

Identificación de zonas críticas para con riesgo de inundación en el municipio de Chigorodó (Urabá Antioqueño), utilizando SIG y análisis multicriterio

Estudiante: John Fredy García Marín

jfgarciamari@unadvirtual.edu.co

Estudiante: Cristian Santiago Vélez Zapata

csvelezz@unadvirtual.edu.co

Tutor: John Carlos Ruiz Caicedo

John.ruiz@unad.edu.co

Resumen

Las inundaciones representan una amenaza significativa para las comunidades, ocasionando pérdidas humanas y materiales. Una herramienta fundamental para prevenir y mitigar este fenómeno es la elaboración de mapas de riesgo mediante el uso de técnicas de análisis multicriterio y Sistemas de Información Geográfica (SIG). En este estudio, se identificaron las zonas críticas de riesgo por inundación en el municipio de Chigorodó (Urabá Antioqueño) mediante un análisis multicriterio soportado por Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología integra cinco factores clave: modelo de elevación digital, pendientes, cobertura del suelo, precipitación y distancia a drenajes, asignándoles pesos específicos para evaluar el riesgo. Las capas geográficas fueron procesadas, reclasificadas y combinadas en un modelo ponderado para generar un mapa que clasifica las áreas en cinco niveles de riesgo.

Los resultados muestran que el 63% del municipio presenta un riesgo de inundación medio a alto, y el 13% corresponde a áreas críticas de riesgo muy alto, ubicadas en zonas bajas y cercanas a cursos de agua. Estas áreas requieren atención prioritaria en la planificación territorial. El estudio proporciona insumos valiosos para la toma de decisiones orientadas a mitigar riesgos y optimizar el ordenamiento territorial.

Palabras claves: Gestión del Riesgo, Territorial, Geográfico, Hidrología, Municipio, Inundación.

Introducción

El Departamento de Antioquia está estructurado por 9 subregiones y 125 municipios que registran dinámicas geográficas, territoriales y poblacionales que indican la diversidad de comportamientos climáticos y culturales que son objeto de esta investigación, considerando en particular el caso de estudio del municipio de Chigorodó uno de los 11 municipios del Urabá Antioqueño, que a su vez contextualiza procesos climáticos y variables de riesgo que lo convierten en un caso de estudio, en el que se analizan tres aspectos: en el primero se abordan el modelo de elevación digital (DEM), pendientes, cobertura del suelo, precipitación y

distancia entre drenajes, para establecer su incidencia en el comportamiento geográfico de la subregión.

En el segundo aspecto se diseñan capas de riesgo por inundación para interpretar condiciones geográficas a nivel municipal, a partir de la consideración de esta categoría el análisis de riesgo se define como la integración de las variables que representan las amenazas y la vulnerabilidad de los elementos expuestos (POMCA, 2019).

En el tercer aspecto se aplica el sistema de información geográfico que arroja datos sobre las capas de movimiento de tierra y sobre el fenómeno de drenaje en el municipio. En el

contexto de estos aspectos se identifica la siguiente problemática: incremento de las condiciones de riesgo geográfico y territorial del municipio de Chigorodó por la aceleración de modelo de elevación digital (DEM), pendientes, cobertura del suelo, precipitación y distancia entre drenajes, sobre lo que indica el informe.

El riesgo de inundaciones se caracteriza principalmente por niveles altos a lo largo de la cuenca, seguido de niveles medios que predominan en las áreas conurbadas, con algunas zonas de riesgo bajo. Los niveles altos de riesgo se localizan principalmente a lo largo de los ríos Carepa y León, afectando municipios como Chigorodó, Turbo y Carepa (POMCA, 2019).

Lo que indica que los componentes de la problemática de un lado inciden en las dinámicas geográficas del municipio y de otro lado son abordadas por el sistema de información geográfico para explicar su impacto territorial y su manejo para la generación de condiciones de control ambiental y disminución de su riesgo e impacto a nivel local.

Objetivos

General

Analizar los factores de riesgo en el municipio de Chigorodó, que inciden en las condiciones geográficas relacionadas con precipitaciones, riesgo de inundación y deslizamientos.

Específicos

Obtener capas ráster y vectoriales a partir de fuentes oficiales como el IGAC.

Interpretar los datos sobre factores de riesgo a partir de la matriz multicriterio.

Diseñar mapas de riesgo para identificar las variables sobre las afectaciones geoespaciales en el nivel local y regional.

Identificación del caso de estudio

El caso de estudio de interés para esta investigación se sitúa en el municipio de Chigorodó, uno de los 11 municipios del Urabá antioqueño, región que para los efectos de este estudio coincide con este factor.

En los municipios del "eje bananero", actividades como la deforestación, la ganadería y el uso de energía móvil se identifican como los principales factores de riesgo para la subregión. Además, el cambio climático ha alterado el equilibrio ecosistémico, impactando también las dinámicas sociales y económicas (Sostenible, 2018).

En la misma línea de contextualización, la región de Urabá se distingue por su diversidad de ecosistemas, que abarcan desde áreas costeras hasta zonas boscosas. La costa está influenciada de manera alterna a lo largo del año por la circulación ecuatorial marítima del mar Caribe y por las cuencas hidrográficas de los ríos León y Atrato (Antioquia, 2018).

El municipio de Chigorodó ubicado en la región del Urabá antioqueño, se constituye como el área de acción investigativa para la aplicación del sistema de información geográfica que permite el análisis en este municipio de las condiciones climáticas y de los factores de riesgo asociados, como el modelo de elevación digital (DEM), las pendientes, la cobertura del suelo, la precipitación y la distancia entre drenajes. Estos factores de riesgo incluyen los componentes que caracterizan las regiones del departamento de Antioquia en términos de condiciones geomorfológicas, tal como lo señala el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en su informe sobre el Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres. Según los registros de las bases de datos de DesInventar, algunas regiones evidencian una mayor frecuencia de eventos, destacándose como amenazas más comunes los movimientos en masa, las inundaciones y los temporales (DAPARD, 2018).

Con el objetivo de observar el impacto que cada uno de estos niveles de riesgo representa para la dimensión geográfica en este municipio, sobre la relación de factores de riesgo y efectos geomorfológicos, es pertinente identificar que las amenazas evaluadas abarcan deslizamientos en laderas, avenidas torrenciales en cauces confinados y semiconfinados, inundaciones rápidas y lentas en cauces con diversos tipos de confinamiento morfométrico, así como incendios en coberturas vegetales (POMCA, 2019).

El caso de estudio en consecuencia se enfoca a mostrar que las condiciones geográficas y territoriales, del municipio de Chigorodó, constituyen un campo estratégico para la aplicación de un sistema de información geográfico que proporciona la información adecuada para el análisis de variables sobre riesgo e impacto climático derivado los efectos que la alta pluviosidad registra a nivel regional, indicando que las inundaciones son eventos comunes en áreas cercanas a fuentes de agua, provocados principalmente por fenómenos meteorológicos y fluviales asociados a altas precipitaciones, que generan crecientes y desbordamientos de los ríos, especialmente en zonas planas, con una duración que puede extenderse por días o semanas. En Antioquia, las amenazas por desbordamiento fluvial se concentran en las planicies de inundación adyacentes a ríos como el Magdalena, Cauca, Nechí, Atrato, Mutatá, Chigorodó, Carepa, Apartadó, Río Grande, Volcán, Turbo, Río Negro, y quebradas como La Marinilla, La Pereira, Don Matías y Hojas Anchas, entre otras (DAPARD, 2018).

Además, el caso de estudio permite la aplicación de factores analíticos y disciplinares que señalan la importancia de investigar en el municipio de Chigorodó el impacto que tiene sobre la dimensión geográfica cada uno de los factores de riesgo.

Metodología

La metodología que se utilizó en el presente estudio fue el análisis multicriterio, la cual sirvió como base para clasificar las zonas de riesgo en el municipio de Chigorodó. Este enfoque fue seleccionado por su capacidad para combinar múltiples criterios geospaciales y valores cualitativos en un marco analítico integrado, facilitando una evaluación detallada y precisa de las áreas de riesgo. Según González (2006), el análisis multicriterio es una herramienta fundamental para identificar amenazas territoriales como deslizamientos e inundaciones, ya que permite procesar grandes volúmenes de información geográfica y aplicarlos en contextos específicos.

La implementación de la metodología incluye lo siguiente:

1. Definición de los criterios y pesos.

Se identificaron cinco factores relevantes para el análisis del riesgo: modelo de elevación digital (DEM), pendientes, cobertura del suelo, precipitación y distancia entre drenajes. A cada factor se le asignó un peso porcentual basado en su importancia relativa en el contexto local, siguiendo el esquema propuesto en la tabla 1.

Tabla 1.

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. *Fuente.* (Autor, 2024)

Resultados

2. Recolección y Preprocesamiento de Datos

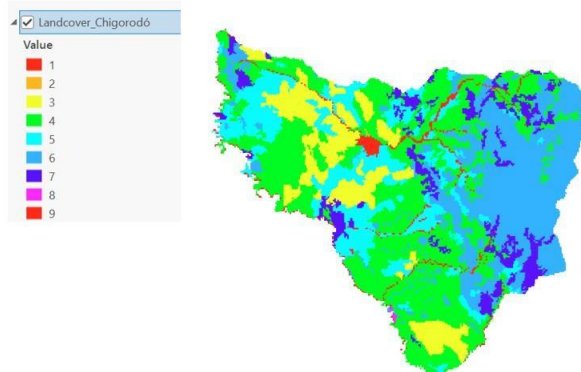
Capas de datos: Se obtuvieron de fuentes oficiales, como el geoportal del IGAC, incluyendo datos rasterizados de elevación, cobertura de tierras, modelo de elevación, pendientes y precipitación.

Preprocesamiento: Las capas se ajustaron al área de estudio mediante herramientas SIG, asegurando su compatibilidad y resolución homogénea.

Para el caso de la capa de cobertura de tierras, se realizaron varios geoprocursos: primero, se aplicó el recorte (clip) para delimitar la capa al municipio trabajado, seguido de un disolver en el campo de clasificación coberturas de suelo Nivel 2 para agrupar polígonos similares. Finalmente, se convirtió en un ráster utilizando "De polígono a ráster", configurando Nivel_2 como valor, obteniendo un dataset listo para análisis.

Figura 2.

Capa de coberturas de tierras municipio de Chigorodó



Fuente. (Autor, 2024)

Para la capa de precipitación, se descargó el archivo TIFF correspondiente al mes de

precipitaciones Abril en Antioquia, se cargó en el proyecto y se realizó una extracción por máscara delimitada al municipio, ajustando el tamaño de celda al DEM o Slope del municipio y generando el ráster de salida Prec_Chigorodó.

Figura 2.

Capa de precipitación mes de abril, municipio de Chigorodó

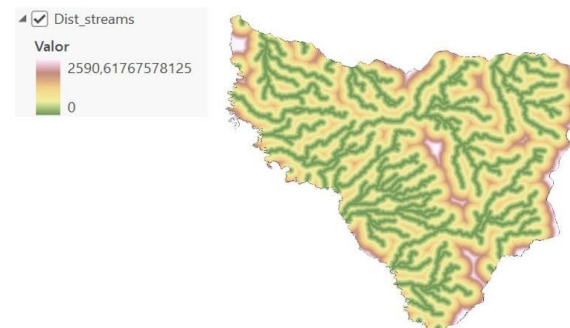


Fuente. (Autor, 2024)

Para la capa de distancia entre drenajes, se obtuvo el ráster de acumulación de flujo mediante modelado de cuenca hidrográfica y se ajustó la simbología por desviación típica para visualizar mejor los drenajes principales. Posteriormente, se calculó el 1% del flujo máximo de acumulación para identificar los drenajes más importantes del municipio.

Figura 3.

Capa de distancia entre drenajes municipio de Chigorodó



Fuente. (Autor, 2024)

3. Reclasificación de Capas

Cada capa fue reclasificada en una escala común de valores (2 a 10) según su contribución al riesgo tal como lo muestra la tabla 2. Las áreas con mayores pendientes, elevación y proximidad a drenajes fueron categorizadas con niveles de riesgo más altos.

Tabla 2.

Estimación de clasificación cualitativa y cuantitativa

Clasificación cualitativa	Valores
Riesgo muy bajo	2
Riesgo bajo	4
Riesgo medio	6
Riesgo alto	8
Riesgo muy alto	10

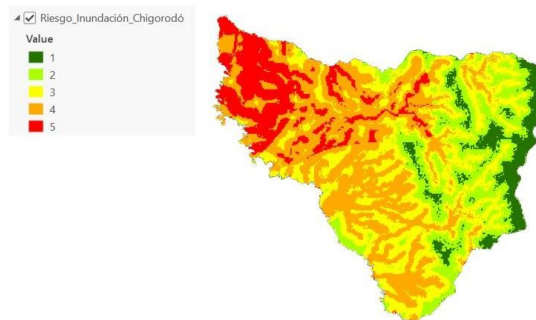
Nota: Esta tabla muestra la relación de la descripción cualitativa del riesgo con su valor numérico correspondiente. *Fuente.* (Autor, 2024)

4. Suma Ponderada

Las capas reclasificadas se integraron utilizando la técnica de suma ponderada en ArcGIS Pro. Este proceso permitió combinar los factores en un único mapa, donde los valores resultantes reflejan el nivel de riesgo acumulado, donde 1 representa el riesgo muy bajo y 5 un riesgo muy alto.

Figura 4.

Mapa resultado de riesgo por inundación



Fuente. (Autor, 2024)

5. Conversión a Formato Vectorial

El mapa resultante fue convertido a formato vectorial para facilitar la interpretación y análisis detallado. Se calcularon las áreas de cada categoría de riesgo y se ajustó la simbología para representar los resultados de manera visualmente clara.

6. Clasificación y Distribución Espacial del Riesgo

La clasificación cualitativa de riesgo se dividió en cinco niveles: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, con sus respectivas áreas expresadas en kilómetros cuadrados.

Tabla 3.

Reclasificación de riesgo por inundación municipio de Chigorodó

Valores	Clasificación cualitativa	Área (Km ²)
1	Riesgo muy bajo	52.17
2	Riesgo bajo	123.81
3	Riesgo medio	203.62
4	Riesgo alto	243.27
5	Riesgo muy alto	93.92

Nota: La tabla muestra la clasificación del riesgo de inundación en el municipio de Chigorodó en cinco niveles con su respectiva área en Km². *Fuente.* (Autor, 2024)

De acuerdo con la Tabla 3, el área con mayor extensión corresponde al nivel de riesgo alto, con 243.27 km², lo que representa la categoría más crítica en términos de exposición al riesgo. Este nivel está asociado principalmente a zonas cercanas a drenajes principales y áreas con alta frecuencia de precipitaciones. En contraste, el nivel de riesgo muy bajo ocupa la menor área, con 52.17 km², predominando en sectores con mayor elevación y pendientes menos propensas a inundaciones.

Figura 5.

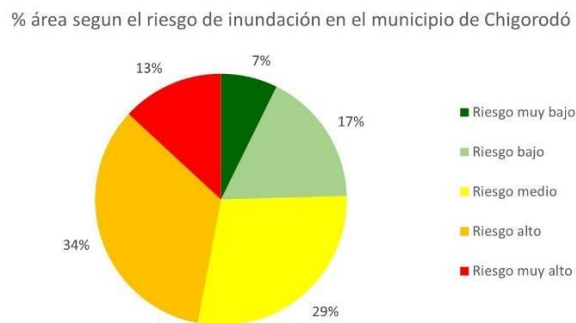
Área en Km² según el riesgo por inundación municipio de Chigorodó



Fuente. (Autor, 2024)

Figura 6.

Porcentaje de área según el riesgo por inundación en el municipio de Chigorodó

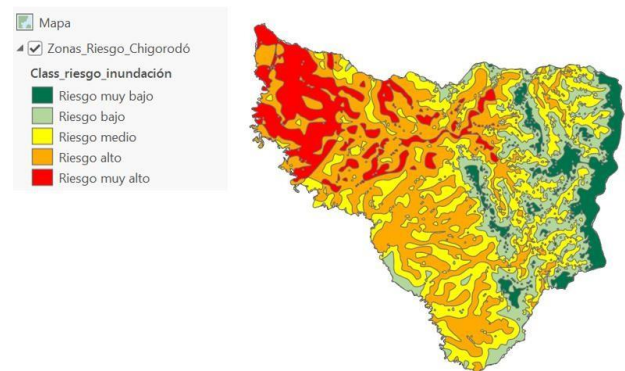


Fuente. (Autor, 2024)

La Figura 5 ilustra la distribución espacial de las áreas clasificadas en cada nivel de riesgo. Por su parte, la Figura 6 presenta el porcentaje correspondiente de cada categoría, destacándose que los niveles de riesgo medio y alto abarcan conjuntamente el 63% del territorio municipal, reflejando la alta vulnerabilidad del área de estudio.

Figura 7.

Mapa riesgo por inundación en formato vectorial



Fuente. (Autor, 2024)

El mapa de riesgo por inundación de la figura 7 permitió identificar las áreas críticas concentradas en las zonas de riesgo muy alto, que representan 93.92 km² (13%) del municipio. Estas áreas están ubicadas principalmente en regiones bajas y aledañas a cursos de agua, lo que las hace susceptibles a eventos de inundación severa.

Conclusiones

El análisis multicriterio se empleó eficazmente para evaluar el riesgo de inundación en Chigorodó. Este enfoque permitió integrar diversos factores geográficos y ponderar su influencia en la susceptibilidad a inundaciones.

El estudio reveló que el 34% del territorio de Chigorodó presenta un nivel de riesgo de inundación alto y otro 29% riesgo medio. Las áreas más vulnerables se localizan cerca de los principales drenajes y en zonas con alta precipitación.

Se identificaron 93.92 km² (13% del área municipal) como zonas críticas de riesgo muy alto que abarca veredas como Sadem candelaria y Sadem Guacamaya y parte de la zona urbana del municipio. Estas áreas, situadas principalmente en regiones bajas adyacentes a

cursos de agua, requieren especial atención en la planificación territorial y la gestión del riesgo.

La información generada por el estudio, incluyendo la clasificación del riesgo y la delimitación de zonas críticas, proporciona una base sólida para la toma de decisiones informadas en materia de ordenamiento territorial y la implementación de medidas de mitigación del riesgo de inundación en Chigorodó.

Recomendaciones

Desde el campo agronómico y con perspectiva al desarrollo rural, las recomendaciones más pertinentes son las siguientes:

1. Implementación de Infraestructura de Mitigación

Construcción de diques y canales de desvío: Para proteger las zonas críticas de riesgo muy alto (93.92 km²), se pueden construir diques o sistemas de drenaje que reduzcan la vulnerabilidad a las inundaciones.

Reforestación de áreas ribereñas: Promover programas de reforestación en las zonas adyacentes a drenajes principales, ya que los árboles ayudan a estabilizar los suelos y reducir el impacto de las inundaciones.

2. Medidas Agroambientales

Prácticas agrícolas sostenibles: En las zonas de riesgo medio y alto, fomentar técnicas agrícolas que minimicen la degradación del suelo, como el cultivo en terrazas o la agroforestería.

Rotación de cultivos adaptada al riesgo: Planificar cultivos de menor impacto en áreas susceptibles a inundaciones para reducir pérdidas económicas y proteger el suelo.

Referencias bibliográficas

- Antioquia, F. Y. (2018). *Plan Integral de Cambio Climático de Antioquia*. Bogotá: FAO.
- DAPARD. (2018). *Plan Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres*. Medellín: UNGRD.
- González Valencia, 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*, 59-70.
- POMCA. (2019). *Ajuste del plan de ordenación y manejo de la cuenca del río León (1201) localizada en el departamento de Antioquia en jurisdicción de la Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá (corpouraba)*. Urabá: Minambiente.
- Sostenible, A. (2018). *"Urabá Sostenible. Ruta Subregional"*. Medellín: Innove.

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/3zeq0f1ZQsg>