

Evaluación del riesgo por inundación en el municipio de Andes en el Departamento de Antioquia a través de la metodología de análisis multicriterio utilizando los sistemas de información Geográfica

Sergio Steven Gómez Velásquez / Ssgomezv@unadvirtual.edu.co

Yuri Alejandra Ruiz Vélez / Yaruizve@unadvirtual.edu.co

Director de Grado-Luis Alejandro Ospina Sánchez / luisa.ospina@unad.edu.co

Resumen

Los sistemas de información geográfica datan de archivos tipo ráster y modelos vectoriales, que proporcionan información relevante y que permite realizar análisis a los diferentes sucesos que puedan llegar a presentarse en diferentes sitios, a través de la interpretación de mapas, donde se puede evaluar la precipitación del lugar, la pendiente y el nivel de riesgo de inundación presente en este caso en el municipio de Andes.

Abstract

Geographic information systems date from raster files and vector models, which provide relevant information and allow analysis of the different events that may occur in different places, through the interpretation of maps, where the precipitation of the place, the slope and the level of flood risk present in this case in the municipality of Andes.

Palabras claves: riesgo, inundación, pendiente, precipitación, territorio, multicriterio.

Introducción

El municipio de Andes, Antioquia se ubica cerca al sistema montañoso conocido como los farallones del citará y lugar de nacimiento del río Tapartó, compartido por los municipios de Andes y de Betania, y el cual es conocido por los chorros de Tapartó un sitio turístico cubierto de vegetación y aguas cristalinas, Andes además se encuentra bañado por cuerpos de agua en los cuales resaltamos la rochela, el río san Juan, el cual rodea el municipio y que desemboca en el río Cauca, la quebrada la Chaparrala, que atraviesa parte del área urbana del municipio y los cuales

representan para el municipio riesgo de inundación o de avenida torrencial con sedimentación, como la ya ocurrida el 26 de abril de 1993, donde el río Tapartó, presentó crecienta y desbordamiento y ocasiono la muerte de más de 100 personas, 82 familias damnificadas y el corregimiento de Tapartó totalmente destruido. (Zapata, G. 2018)

Andes, está rodeado por afluentes de agua de gran importancia en la región, lo que hace que el municipio sea susceptible a riesgo por crecientes súbitas, inundaciones y avenidas torrenciales, no solo en parte de la zona rural sino también en su cabecera municipal.

Objetivos

General

Determinar el riesgo de inundación en el municipio de Andes, a través un análisis multicriterio de la zona.

Específicos

1. Identificar las zonas que presentan un mayor riesgo de inundación en el municipio de Andes.
2. Ejecutar un análisis basado en los resultados del mapa de riesgo del municipio de Andes.
3. Determinar qué áreas del municipio de Andes no presentan riesgos de inundación.

Identificación del caso de estudio

El municipio de Andes se encuentra ubicado en el suroeste del departamento de Antioquia, es conocido como la capital del suroeste coordenadas 5°39'23" N 75°52'47" W y su amplia caficultura, con una superficie de 444 km², a una altura de 1350 m.s.n.m y una temperatura promedio de 22°C, y una precipitación de 2.092 mm donde más del 80% de su topografía es pendientes pronunciadas y su relieve corresponde a la cordillera occidental, su ubicación lo sitúa muy cerca de los farallones del citar, donde se encuentra el pico más alto de Antioquia, y es ahí donde nace uno de sus ríos más representativos, el río Tapartó, además de ser bañado por el río san juan el cual tiene su desembocadura en el segundo río más grande Colombia, el cauca. Andes cuenta con pisos térmicos que van desde el templado, frío y paramo, debido a su localización, ya que en las partes más altas limita con los departamentos de Choco y Risaralda, donde lo conforman los farallones del citar y el cerro Caramanta, convirtiéndolo en una estrella hidrográfica, ya que es ahí donde nacen los afluentes que surten los acueductos multiveredales y el acueducto municipal. (Ruiz,

J. et.al. 2016). Los eventos de inundación que se han presentado en el municipio de Andes provienen de crecientes súbitas de los ríos y las quebradas, que derivan de fenómenos meteorológicos que son difíciles de predecir, es decir, altas precipitaciones y aunque se cuenta con estaciones para medir la pluviosidad como la Estación 26195020 Ita. Andes (3); (Ingenio y soluciones, 2014), es necesario contar con otras alternativas que permitan conocer las zonas donde hay un mayor riesgo, para con ello evaluar los factores que pueden llevar a presentar una inundación, desde fallas en los sistemas de alcantarillado y de drenaje en la zona urbana, hasta desforestación en las franjas protectoras o de amortiguamiento ribereño, construcciones cerca de las orillas de los ríos, zonas propensas a fallas geológicas, deficiencias en los planes de gestión de riesgo del municipio, todos estos puntos nos llevan a crear estrategias para evaluar las zonas donde llegase a presentarse riesgo de inundación.

El río Tapartó nace a 4000 m.s.n.m, en los farallones del citar, y desemboca a los 1200 m.s.n.m, en el río san juan, su temperatura oscila entre los 18°-24°, y una precipitación promedio anual, que oscila entre 1000 mm – 2000 mm, en la parte alta en los farallones del citar, donde nace el río Tapartó, se presentan precipitaciones de 3000 mm, temperatura media de 12°-18° en una franja altitudinal de entre los 2000 y 4000m.s.n.m, se destaca que el río Tapartó tiene un riesgo muy alto de presentar deslizamientos, avenidas torrenciales e inundaciones, lo cual se debe a las pendientes tan pronunciadas (Ruiz, J. et.al. 2016).

Metodología

Área de estudio, riesgo de inundación en el municipio de Andes, Antioquia; a través de la elaboración de un modelo tipo vector en el software ArcGIS pro, teniendo cuenta las precipitaciones presentadas en el municipio de Andes en el mes de noviembre, se realiza el mapa de riesgo de las zonas que puedan a presentar inundación.

La metodología es tipo análisis multicriterio, la cual es la más empleada para evaluar, comparar y que nos permite vincular soluciones a una determinada problemática, el análisis multicriterio es el más empleado en cartografía, el análisis multicriterio es la herramienta para determinar zonas deforestadas o en riesgo de ser deforestadas, o si hay presencia de zonas protegidas.

La cual se basa en tomar varias capas creadas a partir de un archivo DEM extraído de la página Earthexplorer USGS (2024). El archivo ráster fue desarrollado en la aplicación ArcGIS Pro, realizándole varios geoprocursos para adquirir información relevante como pendientes, dirección de acumulación y flujo de acumulación, y un ráster de precipitaciones basado en el mes de noviembre entregados por el tutor Yeffersson Serrato (2024), además de utilizar archivos shape file como capas de municipios de Colombia y cartografía de Colombia, donde se extrajo información del municipio de interés, en este caso Andes.

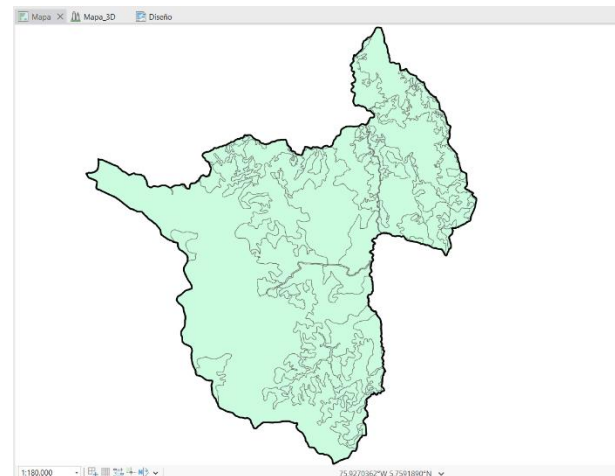
Con estos insumos se crearon mascararas del municipio Andes, y se reclasificaron las capas resultantes por medio del geoprocuro "Reclasificar" y determinando necesidades específicas como colores, campos de reclasificación y clases, para hacer de manera más específica la designación de los lugares de riesgo muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, donde se determinaba en cada una de las capas valores de 2, 4, 6, 8 y 10 siendo el 10 el valor de mayor riesgo. El último paso fue crear una capa de distancia euclidiana de 30 metros, también nombrada como distancia entre drenajes, donde se remarca esta distancia debido a que es el espacio en la que no se debe construir o generar proyectos que afecten el cauce de las quebradas, y esta legislado en el código civil en el artículo 935 "Especificaciones de las distancias entre construcciones" (Función Pública, 1873)

Al culminar la labor de reclasificación se utilizó el geoprocuro de suma ponderada, donde se sobrepusieron 5 capas conformadas por Modelo Digital de Elevación DEM con un

valor del 10%, capa de Pendientes con un valor de 15%, la capa de Land Cover con un valor de 10%, la capa de precipitación de 30% siendo la de mayor porcentaje por la relevancia en el riesgo de inundaciones, y por último la capa de distancia entre drenajes y en segundo nivel de mayor porcentaje con 30%, siendo estas 5 capas la sumatoria total de 100% para poder obtener el mapa de riesgos de inundación del municipio de Andes. Además de esto se suma un proceso final de reclasificación de la capa Stream que nos permite visualizar los cuerpos de agua y que permiten una mejor comprensión de las zonas de mayor riesgo de inundación.

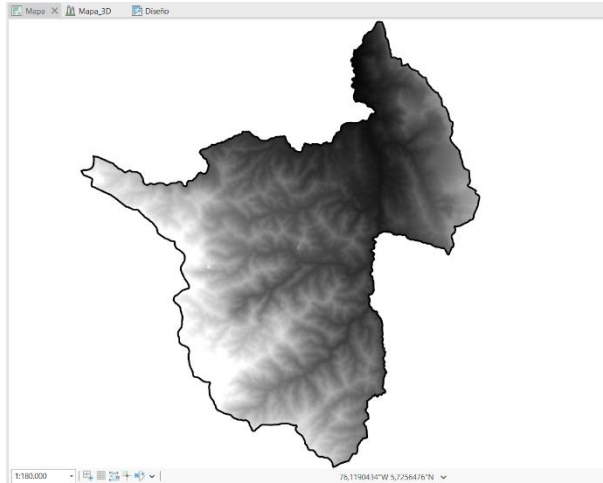
A través del software ArcGIS pro, se obtuvieron los siguientes mapas:

Figura 1.
Cobertura tierras Andes



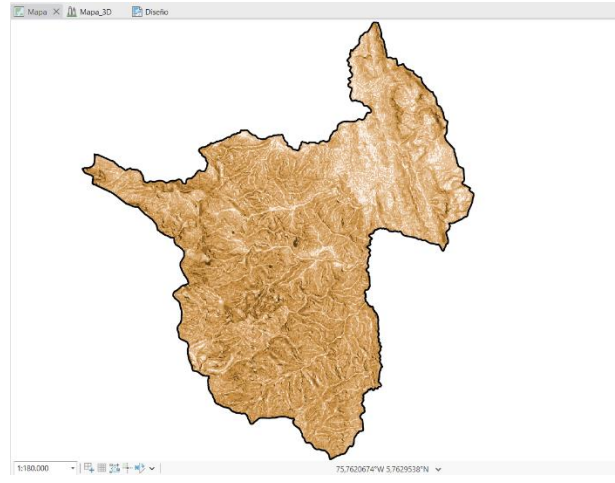
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 2.
DEM municipio de Andes



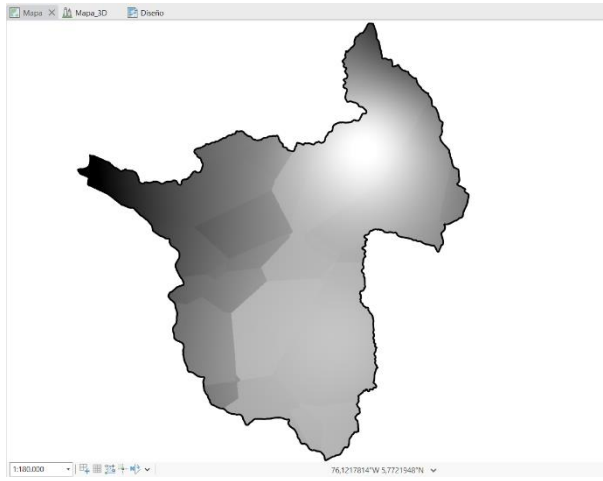
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 4.
Pendientes Andes



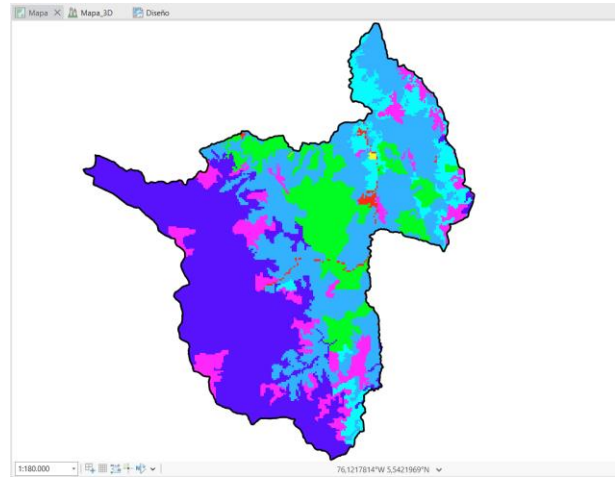
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 3.
Precipitación Andes



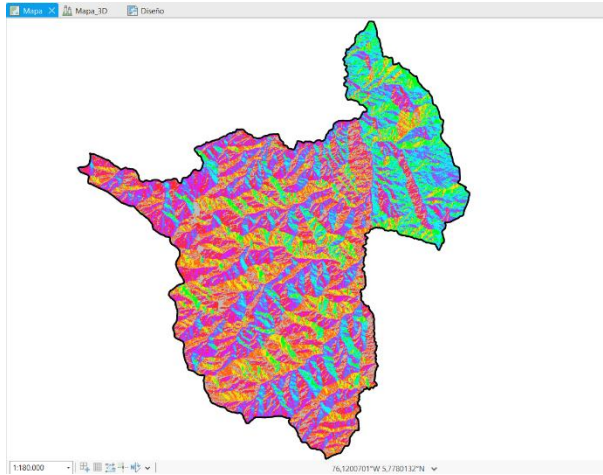
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 5.
Land Cover Andes



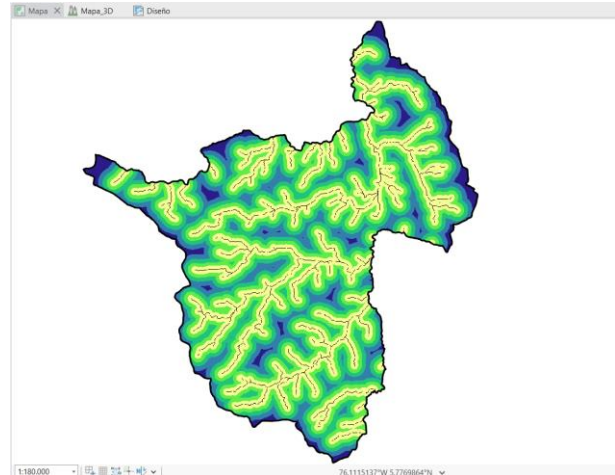
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 6.
Dirección flujo de Andes



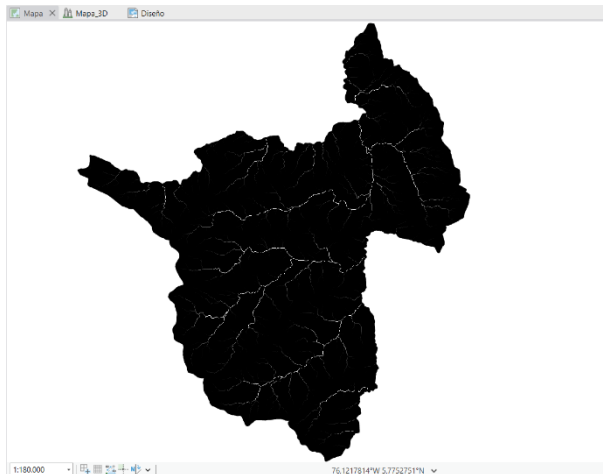
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 8.
Distancia euclidiana Andes



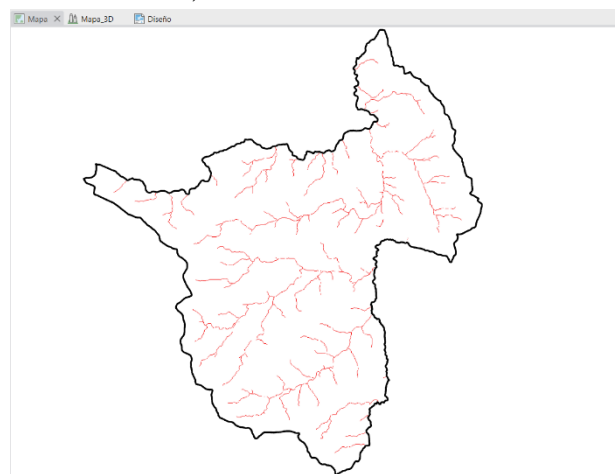
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 7.
Flujo acumulación Andes



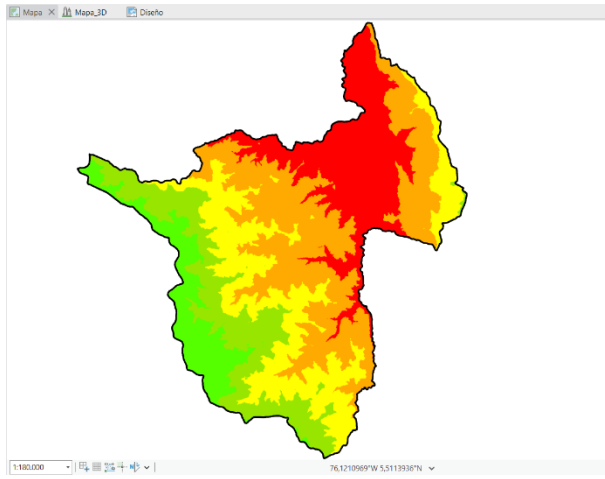
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 9.
Stream Andes, afluentes hídricos



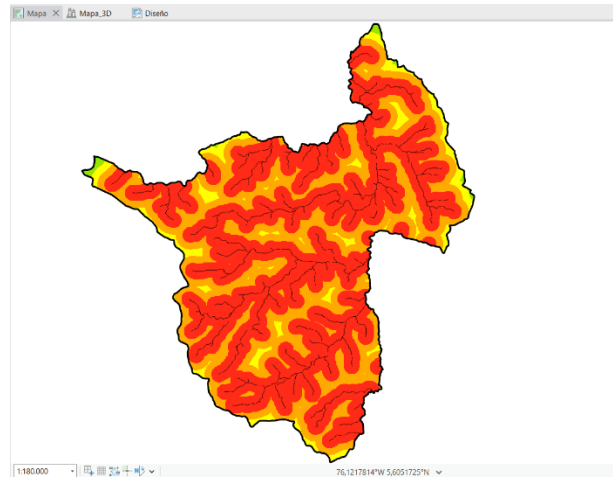
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 10.
Reclass DEM Andes



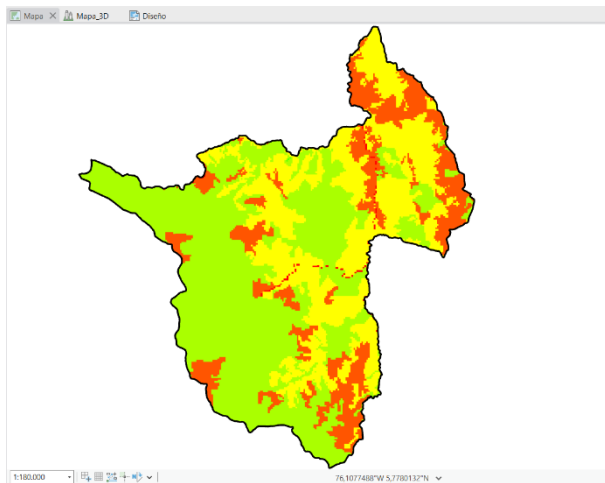
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 12.
Reclass distancia euclidiana Andes



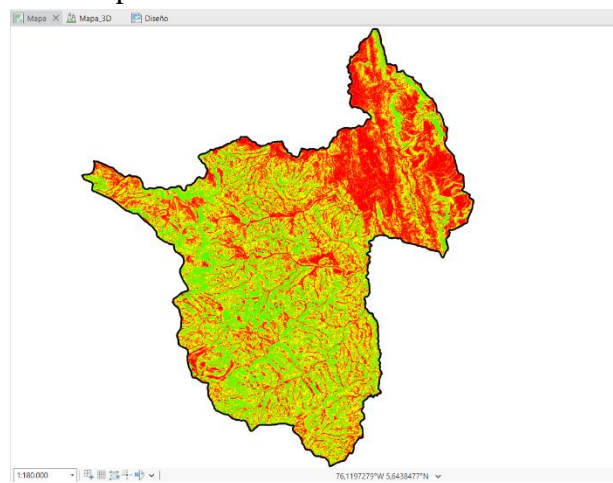
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 11.
Reclass Land Cover Andes



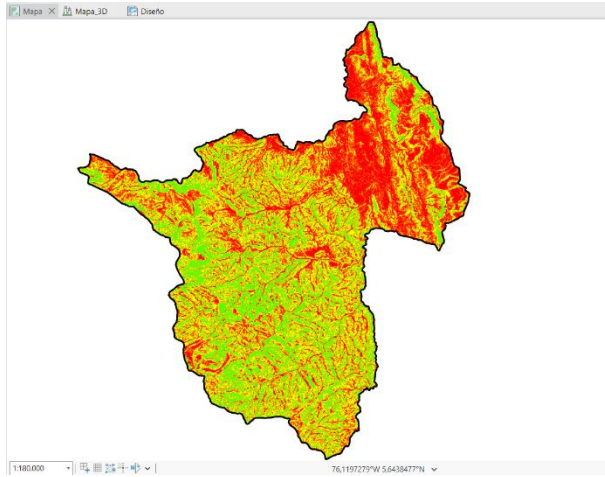
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 13.
Reclass pendientes Andes



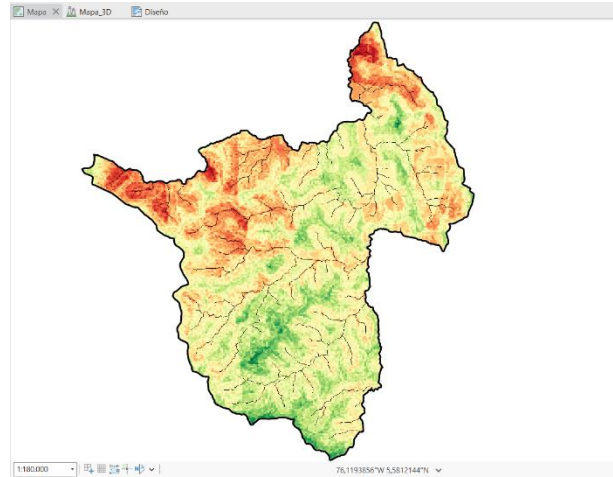
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 14.
Reclass pendientes Andes



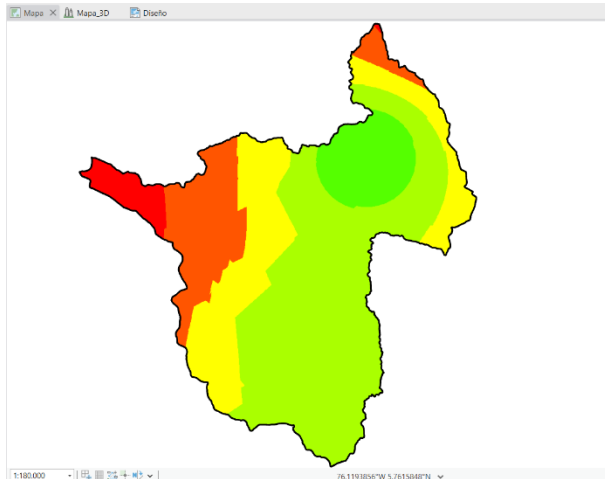
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 16.
Mapa Riesgo de inundación Andes



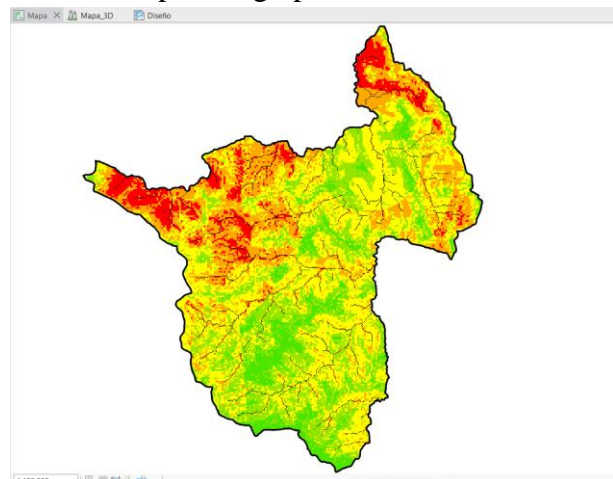
Fuente: autoría propia (2024)

Figura 15.
Reclass precipitación Andes



Fuente: autoría propia (2024)

Figura 17.
Reclass Mapa Riesgo por Inundación Andes



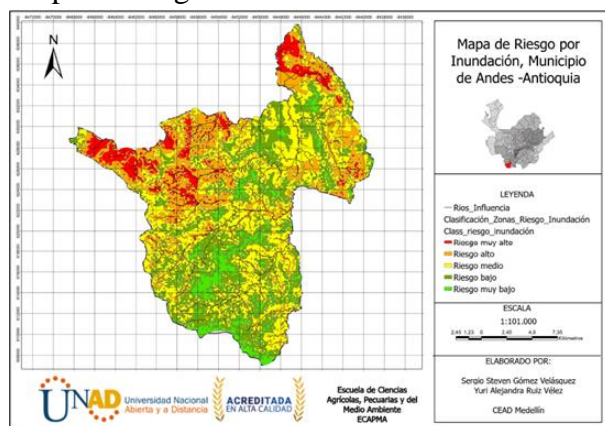
Fuente: autoría propia (2024)

Resultados

A través del análisis multicriterio realizado al municipio de Andes, respaldados en el mapa de riesgos, se pudo evaluar que zonas del municipio presentan un mayor riesgo de inundación (figura 18, mapa de riesgos), la cual nos muestra en color rojo riesgo muy alto de presentarse una inundación, el color naranja riesgo alto, en color amarillo riesgo medio, en color verde oscuro riesgo bajo y por último el color verde claro que nos muestra riesgo muy bajo.

Figura 18.

Mapa de riesgo



Fuente: autoría propia (2024)

Las zonas donde se identifica riesgo muy alto son aquellas donde tienen presencia los afluentes de agua del municipio de Andes, uno de ellos es la quebrada la Chaparrala afluente que afecta al corregimiento con el mismo nombre y a las veredas el Líbano, San Perucho, Chaparralito, corregimiento y veredas que viven de la agricultura, en especial el cultivo de café y la ganadería; en una menor proporción bosque natural, este cuerpo de agua, además atraviesa parte de la zona urbana del municipio en los sectores la bocatoma el

molino, la cárcel, y que desemboca al río san juan. (Montoya, M. s.f.).

Esta subcuenca es de gran importancia ya que es la fuente que abastece el acueducto municipal, en la zona rural una de las problemáticas principales es la construcción de viviendas cerca de las orillas del afluente, lo que constituye un alto riesgo de inundación y avalancha, en materia de medio ambiente la quebrada la Chaparrala en su trayecto presenta contaminación por residuos de pesticidas, aguas residuales de viviendas y de beneficios de la zona y uso inadecuado de suelos. (Montoya, M. s.f.).

Afluente conocido como el río Tapartó, ubicado en el mapa con riesgo muy alto de inundación y donde ya se cuenta con antecedente de avenida torrencial con sedimentación y que en épocas de lluvia, se presentan constantes crecientes súbitas, a través del mapa de riesgos se determinó que comunidades como el corregimiento de Tapartó, sector puente nuevo, vereda la rochela, son las más afectadas y el sector el bosque con un nivel de riesgo alto y en otros sectores un riesgo medio, ya que este sector cuenta con una zona de amortiguamiento ribereño y no hay comunidades cercanas, acá es donde le río Tapartó desemboca al río san juan. (Plan de Ordenamiento Territorial de Andes [POT], 2007).

En los datos arrojados en el análisis multicriterio, podemos evaluar las áreas con mayor riesgo de inundación y las que no presentan riesgo dentro del municipio, como lo muestra la figura 19, donde el área que representa un riesgo muy alto para el municipio corresponde a 31,36620 km², a riesgo alto de 85,06061 km², riesgo medio 155,15458 km², riesgo bajo 93,58167 km² y por último riesgo

muy bajo de 32,28825 km², tal y como se describe en la tabla 1.

Tabla 1.

Clasificación de zona de riesgo - Área

| Gridcode | Class_riesgo_inundación | Área_Km2 | Shape_Length | Shape_Area |
|----------|-------------------------|-------------|--------------|-------------|
| 1 | Riesgo muy bajo | 32,28825127 | 3,846487566 | 0,002654168 |
| 2 | Riesgo bajo | 93,58167917 | 12,12851353 | 0,007727423 |
| 3 | Riesgo medio | 155,1545843 | 15,77538022 | 0,012450414 |
| 4 | Riesgo alto | 85,06061442 | 10,11440984 | 0,007104267 |
| 5 | Riesgo muy alto | 31,36620179 | 3,205173078 | 0,00265686 |

Fuente: autoría propia (2024)

Figura 19.

Área máxima de riesgo por clasificación



Fuente: autoría propia (2024)

Con el análisis multicriterio se determinó el porcentaje de áreas que muestran el área de inundación obtenido de la gráfica 2, donde el riesgo muy alto representado por el color rojo evidencia un 7,9%, el riesgo alto en color naranja evidencia un 21,4%, riesgo medio de color amarillo 39%, riesgo bajo en verde oscuro 23,5% y el riesgo bajo en verde claro con un porcentaje 8.1%.

Figura 20.

Área por porcentaje



Fuente: autoría propia (2024)

Conclusiones

A través del análisis multicriterio se puede concluir que las zonas que presentan un mayor riesgo de inundación son las que están en la franja de influencia de la reserva natural de los farallones del citaró, reserva que comparte el departamento de Antioquia, con el departamento del Chocó.

Afluentes con el río Tapartó, nacen directamente en los farallones del citaró a 4.000 m.s.n.m y la quebrada la Chaparrala en el cerro San Fernando a 3.450 m.s.n.m, alturas donde las precipitaciones son muy altas y las zonas aledañas, orillas de estos ríos, estructuras, comunidades, como el corregimiento de Tapartó y el corregimiento de Chaparrala, corren no solo riesgo de inundación, sino de avenida torrencial con sedimento.

Se concluye también que las zonas donde el riesgo de inundación son medio bajo y bajo, corresponden a lugares donde las pendientes son menores y hay una mayor cobertura forestal.

Recomendaciones

La metodología de análisis multicriterio provee herramientas que permiten identificar riesgos, en zonas donde hay altas precipitaciones y hay riesgo de inundación, donde la incorporación de estas alternativas a los planes de gestión de riesgo de los municipios, donde se cuente con bases sólidas, que permitan tener un mayor reconocimiento de las zonas con un mayor riesgo de inundación y que alternativas se puedan impartir para mitigar estos efectos.

Desde la agronomía la incorporación de software como ArcGIS, el mapeo, funcionan como aliados al momento de identificar casos de deforestación en las fincas, sobre todo

cuando están en procesos de certificación con sellos para el ingreso a mercados internacionales, donde es uno de los principales requisitos que los cultivos cuenten mapa del área de cultivo y capa que demuestre que no hay deforestación, además de esto permite realizar un análisis de los lotes y crear alternativas para llevar a cabo de mejor manera las practicas agronómicas.

En sectores como el ambiental, el uso de las SIG, permite realizar análisis donde se pueden vincular datos e indicadores y de esta forma realizar la clasificación del riesgo y medir la magnitud del mismo, emitiendo elementos para hacer diagnósticos y crear estrategias que ayuden a mitigar los riesgos ambientales. En la creación de los POT (plan de ordenamiento territorial), es una estrategia muy aplicable, ya que por medio de las herramientas tecnológicas se crea una estructura geográfica más precisa de cada región, con una mayor planificación del territorio, teniendo en cuenta la estabilidad de los terrenos, cercanías con afluentes de agua, zonas erosionadas y así disminuir riesgos.

Referencias bibliográficas

De Pietri D, Dietrich, P, Mayo P, Carcagno A. *Evaluación multicriterio de la exposición al riesgo ambiental mediante un sistema de información geográfica en Argentina*. Rev Panam Salud Publica. 2011;30(4):377–87.

Función Pública. (26 de Mayo de 1873). www.funcionpublica.gov.co. Obtenido de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestor_normativo/norma.php?i=39535

Gutiérrez Ossa, J. A., & Urrego Estrada, G. A. (2011). *Los sistemas de información geográfica y los planes de ordenamiento territorial en Colombia*. Www.revistas.uptc.edu.co. <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/perspectiva/article/view/1758/1753>

Ingenio y Soluciones. (2014). 2.2.2 *Precipitación registrada en las estaciones de hidrología, meteorología y estudio ambiental en algunos municipios de Antioquia, por meses 2014*. Antioquia.gov.co. <https://antioquia.gov.co/planeacion/ANUARIO%202014/es-CO/capitulos/ambiente/hidrometeorologia/cp-2-2-2.html>

Montoya, M., Agudelo, R., Ramirez, J., Zapata, P., Restrepo, F., & Aguirre Ramirez, N. J. (s.f.). *Quebrada la chaparrala: Calidad del agua desde algunas variables fisicoquímicas*. Www.eumed.net/. <https://www.eumed.net/libros-gratis/2016/1544/chaparrala.htm>

Plan de Ordenamiento Territorial de Andes. (2007). http://www.andes-antioquia.gov.co/apc-aa-files/31656438613466633264316261626664/PBOT_ANDES.pdf

Ruiz, J., Veléz, F, Caicedo, O & Aguirre, N. (2016). Modelación espacial de la calidad del agua en el río Tapartó, municipio de Andes, Antioquia, Colombia. *Revista Mutis* 6(1) 16-27, <http://dx.doi.org/10.21789/22561498.1109>

Serrato Velosa, Y. (2024). *unadvirtualedu-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/yetfersson_serrato_unad_edu_c*. Obtenido de https://unadvirtualedu-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/yetfersson_serrato_unad_edu_co/EiCNnFBCNrBLn13ohY9kbXkBqOke48UqOyoJC5IWQYVblw?e=0NFsgq

USGS. (2024). *earthexplorer.usgs.gov*. Obtenido de <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Zapata, G. O. (2018, April 26). *En Tapartó aún recuerdan a los que se llevó la avalancha hace 25 años | El Colombiano*. El Colombiano. <https://www.elcolombiano.com/antioquia/en-taparto-aun-recuerdan-a-los-que-se-llevo-la-avalancha-hace-25-anos-FN8609520>

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/hqyh6VFbKDO>