Anexo 001 - Análisis del comportamiento hídrico hídrico del territorio y las zonas críticas del departamento de Antioquia, identificando áreas con alta vulnerabilidad frente a inundaciones y movimientos en masa

El comportamiento hídrico de Antioquia está determinado por su compleja fisiografía, su ubicación intertropical y la influencia de sistemas atmosféricos regionales. A continuación, se presenta un análisis técnico estructurado útil para estudios territoriales, gestión del riesgo y planificación de proyectos.

Mapa Hidrografía del Departamento de Antioquia

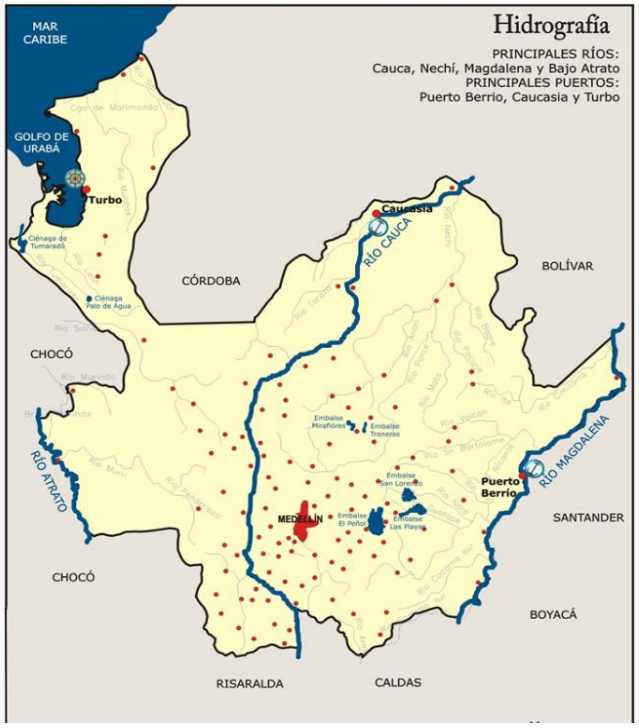


Figura 1 . Representación hidrografía de Antioquia, Fuente: Gobernación de Antioquia

[1]Yohana García Ossa, Constructora en Arquitectura e ingeniería, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Técnico Operativo de Gestión del riesgo, Alcaldía de La Unión Antioquia, Correo: yohana.garciao@unigustiniana.edu.co
[1]Juan Carlos Reyes Cáceres, Ingeniería de Sistemas, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Gestor de Proyectos, Pensemos S.I., Bogotá D.C.Colombia, Correo: juan.reyesc@unigustiniana.edu.co

1. Condiciones climáticas e hidrometeorológicas

Antioquia presenta un régimen de lluvias **bimodal**, característico de la zona andina colombiana:

- Temporadas lluviosas: abril–mayo y septiembre–noviembre.
- Temporadas secas: diciembre–febrero y julio–agosto.

Los promedios anuales de precipitación varían significativamente:

- Zonas de Urabá y occidente: 3.000–5.000 mm/año
- Valle de Aburrá (donde está Medellín): 1.500–2.500 mm/año
- Oriente antioqueño: 2.000–3.500 mm/año

Esta variabilidad responde a:

- Gradientes altitudinales (0–4.000 msnm)
- Influencia de vientos húmedos del Caribe y Pacífico
- Efecto orográfico de las cordilleras Central y Occidental

2. Red hidrográfica principal

El departamento pertenece a tres macrocuencas:

- Cuenca del Río Magdalena (oriente)

[1]Yohana García Ossa, Constructora en Arquitectura e ingeniería, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Técnico Operativo de Gestión del riesgo, Alcaldía de La Unión Antioquia, Correo: yohana.garciao@unigustiniana.edu.co
[1]Juan Carlos Reyes Cáceres, Ingeniería de Sistemas, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Gestor de Proyectos, Pensemos S.I., Bogotá D.C.Colombia, Correo: juan.reyesc@unigustiniana.edu.co

- Cuenca del Río Cauca (centro)

- Cuenca del Río Atrato (occidente)

Red hídrica y drenaje urbano de Medellín

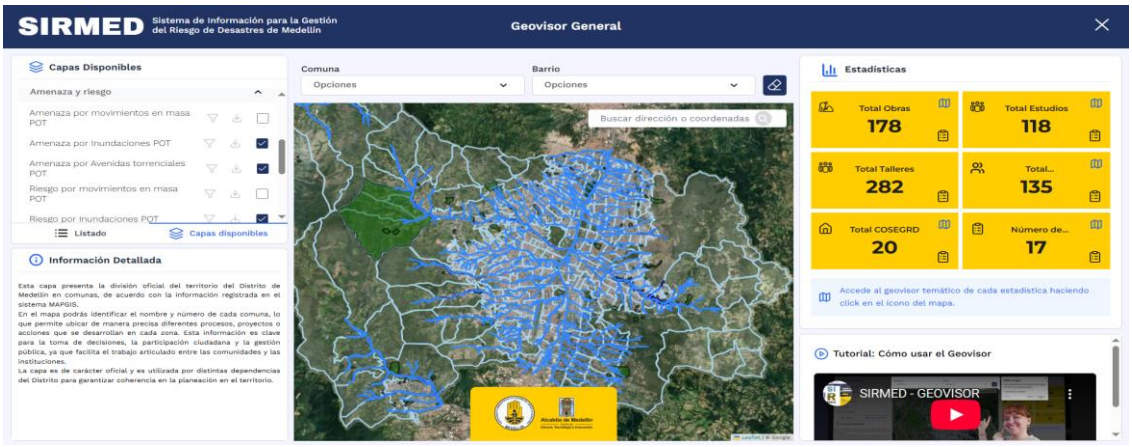


Figura 2. Representación de la red hídrica y drenaje urbano en Medellín.

La figura 2 muestra la red hídrica presente en el territorio de Medellín. Las líneas azules representan quebradas, ríos y canales de drenaje que transportan el agua superficial hacia los cauces principales.

El análisis de esta red permite comprender la forma en que el agua circula por el territorio. En zonas urbanas, la modificación del suelo y la construcción de infraestructura alteran el comportamiento natural del drenaje, lo que puede generar problemas como inundaciones urbanas o sobrecarga de los sistemas de alcantarillado.

Por esta razón, en los procesos de planificación territorial se promueve la implementación de sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS), los cuales buscan mejorar la infiltración, reducir la escorrentía y disminuir el riesgo de inundaciones.

Características técnicas:

[1]Yohana García Ossa, Constructora en Arquitectura e ingeniería, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Técnico Operativo de Gestión del riesgo, Alcaldía de La Unión Antioquia, Correo: yohana.garciao@unigustiniana.edu.co
[1]Juan Carlos Reyes Cáceres, Ingeniería de Sistemas, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Gestor de Proyectos, Pensemos S.I., Bogotá D.C.Colombia, Correo: juan.reyesc@unigustiniana.edu.co

- Alta densidad de drenaje
- Ríos de régimen torrencial
- Respuesta rápida a lluvias intensas (cuencas cortas y pendientes altas)

Esto implica alta susceptibilidad a crecientes súbitas y avenidas torrenciales.

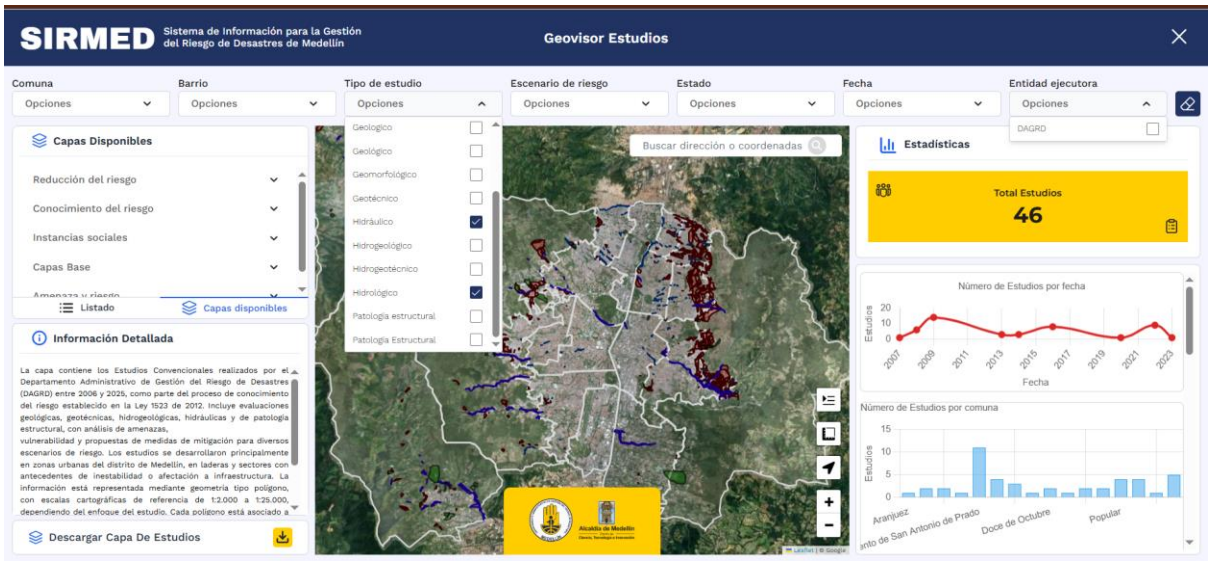
3. Balance hídrico territorial

El balance hídrico se caracteriza por:

Excedente hídrico estructural

- Precipitación > evapotranspiración en la mayoría del territorio.
- Alta disponibilidad de agua superficial.

Sistema de información para la gestión del riesgo



[1]Yohana García Ossa, Constructora en Arquitectura e ingeniería, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Técnico Operativo de Gestión del riesgo, Alcaldía de La Unión Antioquia, Correo: yohana.garciao@unigustiniana.edu.co
[1]Juan Carlos Reyes Cáceres, Ingeniería de Sistemas, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Gestor de Proyectos, Pensemos S.I., Bogotá D.C.Colombia, Correo: juan.reyesc@unigustiniana.edu.co

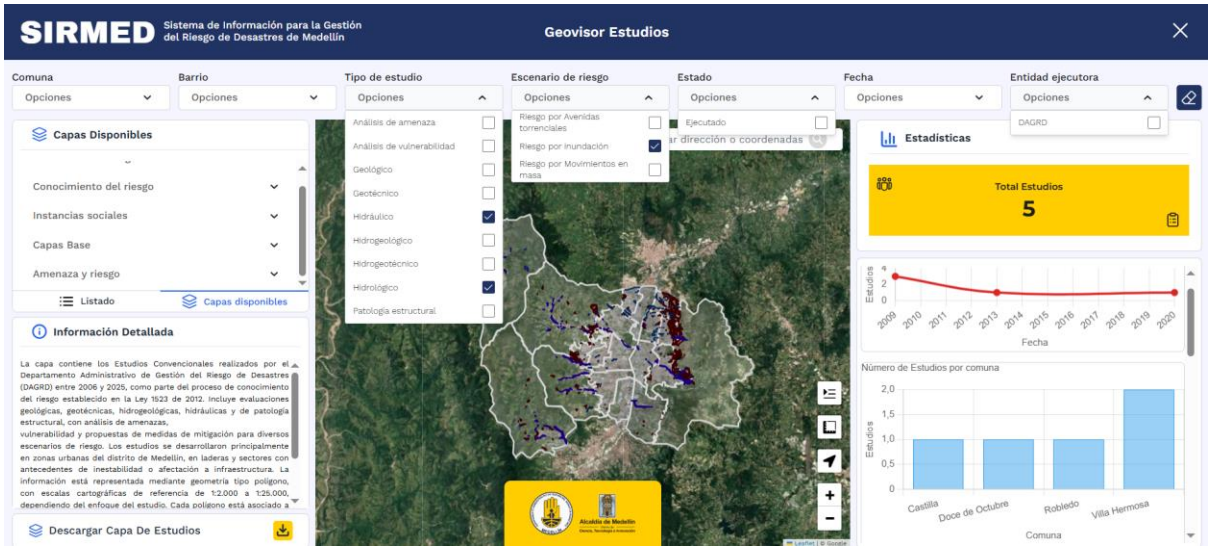


Figura 3. Geovisor de estudios del sistema SIRMED.

La figura 3 corresponde al geovisor del Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín (SIRMED). Este sistema integra información geográfica relacionada con amenazas, vulnerabilidades y estudios técnicos realizados en el territorio.

En el mapa se pueden identificar diferentes estudios hidráulicos, hidrológicos y geotécnicos realizados en distintas zonas del área metropolitana. Los colores y símbolos representan distintos tipos de análisis realizados por entidades técnicas, como estudios de inundación, riesgo por movimientos en masa o avenidas torrenciales.

Las estadísticas del panel derecho muestran la cantidad de estudios desarrollados, lo cual evidencia la importancia de contar con información técnica para la toma de decisiones en materia de ordenamiento territorial y gestión del riesgo.

Déficit hídrico localizado

- Sectores del Bajo Cauca y Magdalena Medio pueden presentar déficit estacional por:
  - altas temperaturas

[1]Yohana García Ossa, Constructora en Arquitectura e ingeniería, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Técnico Operativo de Gestión del riesgo, Alcaldía de La Unión Antioquia, Correo: yohana.garciao@unigustiniana.edu.co
[1]Juan Carlos Reyes Cáceres, Ingeniería de Sistemas, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Gestor de Proyectos, Pensemos S.I., Bogotá D.C.Colombia, Correo: juan.reyesc@unigustiniana.edu.co

- suelos poco retenedores
- presión de uso agrícola y minero.

4. Dinámica hidrológica y riesgos asociados

Antioquia presenta uno de los índices más altos de eventos hidrometeorológicos del país:

Riesgos predominantes:

- Movimientos en masa
- Inundaciones
- Avenidas torrenciales
- Erosión hídrica

Factores condicionantes:

- Pendientes pronunciadas
- Saturación rápida del suelo
- Urbanización en laderas
- Deforestación

5. **Variabilidad y cambio climáticos**

Fenómenos macroclimáticos influyen directamente:

- **El Niño:** disminución de lluvias → sequías, incendios forestales, reducción de caudales.

[1]Yohana García Ossa, Constructora en Arquitectura e ingeniería, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Técnico Operativo de Gestión del riesgo, Alcaldía de La Unión Antioquia, Correo: yohana.garciao@unigustiniana.edu.co
[1]Juan Carlos Reyes Cáceres, Ingeniería de Sistemas, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Gestor de Proyectos, Pensemos S.I., Bogotá D.C.Colombia, Correo: juan.reyesc@unigustiniana.edu.co

- **La Niña:** incremento de lluvias → inundaciones y deslizamientos.

Proyecciones climáticas indican:

- mayor intensidad de lluvias extremas
- mayor irregularidad en la distribución temporal del agua

Análisis del historial de emergencias relacionadas con el agua

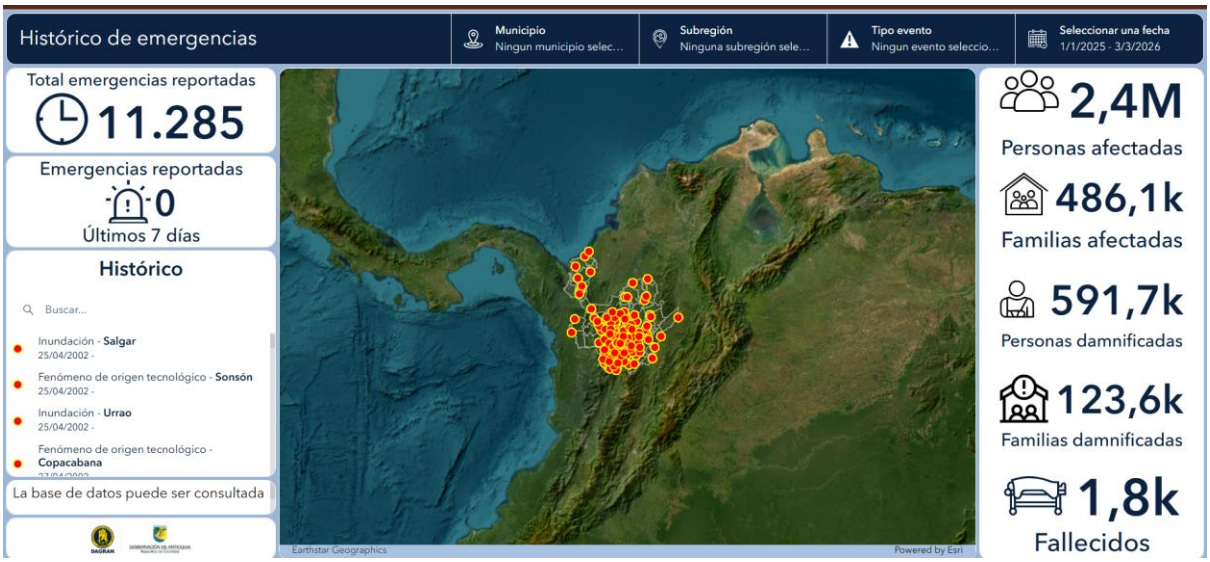


Figura 4. Histórico de emergencias registradas en Colombia relacionadas con fenómenos hidrometeorológicos.

La figura 4 presenta un visor geográfico que muestra el histórico de emergencias reportadas en el territorio colombiano. En el mapa se observa una alta concentración de puntos en la región andina, especialmente en el departamento de Antioquia. Cada punto representa un evento de emergencia registrado, como inundaciones, deslizamientos o fenómenos asociados a lluvias intensas.

Las estadísticas del panel derecho evidencian la magnitud de estos eventos. Se registran más de 11.000 emergencias reportadas, lo cual refleja la alta exposición del territorio a

[1]Yohana García Ossa, Constructora en Arquitectura e ingeniería, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Técnico Operativo de Gestión del riesgo, Alcaldía de La Unión Antioquia, Correo: yohana.garciao@unigustiniana.edu.co
[1]Juan Carlos Reyes Cáceres, Ingeniería de Sistemas, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Gestor de Proyectos, Pensemos S.I., Bogotá D.C.Colombia, Correo: juan.reyesc@unigustiniana.edu.co

fenómenos naturales. Además, el visor indica que más de 2,4 millones de personas han sido afectadas y más de 486 mil familias han sufrido impactos asociados a estos eventos.

Esta información permite comprender que el comportamiento hídrico no solo debe analizarse desde una perspectiva climática, sino también desde la gestión del riesgo, ya que la interacción entre lluvias intensas, pendientes pronunciadas y procesos de ocupación del territorio genera escenarios de vulnerabilidad.

Mapa de susceptibilidad a avenidas torrenciales

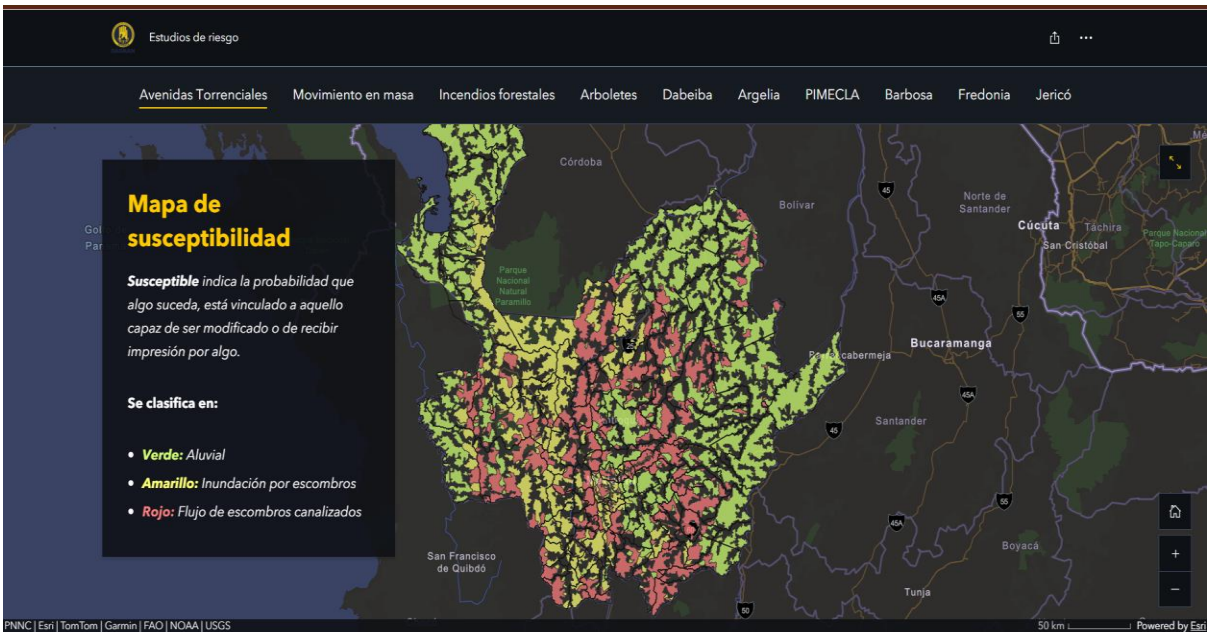


Figura 5. Mapa de susceptibilidad a avenidas torrenciales en Antioquia.

La figura 6 muestra un mapa de susceptibilidad a avenidas torrenciales. Este tipo de análisis identifica las zonas donde existe mayor probabilidad de que ocurran flujos de agua y sedimentos generados por lluvias intensas.

El mapa clasifica el territorio en diferentes niveles de susceptibilidad. Las áreas verdes corresponden a zonas aluviales, las amarillas indican posibles inundaciones por acumulación

[1]Yohana García Ossa, Constructora en Arquitectura e ingeniería, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Técnico Operativo de Gestión del riesgo, Alcaldía de La Unión Antioquia, Correo: yohana.garciao@unigustiniana.edu.co
[1]Juan Carlos Reyes Cáceres, Ingeniería de Sistemas, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Gestor de Proyectos, Pensemos S.I., Bogotá D.C.Colombia, Correo: juan.reyesc@unigustiniana.edu.co

de materiales, y las rojas representan zonas con alta probabilidad de flujos torrenciales canalizados.

El departamento de Antioquia está dividido en 9 subregiones que agrupan 125 municipios. Las subregiones con mayor número de municipios son Oriente y Suroeste (18,4 % cada una), seguidas de Occidente (15,2 %) y Norte (13,6 %). Estas áreas representan una mayor proporción del territorio municipal y, por lo tanto, requieren mayor atención en estudios de vulnerabilidad frente a inundaciones y movimientos en masa. (Plan Departamental de Gestión del Riesgo)

En Antioquia se observa una distribución amplia de zonas susceptibles debido a la presencia de fuertes pendientes, cuencas hidrográficas cortas y lluvias intensas. Estos factores favorecen la generación de avenidas torrenciales, especialmente en zonas montañosas y áreas intervenidas por actividades humanas como deforestación o urbanización.

Implicaciones para planificación y proyectos

Desde la perspectiva de gerencia de proyectos y ordenamiento territorial, el comportamiento hídrico exige:

- Incorporar modelación hidrológica en diseños
- Delimitación de rondas hídricas
- Sistemas de drenaje sostenible (SUDS)
- Estudios hidrológicos e hidráulicos detallados
- Planes de manejo de cuencas

Antioquia es un territorio de alta oferta hídrica pero también de alta vulnerabilidad hidrometeorológica. Su comportamiento hídrico está dominado por lluvias intensas, cuencas de respuesta rápida y variabilidad climática marcada. Esto obliga a que cualquier proyecto de

[1]Yohana García Ossa, Constructora en Arquitectura e ingeniería, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Técnico Operativo de Gestión del riesgo, Alcaldía de La Unión Antioquia, Correo: yohana.garciao@unigustiniana.edu.co
[1]Juan Carlos Reyes Cáceres, Ingeniería de Sistemas, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Gestor de Proyectos, Pensemos S.I., Bogotá D.C.Colombia, Correo: juan.reyesc@unigustiniana.edu.co

infraestructura, urbanismo o desarrollo rural incorpore análisis hidrológicos rigurosos y gestión integral del riesgo para garantizar sostenibilidad territorial.

El análisis del comportamiento hídrico tiene una relación directa con los procesos de ordenamiento territorial y planificación urbana. Comprender la dinámica del agua permite identificar zonas de riesgo, definir restricciones de uso del suelo y diseñar estrategias para reducir la vulnerabilidad de la población.

En el caso de Antioquia, la combinación de fuertes pendientes, lluvias intensas y procesos de urbanización en laderas hace necesario implementar políticas de gestión integral del riesgo. Esto incluye estudios hidrológicos, delimitación de rondas hídricas, protección de ecosistemas estratégicos y desarrollo de infraestructura adaptada a las condiciones climáticas del territorio.

Bibliografía

IDEAM (2019). Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín – DAGRD (2023). Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres.

IGAC (2018). Atlas Geográfico de Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.

[1]Yohana García Ossa, Constructora en Arquitectura e ingeniería, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Técnico Operativo de Gestión del riesgo, Alcaldía de La Unión Antioquia, Correo: yohana.garciao@unigustiniana.edu.co
[1]Juan Carlos Reyes Cáceres, Ingeniería de Sistemas, estudiante, Gerencia de Proyectos. Universitaria Agustiniana. Gestor de Proyectos, Pensemos S.I., Bogotá D.C.Colombia, Correo: juan.reyesc@unigustiniana.edu.co