

Evaluación del riesgo por inundación durante el periodo de marzo del año 2024, en el municipio de Montenegro, Quindío.

Sandy Julieth Tintinago Parra – sjparrat@unadvirtual.edu.co
Sebastián Felipe Ochoa Arevalo – sfochoaa@unadvirtual.edu.co
Directora: Evangelina Parra Pérez – evangelina.parra@unad.edu.co

Resumen

En el contexto actual, la gestión del riesgo de inundaciones es esencial para el desarrollo sostenible de las áreas urbanas. Este trabajo analiza el impacto de los posibles riesgos por inundación durante el periodo de marzo del año 2024, en el municipio de Montenegro, departamento de Quindío en Colombia, a través del uso del sistema de información geográfica ArcGis Pro, con el cual se sectorizará el territorio a trabajar incluyendo diversos criterios, se tendrán variables en cuenta como precipitación para el mes de marzo, pendiente e información de drenajes que permitirá establecer la población vulnerable, según los diferentes tipos de riesgo, así como las construcciones urbanas, vías municipales y limite veredal dentro del municipio.

Palabras claves: Inundación, riesgos naturales, gestión de riesgo.

Introducción

La variabilidad climática impulsada por el cambio climático global ha provocado fenómenos como el actual episodio de La Niña, que ocurre en el segundo semestre del año. Este fenómeno intensifica las precipitaciones, lo que genera afectaciones tanto al territorio como a la población. Las inundaciones y deslizamientos de tierra provocan remociones que impactan directamente a los habitantes, causando pérdidas de vidas, lesiones y/o problemas de salud, además de daños materiales, destrucción de infraestructura, afectación de vías y la pérdida de medios de sustento como cultivos y sistemas productivos agropecuarios. Asimismo, se pierde la provisión de servicios ambientales. Estas afectaciones merecen la adopción urgente de medidas preventivas en el territorio colombiano, de esta manera la planeación estratégica es fundamental y debe incorporar un

análisis frente a la medición del riesgo y la vulnerabilidad del territorio.

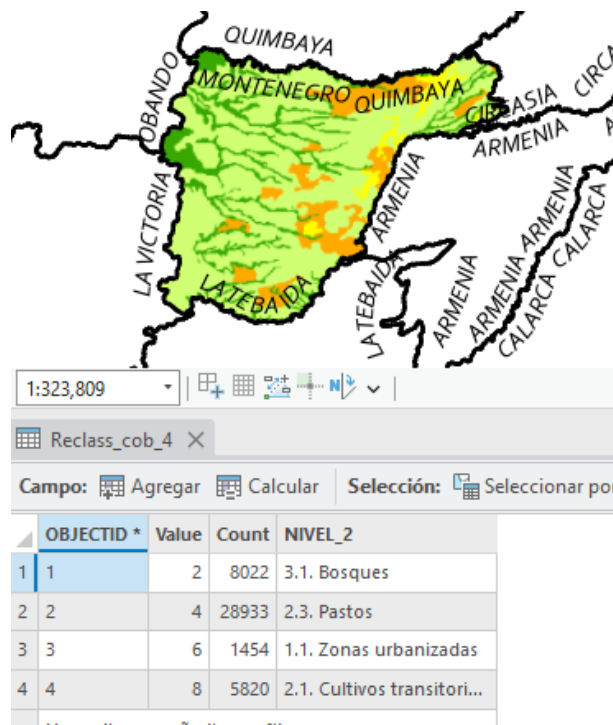
Frente a lo anterior existen normativas jurídicas que facilitan la gestión de posibles impactos y las afectaciones previamente mencionadas.

En Colombia, la Ley 46 de 1988 generó la creación del Sistema Nacional de Prevención y Atención a Desastres (SNAPAD), donde se establece el control que deben tener los organismos gubernamentales para evitar los procesos urbanísticos en escenarios de riesgo de desastre. Así también, la ley 388 de 1997 “materializó una fase de localización, zonificación y reglamentación de suelos expuestos a amenazas y de poblaciones vulnerables, en riesgo de desastre o con una historia relacionada con éstos” (Quintero, E. 2017).

La capa de cobertura de tierras debe pasar por el geoproceto de recorte que la definirá sobre el municipio de Montenegro, seguido a esto se le realizará el proceso de disolver bajo los parámetros campos a disolver: nivel_2 y, se transformará de vectorial a ráster.

Figura 2.

Capa de cobertura en formato ráster.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Para la capa de precipitación es necesario un cargue del ráster de precipitación por mes, que en este caso será el mes de marzo, para luego realizar una extracción por máscara sobre el departamento y finalmente realizar la extracción sobre el municipio, evitando los valores en 0.

Figura 3.

Capa ráster de precipitación mes de marzo.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Se utilizó la capa ráster del municipio de Montenegro para realizar los geoprocetamientos correspondientes y así obtener las pendientes del municipio.

Figura 4.

Pendientes del municipio.



Fuente: Autoría propia, 2024.

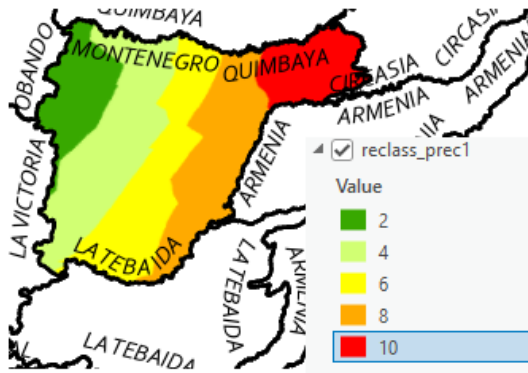
Adicionalmente, utilizando el ráster del municipio se obtiene la delimitación de la cuenca Hidrográfica, la cual pasa por un proceso de reclasificación calculado sobre el 1% del valor máximo de acumulación de flujo para los drenajes principales. Una vez obtenida la reclasificación se procedió a realizar el proceso de Distancia Euclidiana para obtener el valor de la distancia hasta el origen más cercano.

Figura 5.

baja y el valor máximo para las zonas con intensidad de lluvias alta.

Figura 8.

Clasificación de riesgo según precipitaciones.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Para la capa de coberturas de tierra del municipio a través del geoproceso de “reclasificar”, se otorgaron los valores de la Tabla 2.

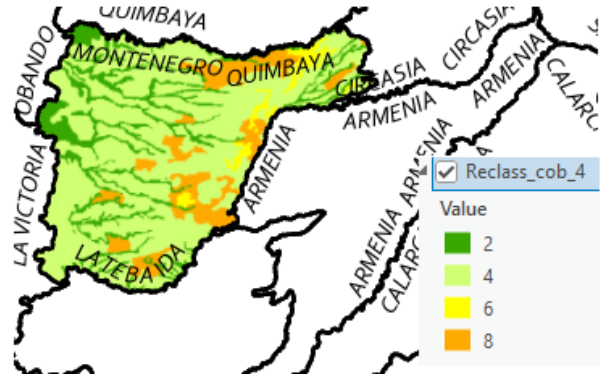
Tabla 2. Valores de nivel de riesgo para la capa de cobertura de tierras.

Cob_Tierras_Nivel 2	Nivel de Riesgo
3.1. Bosques	2
2.3. Pastos	4
1.1. Zonas urbanizadas	6
2.1. Cultivos transitorios/2.2. Cultivos permanentes	8
5.1. Aguas continentales	10

Nota: Adaptado de Guía de actividades - Fase 4 Modelación agroambiental del territorio.

Figura 9.

Clasificación de riesgo según cobertura de tierras.

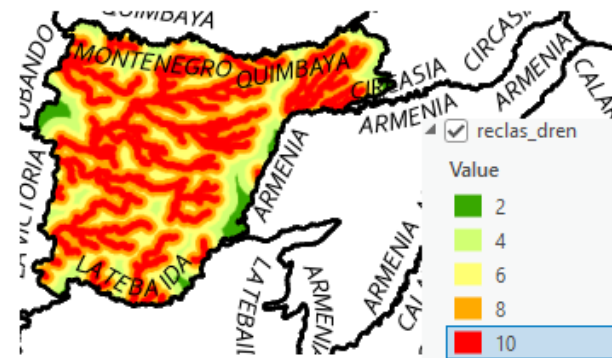


Fuente: Autoría propia, 2024.

Por último, para la reclasificación de la distancia entre drenajes, a través del geoproceso de “reclasificar”, se otorgó el valor máximo para las distancias más cercanas respecto a los drenajes y el valor mínimo para las distancias más lejanas a los drenajes.

Figura 10.

Clasificación para la distancia entre drenajes.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Una vez elaboradas las reclasificaciones de cada factor de riesgo en el municipio se procede a realizar el geoproceso “Suma ponderada” asignando un porcentaje de riesgo a cada una de las reclasificaciones según la tabla 3.

Tabla 3. Valores de porcentaje de riesgo para cada reclasificación.

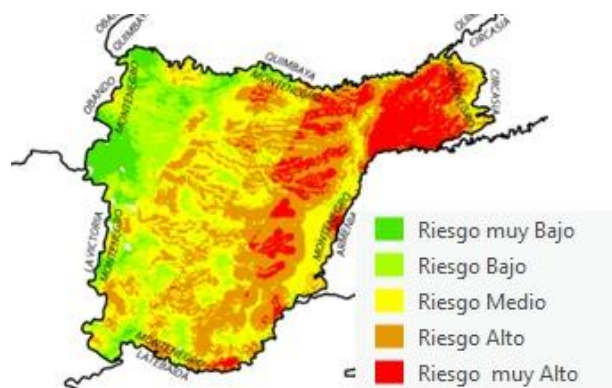
Factor	Porcentaje
Porcentaje Modelo de elevación digital DEM	10%
Pendientes	15%
Precipitación	35%
Distancia entre drenajes	30%
Cobertura de tierras (Land cover)	10%

Nota: Adaptado de Guía de actividades - Fase 4 Modelación agroambiental del territorio.

El resultado obtenido de la suma ponderada debe pasar por un proceso de reclasificación (para cada uno de los riesgos), obteniendo como resultado final la capa ráster de riesgo por inundación con los siguientes parámetros:

Figura 11.

Parámetros para el proceso de reclasificación para cada uno de los riesgos.

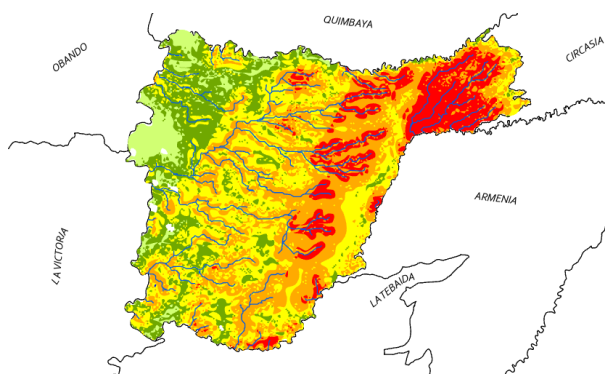


Fuente: Autoría propia, 2024.

Una vez obtenido el ráster de riesgo por inundación, se procede a convertir la capa a formato vectorial tipo polígono y se disuelve el “gridcode” asignándole el valor mínimo al riesgo muy bajo y el valor máximo al riesgo muy alto. Seguido a esto se realiza un proceso de suavizado y una vez se tiene el multipolígono suavizado se procede a dejar sin color el contorno.

Figura 12.

Capa con procesos: disolver, suavizado y sin color de contorno.

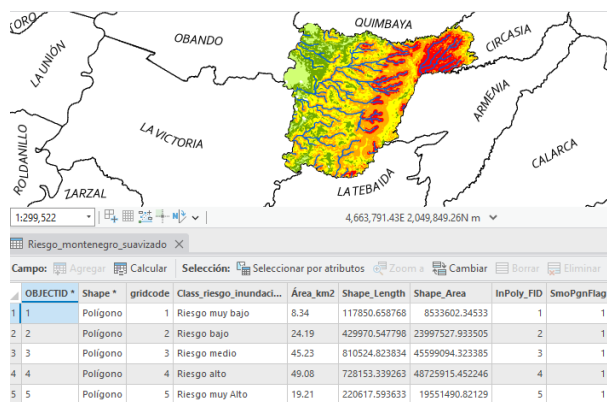


Fuente: Autoría propia, 2024.

Como paso siguiente las áreas de cada polígono de riesgo son calculados mediante la calculadora de campos en la tabla de atributos.

Figura 13.

Cálculo de las áreas de riesgo.

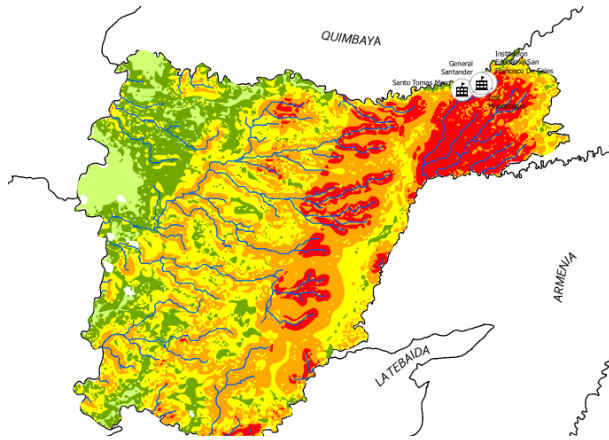


Fuente: Autoría propia, 2024.

Desde el Geoportal del DANE, se descarga la capa vectorial de la ubicación de las sedes educativas del SISE (Sistema de Identificación de Sedes Educativas), activas en el país. A esta capa se le realiza un proceso de recorte sobre el municipio para obtener las sedes educativas presentes en el mismo.

Figura 14.

Sedes educativas en riesgo dentro del municipio.

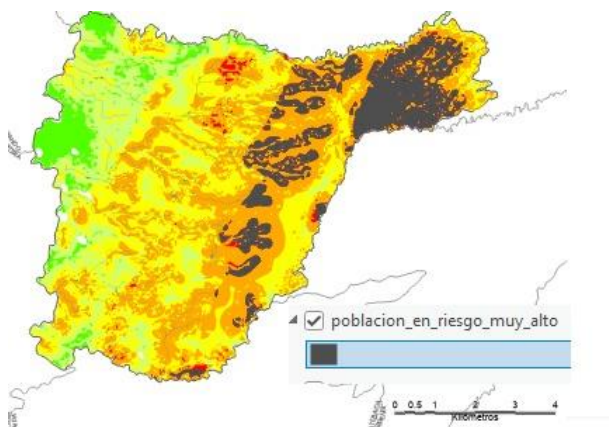


Fuente: Autoría propia, 2024.

Como paso final, desde la página de Colombia en mapas se realiza la descarga de la distribución de población - 2018 según el DANE. Se realiza un proceso de recorte al municipio, una vez se tiene la población de Montenegro, se procede a realizar el recorte únicamente de los puntos que se ubican dentro de las zonas con riesgos muy altos de inundación.

Figura 15.

Distribución de población en zonas con riesgo muy alto de inundación.

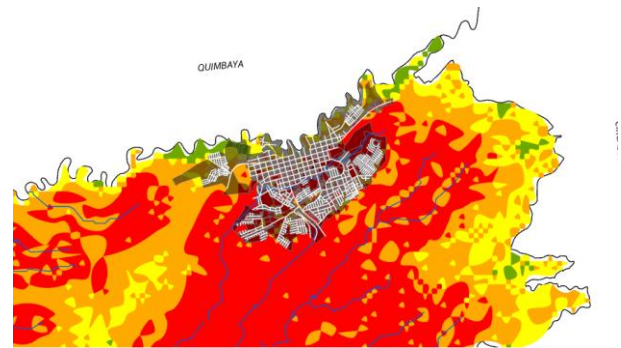


Fuente: Autoría propia, 2024.

Adicionalmente, se descargó también la base catastral Nacional desde el Geoportal Colombia en mapas, se realizó un proceso de recorte y se extrajeron las vías, las veredas municipales y terrenos urbanos del municipio.

Figura 16.

Extracción de vías, veredas municipales y terrenos urbanos del municipio.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Resultados

- Análisis Multicriterio Riesgo por Inundación

Una vez realizados los geoprosesamientos destinados a la evaluación del riesgo por inundación en el municipio de Montenegro se evidencio mediante la comparación de las capas de elevación digital y pendientes del municipio, que se marca una tendencia de categorización a riesgo alto, sin importar que, en la zona alta, las pendientes tienen una tendencia al riesgo alto, entonces, su elevación disminuye la categorización del riesgo.

Figura 17.

Al analizar la distribución de la población, se evidenció que en apenas 0,8 km² de áreas en riesgo no se encuentran establecimientos poblacionales. Esto se debe a que, según la reclasificación de coberturas (Figura 9), las zonas pertenecientes a las veredas *Gigante* y *occidental de Cantores* están predominantemente ocupadas por pastos y cultivos transitorios.

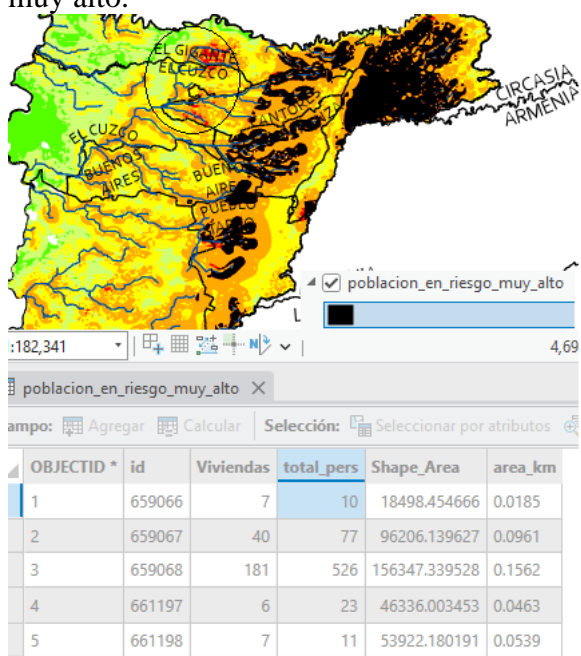
Tabla 3. Total de área por riesgo presentado.

Área Riesgo Muy Alto km2	Área de ocupación población en riesgo muy alto km2	Población en Riesgo muy Alto	No. Viviendas en Riesgo muy Alto
19.2	18.4675	31.397	11.227

Nota: Autoría propia, 2024.

Figura 19.

Ubicación geográfica de la población en riesgo muy alto.



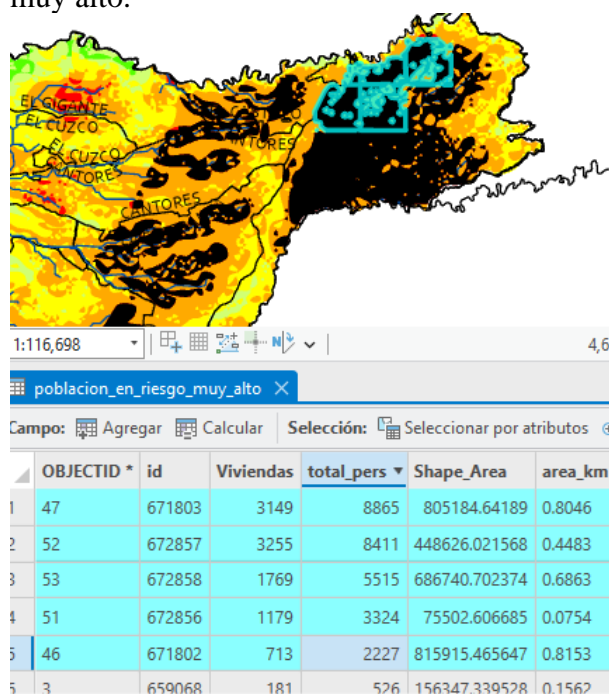
Fuente: Autoría propia, 2024.

Por otro lado, pudimos observar que en el casco urbano del municipio se encuentran ubicadas,

28.342 personas representando el 90.2% de la población en riesgo muy alto.

Figura 20.

Mayor concentración de población en riesgo muy alto.



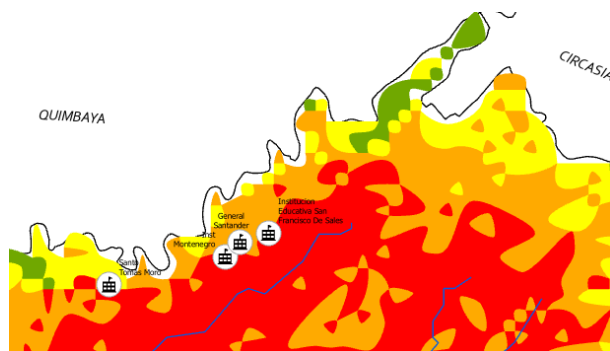
Fuente: Autoría propia, 2024.

- Colegios dentro de zonas de riesgo.

Adicionalmente se evidencio que dentro del municipio se encuentran 4 instituciones educativas reportadas por el DANE. Institución Montenegro e Institución Educativa San Francisco De Sales, se encuentran ubicadas dentro de la zona de riesgo muy alto, y las instituciones General Santander y Santo Tomas Moro, se encuentran en la zona de riesgo alto limitando con zona de riesgo muy alto.

Figura 21.

Instituciones educativas en mayor riesgo.



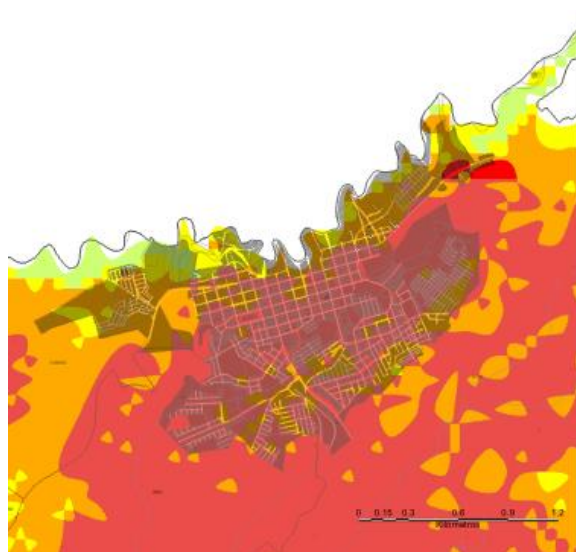
Fuente: Autoría propia, 2024.

- Vías urbanas

Dentro del area urbana de Montenegro, se comprobó que existen 49.02 km de vias urbanas que se encuentran dentro del area en riesgo por inundación muy alto.

Figura 22.

Vías urbanas en riesgo por inundación.



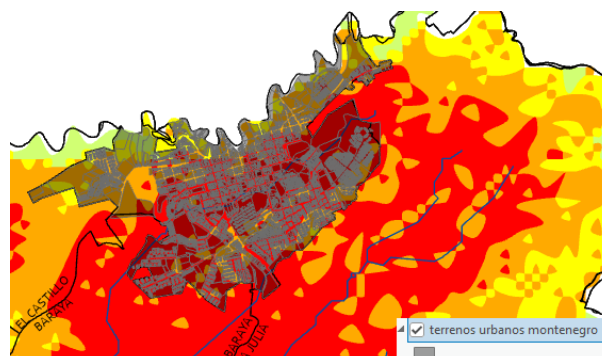
Fuente: Autoría propia, 2024.

- Terrenos en zona de Riesgo muy alto

Por último, de los 2 km² de terrenos urbanos reportados por catastro para el municipio, el 95,7% (1.92 km² de terrenos) concentran el 90.2% de la población en riesgo muy alto.

Figura 23.

Terrenos urbanos en riesgo por inundación.

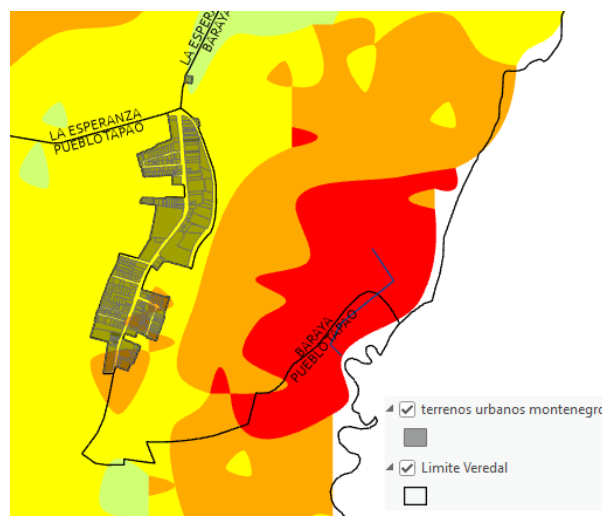


Fuente: Autoría propia, 2024.

Adicionalmente el 4.3% (0.08 km²) de los terrenos urbanos reportados por catastro, se encuentran ubicados en los límites de las veredas *Baraya* y *Pueblo Tapao*, en zonas de riesgo medio.

Figura 24.

Terrenos urbanos en riesgo medio.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Conclusiones

- Se evidencio que el casco urbano del municipio de Montenegro presenta un

riesgo de inundación muy alto, esto debido principalmente por su cercanía a los causes de ríos que atraviesan su perímetro, como el río Espejo y el río La Vieja.

- Se identifico, además, que la zona con mayor altura presenta niveles menores de precipitación, mientras que la zona más baja obtiene una mayor cantidad de lluvias durante el mes de marzo, lo que hace a esta zona tener mayor vulnerabilidad y presentar más riesgo.
- Se concluye que el uso de ArcGIS pro, fue efectivo en la determinación de zonas de vulnerabilidad, permitió determinar la población afectada, así como el área de las zonas de construcción urbana, vías municipales y limite veredal dentro del municipio que pueden verse perjudicadas ante la inundación.

Recomendaciones

Desde un punto de vista municipal, es necesario el desarrollo de un plan de gestión de riesgos, la formulación de estrategias anticipadas puede mitigar en gran medida los efectos de la inundación, movimiento de masas, entre otros; especialmente en las áreas de riesgo alto y riesgo muy alto en donde se encuentra una población estimada de 31.397 personas.

Este plan debe contar con la participación de entidades gubernamentales como el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Ley 1523 de 2012). Y la población, un trabajo con la comunidad a través de la educación ambiental y participación comunitaria puede

ser también una medida preventiva, puede fortalecer el monitoreo y la alerta temprana y pueden realizarse simulacros y ejercicios de evacuación que fortalece el plan de riesgos y permite su efectividad.

De manera adicional podrían agregarse al modelo SIG los mapas departamentales de amenazas por movimientos de tierra para evaluar más a fondo el estado y probabilidad de incremento en el riesgo, además de incluir las capas climáticas globales. Esto permitiría ahondar más en las posibles problemáticas que presentaría el municipio frente a este tema.

Referencias bibliográficas

Alcaldía Municipal de Montenegro, Quindío. (19 de septiembre de 2022). Nuestro Municipio. <https://www.montenegro-quindio.gov.co/municipio/nuestro-municipio>

Bernabé, M. López, C. (2012). Fundamentos de las infraestructuras de datos espaciales. Instituto Geográfico Nacional. <https://www.ign.es/web/libros-digitales/fundamentos-ide>

Chacón, M. (10 de mayo de 2024). IDEAM anuncia la inminente llegada del fenómeno de La Niña a Colombia para el segundo semestre del año. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/ideam-anuncia-la-inminente-llegada-del-fenomeno-de-la-nina-para-el-segundo-semestre-del-ano-3341752>

Duckham, M. (2024). Chapter 8. Cartography and geovisualization. En M. Duckham., Q. Sun y M. Worboys (Eds), GIS A Computing Perspective. Third Edition (pp. 307-347). CRC Press Taylor & Francis Group.

<https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/112608>

Escolano, S. (2015). Primera parte. 2. La representación del espacio geográfico en los SIG: Modelos de datos. En S. Escolano (Ed), *Sistemas de información geográfica: Una introducción para estudiantes de geografía* (pp. 47-78). Prensas de la Universidad de Zaragoza.

<https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/lc/unad/titulos/44840>

García, L. (mayo de 2004). Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales. Universidad politécnica de Cataluña.

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94140/01Lag101de09.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, María Claudia, Piñeros Botero, Andrea, Bernal Quiroga, Fabio Andrés, & Ardila Robles, Estefanía. (2012). Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia. *Revista de Ingeniería*, (36), 60-64.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932012000100012&lng=en&tlng=es.

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*, Vol. 5(8), pp. 59-70. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=7d5a99fe-dbcf-33b6-943e-dd92eebf52b6>

González, J. (2014). La gestión de riesgo de desastres en las inundaciones de Colombia: una mirada crítica. Universidad Católica de Colombia.

<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/014beaf1-cbc3-406d-a744-a8aa0ee619a6/content>

Hurtado Montoya, Andrés Felipe, & Mesa Sánchez, Óscar José. (2015). Cambio climático y variabilidad espacio - temporal de la precipitación en Colombia. *Revista EIA*, (24), 131-150.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372015000200009&lng=en&tlng=es.

Moreno, A., Buzai, G., y Fuensalida, M. (2017). *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales. 2ª edición.* RA-MA Editorial.

<https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=0c7f5c3f-5c9a-32c5-99b8-f27d15dff3e8>

Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica. Open Library.*

https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica

Olivas, U. Valdez, R. Aldrete, A. González, M. Vera, G. (2007). Áreas con aptitud para establecer plantaciones de maguey cenizo: definición mediante análisis multicriterio y SIG. *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 30, núm. 4, 2007, pp. 411-419. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61030408.pdf>

Pineda, L., y Suarez, J. (2014). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. Revista Ingeniería Agrícola, Vol. 4(3), pp. 28-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262041005>

Pineda, L., y Suarez, J. (2014). Elaboración de un SIG orientado a la zonificación agroecológica de los cultivos. Revista Ingeniería Agrícola, Vol. 4(3), pp. 28-32. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586262041005>

Poveda, G., & J. Mesa, Óscar. (2015). Las fases extremas del fenómeno ENSO (El Niño y La Niña) y su influencia sobre la hidrología de Colombia. Tecnología Y Ciencias Del Agua, 11(1), 21–37. <https://www.revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/765>

Quintero, E. (2017). Metodología para el análisis del riesgo de desastre por inundación en fase de fenómeno de la niña: Mecanismos de integración a la gestión del riesgo de desastres a nivel territorial. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. <https://hdl.handle.net/11059/8349>

Serrato, Y. (noviembre 2024). Modelación y aplicación al ordenamiento agroambiental. Cuarta webconferencia. [Sesión teams]. <https://url.unad.edu.co/gOv9A>

Sisti, J. M. (2022). Capítulo 5. Fotointerpretación (o Análisis Visual de imágenes). En J. Sisti (Ed), Fotointerpretación en agrimensura. (pp. 37-87). Editorial de la UNLP EDULP. <https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/109>

[15/139092/Documento_completo.pdfPDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.unad.edu.co/bitstream/handle/15/139092/Documento_completo.pdfPDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ward, S., y Ward, J. (2017). Chapter 3: Basic Map Concepts-The science of cartography. En S. Ward y J. Ward, Map Librarianship. A guide to geoliteracy, map and GIS resources and services (pp. 53-69). CHANDOS Elsevier. <https://research-ebsco-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocess/or/plink?id=8e0cc2b5-9528-3427-9d8f-91c9885e3708>

Enlace de sustentación:

https://unadvirtualedu-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/sfochoaa_unadvirtual_edu_co/EV4jLRmFBRRGtz5a5aO7F8YBbUIeISQg_I2iatNT-0xA?e=e2xhNA