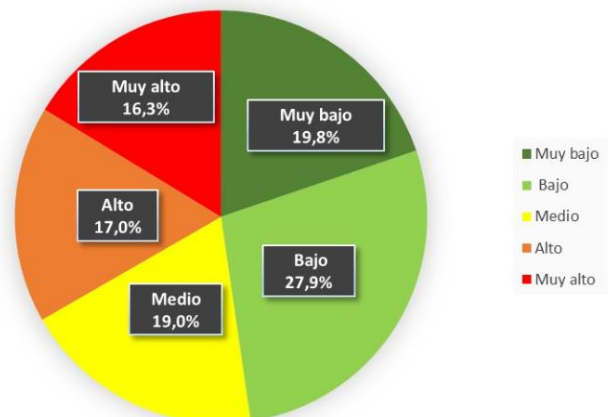
## Resultados

### Análisis General del Riesgo de Inundación

Con base en el análisis realizado, se obtuvo una distribución de las áreas por categorías de riesgo de inundación. Según la suma de las áreas totales, los resultados cualitativos se distribuyen de la siguiente manera:

**Figura 5**

#### Clasificación Riesgo de Inundación



*Fuente.* Autoría Propia, 2024.

- Riesgo Bajo: 27.9% del área total analizada.
- Riesgo Muy Bajo: 19.8% del área total analizada.
- Riesgo Medio: 19.0% del área total analizada.
- Riesgo Alto: 17.0% del área total analizada.
- Riesgo Muy Alto: 16,3% del área total analizada.

La Figura adjunta en formato de pastel visualiza esta distribución, destacando las categorías de menor y mayor incidencia en términos de áreas geográficas.

### Identificación de Áreas Críticas

A partir del análisis multicriterio y la metodología aplicada:

- Las áreas con mayor riesgo de inundación (categoría "Riesgo Muy Alto") presentan una menor extensión en comparación con las de "Riesgo Bajo", lo que indica una alta concentración de factores de vulnerabilidad en espacios más reducidos.
- Las áreas clasificadas como de "Riesgo Bajo" constituyen la mayor proporción del territorio, lo cual puede implicar menores afectaciones en general, pero representa una distribución más amplia del riesgo en términos de cobertura espacial.

### Interpretación del Impacto

- Comunidades: Las zonas de alto y muy alto riesgo afectan potencialmente a las comunidades más vulnerables debido a su concentración en regiones específicas.
- Infraestructuras: Las áreas críticas pueden comprometer infraestructuras clave, como caminos y servicios públicos, en las zonas afectadas por riesgos altos y muy altos.
- Sistemas agropecuarios y ecosistemas: La vulnerabilidad de estos sistemas se incrementa en las zonas de riesgo alto, afectando directamente la productividad agrícola y la estabilidad ambiental.

### Comparación de Categorías de Riesgo

**Figura 6**

*Clasificación cualitativa*

Id. Color	Tipo de riesgo	Porcentaje	Área_Hectareas
	Muy bajo	19,8%	39552837
	Bajo	27,9%	55760238
	Medio	19,0%	38010960
	Alto	17,0%	33672362
	Muy alto	16,3%	32540955

*Fuente.* Autoría propia, 2024.

### Distribución General del Riesgo

- Riesgo Bajo: Representa la mayor proporción del territorio con un 27.9% del área total (55,760,240 hectáreas). Esto indica que una parte significativa del territorio analizado está clasificada con menor probabilidad de inundación, lo cual puede implicar una relativa estabilidad en la mayoría de las áreas.
- Riesgo Muy Bajo: Ocupa el 19.8% del área total (39,552,840 hectáreas). Estas zonas son aún menos propensas a inundaciones, lo cual es relevante para zonas destinadas a infraestructuras críticas y desarrollo urbano.
- Riesgo Medio: Representa el 19.0% del territorio (38,010,960 hectáreas). Estas áreas se encuentran en un nivel intermedio, donde la probabilidad de inundación no es despreciable, por lo que requieren monitoreo.
- Riesgo Alto: Abarca un 12.67% del área total (33,672,362.6 hectáreas). Aunque es menor en extensión comparado con las categorías anteriores, estas áreas representan una amenaza significativa

debido a su susceptibilidad a inundaciones.

- Riesgo Muy Alto: Con un 12.24% (32,540,955.2 hectáreas), estas zonas son críticas. A pesar de ser la categoría con menor extensión, su nivel de vulnerabilidad es el más alto, lo que demanda atención prioritaria.



### Comparación de Categorías de Riesgo:

- Las categorías de riesgo más bajo (Muy Bajo y Bajo) representan en conjunto el 47.7% del área total. Esto sugiere que casi la mitad del territorio presenta condiciones de bajo riesgo.
- Por otro lado, las categorías de mayor riesgo (Alto y Muy Alto) representan un 24.91% en total, lo que indica que una cuarta parte del territorio está en situación de vulnerabilidad.

### Implicaciones Territoriales:

- Las áreas de alto y muy alto riesgo deben priorizarse en planes de mitigación y adaptación, ya que albergan ecosistemas críticos, comunidades vulnerables o infraestructuras clave.
- Las áreas de riesgo bajo y muy bajo pueden ser consideradas como zonas potenciales para actividades económicas o infraestructura de menor riesgo, pero siempre considerando medidas preventivas.

### Figura 7

*Mapa de riesgo de inundación en formato vectorial*

*Fuente. Autoría propia, 2024.*

### Visualización de Proporciones:

- La figura 1 permite una comparación directa de las proporciones entre categorías de riesgo. Se observa que las áreas de Riesgo Bajo tienen la mayor proporción visual, lo que confirma los datos numéricos de la tabla cerca al municipio de Santa María Boyacá y Veredas como La Florida, La Cueva y El Salitre.
- Las áreas de Riesgo Muy Alto y Riesgo Alto ocupan segmentos más pequeños en el gráfico, lo que refuerza la importancia de enfocarse en estas zonas críticas a pesar de su menor extensión Santa María Boyacá y Veredas como El Tabacal, Las Delicias.

### Importancia de la Representación Visual:

- La representación gráfica facilita la comprensión rápida de los datos, destacando la relación entre las áreas de bajo riesgo y aquellas con mayor peligro.
- La combinación de colores y la inclusión de porcentajes en el gráfico proporcionan una lectura accesible para cualquier lector, incluso sin recurrir al texto explicativo.

### Relación entre Tabla y Figura:

- La tabla 1 detalla los datos numéricos precisos, mientras que el gráfico ayuda a visualizar la distribución general de las categorías. Juntos, ofrecen una visión completa de los resultados, permitiendo al lector analizar tanto los valores específicos como las proporciones relativas.

## Conclusiones

### Distribución Espacial del Riesgo

Las áreas clasificadas como Riesgo Bajo abarcan la mayor proporción del territorio (27.9%), seguidas de las categorías Riesgo Muy Bajo (19.8%) y Riesgo Medio (19.0%). Esto indica que la mayoría del territorio presenta un riesgo reducido de inundación, lo que proporciona una base favorable para actividades económicas, infraestructura y asentamientos.

Sin embargo, un 24.91% del área total está catalogado como de Riesgo Alto o Muy Alto, lo que implica que cerca de una cuarta parte del territorio requiere intervención prioritaria para mitigar los impactos potenciales de inundaciones.

### Áreas Críticas y Priorización

Las áreas de Riesgo Muy Alto (12.24%) y Riesgo Alto (12.67%) concentran los puntos más vulnerables dentro del territorio. Estas zonas podrían incluir comunidades expuestas, infraestructuras críticas o ecosistemas frágiles, que serían los más afectados en eventos de inundación.

La proporción combinada de las categorías de alto riesgo refleja la necesidad de establecer planes de acción específicos para estas áreas, incluyendo la implementación de sistemas de alerta temprana, medidas de mitigación como diques y drenajes, y estrategias de reubicación en casos extremos.

### Riesgo Medio como Zona de Transición

Las áreas clasificadas como de Riesgo Medio (19.0%) pueden actuar como una zona de transición, ya que podrían experimentar un aumento en su vulnerabilidad debido a cambios en el uso del suelo, deforestación o fenómenos climáticos más intensos. Es crucial monitorear estas áreas para evitar que se conviertan en zonas de alto riesgo.

### Implicaciones para las Comunidades y los Ecosistemas

Comunidades humanas: Las zonas de riesgo alto y muy alto representan un impacto directo para las comunidades locales, con potenciales daños a viviendas, carreteras, y sistemas de agua potable. Esto subraya la necesidad de políticas públicas enfocadas en la protección y resiliencia comunitaria.

### Ecosistemas y sistemas agropecuarios

Los ecosistemas ubicados en áreas críticas están en mayor peligro de sufrir alteraciones por inundaciones recurrentes. Esto puede afectar la biodiversidad y la productividad agrícola, lo que agravaría los problemas económicos y de seguridad alimentaria en la región.

### Necesidad de Estrategias de Gestión

La alta proporción de áreas de bajo y muy bajo riesgo (47.7%) indica que existe un margen favorable para planificar el desarrollo sostenible. Sin embargo, esto debe ir acompañado de estrategias de gestión preventiva para evitar un incremento de riesgos en el futuro.

Las áreas de mayor riesgo deben ser incluidas en proyectos prioritarios de ordenamiento territorial y gestión de desastres. Es crucial combinar herramientas tecnológicas como SIG

(Sistemas de Información Geográfica) con metodologías participativas para una gestión efectiva.

### Recomendaciones

**Implementación de Infraestructuras Verdes**  
**Restauración de humedales:** Preservar y restaurar humedales naturales que actúen como amortiguadores de inundaciones, permitiendo la retención y filtración de agua en épocas de lluvia.

**Corredores riparios:** Establecer cinturones vegetativos a lo largo de ríos y arroyos para controlar la erosión del suelo y reducir la velocidad del flujo de agua.

**Sistemas de agroforestería:** Integrar árboles y plantas nativas en sistemas agropecuarios para mejorar la infiltración de agua y reducir la escorrentía superficial.

### Ordenamiento del Uso del Suelo:

**Zonificación del riesgo:** Incorporar las áreas clasificadas como de Riesgo Alto y Riesgo Muy Alto en el ordenamiento territorial, restringiendo actividades económicas intensivas en estas zonas.

Estas áreas pueden ser destinadas para actividades de conservación ambiental o reforestación.

**Promoción de cultivos resilientes:** En las zonas de Riesgo Medio, incentivar el uso de cultivos adaptados a suelos con alta probabilidad de inundación, como el arroz o plantas que toleren altas concentraciones de humedad.

**Protección de suelos agrícolas:** En las zonas de Riesgo Bajo y Muy Bajo, establecer prácticas de conservación del suelo, como cultivos de cobertura, rotación de cultivos y técnicas de labranza mínima.

**Monitoreo y Gestión de Riesgos con Tecnología**

**Sistemas de Información Geográfica (SIG):** Utilizar herramientas SIG para el monitoreo en tiempo real de las áreas con mayor vulnerabilidad, identificando cambios en el uso del suelo y puntos críticos.

**Sensores de monitoreo hídrico:** Instalar estaciones hidrometeorológicas locales para medir el nivel de ríos, lluvias acumuladas y escorrentía, generando alertas tempranas para la población.

**Modelos predictivos:** Desarrollar modelos que proyecten escenarios futuros de inundaciones considerando el cambio climático y los patrones de uso del suelo.

### Referencias bibliográficas

Acevedo, P., & Sánchez, C. (2018). *La relación entre el cambio climático y la incidencia de desastres naturales en Colombia*. Informe del Cambio Climático en Colombia, 14(2), 45-60.

Díaz, J. M., & Navarro, R. (2020). *La reforestación y la gestión del agua: Estrategias para la adaptación al cambio climático en zonas vulnerables*. Revista de Ciencias Ambientales, 22(4), 112-126.

Gobernación de Boyacá. (2023). *Plan de Gestión del Riesgo de Desastres del Departamento de Boyacá*. Gobernación de Boyacá.

Guzmán, R., & López, M. (2020). *Evaluación del riesgo de inundaciones en áreas rurales utilizando SIG: Caso de estudio en Boyacá*. Tecnología y Desarrollo, 19(4), 12-29.

Guzmán, M., Díaz, C., & Rodríguez, A. (2020). *Análisis de los impactos de las*

- inundaciones en la infraestructura y la producción agrícola de Boyacá*. Revista de Ciencias Ambientales, 15(2), 80-94.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2021). *Estudio de precipitaciones y clima en la región del Altiplano Cundiboyacense*. Bogotá: IDEAM.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2020). *Estudio geográfico y cartográfico de la región montañosa de Boyacá*. IGAC.
- Künzel, C., & Gómez, H. (2021). *Sistemas de Información Geográfica en la gestión de riesgos: Herramientas y aplicaciones en Colombia*. Revista de Tecnología y Ciencias Aplicadas, 6(1), 78-89.
- Martínez, E., & Ruiz, C. (2022). *Implementación de infraestructuras verdes para la reducción del riesgo de inundaciones en zonas rurales de Colombia*. Revista de Ingeniería Ambiental, 18(3), 35-49.
- Narvéz, L., Lavell, A., & Pérez Ortega, G. (2009). La gestión del riesgo de desastres: Un enfoque basado en procesos.
- Ríos, G., & Martínez, J. (2019). *Modelos predictivos para la evaluación de riesgos de inundación en zonas rurales de Colombia*. Revista de Geografía y Ordenación del Territorio, 25(1), 40-56.
- Rodríguez, A., & Molina, F. (2019). *El uso del análisis multicriterio para la gestión del riesgo de inundaciones en áreas rurales colombianas*. Revista de Gestión Ambiental, 5(3), 110-124.
- Saaty, T. L. (2021). *Decision Making with the Analytic Hierarchy Process*. RWS Publications.
- Salguero, D., Avendaño, D., & Valderrama, L. (2024). *Análisis de riesgos y su implicación para la planificación territorial en el municipio de Macanal*. Revista de Estudios Territoriales, 32(3), 89-101.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD). (2021). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD)*. UNGRD.
- UNGRD. (2025). *Informe sobre la vulnerabilidad hídrica en las zonas cercanas al embalse de Chivor*. UNGRD.

**Enlace de sustentación:**

<https://youtu.be/PkjtFNkc1VA>