

Evaluación del riesgo de inundación y medidas de prevención, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) durante el segundo semestre del año 2024 en el municipio de Marquetalia, Caldas Colombia.

Paula Andrea Calderón Giraldo pacalderong@unadvirtual.edu.co

Yudy Marcela Hurtado López yhmurtadol@unadvirtual.edu.co

Docente asesor: Evangelina Parra Pérez evangelina.parra@unad.edu.co

Resumen

La evaluación del riesgo de inundación en el municipio de Marquetalia, Caldas, se realiza utilizando ArcGIS pro a través de análisis multicriterio, herramienta que permitió identificar áreas críticas y clasificar zonas según su nivel de riesgo, desde muy alto hasta muy bajo. Los procesos comenzaron con la conversión de capas ráster a vectoriales y la generación de atributos, seguidos por el cálculo de geometrías para determinar las áreas de cada polígono, lo que facilitó la clasificación y el estudio de los datos. Los resultados de los análisis espaciales revelaron la distribución del riesgo, destacando zonas de alta vulnerabilidad, lo cual es fundamental para la planificación y mitigación del riesgo de inundaciones en el municipio. Este enfoque integra variables espaciales y socioambientales, fortaleciendo la gestión territorial frente a eventos externos y promoviendo el uso sostenible del suelo. El empleo de gráficos y mapas permitió una mejor comprensión y visualización de los impactos potenciales sobre el territorio.

Palabras claves: Inundación, Marquetalia, capas, ráster, vectoriales, atributos

Introducción

A nivel nacional, el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD) y las políticas del IDEAM han diseñado estrategias orientadas a reducir los efectos de las inundaciones mediante el empleo de herramientas tecnológicas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estas herramientas facilitan la identificación de áreas de riesgo, la evaluación del impacto que estas tienen en el territorio y el desarrollo de medidas preventivas.

Las inundaciones constituyen uno de los riesgos naturales más frecuentes y devastadores en Colombia, ocasionando pérdidas humanas, daños a la infraestructura y afectaciones en la economía y el medio ambiente.

Al respecto Sedano-Cruz *et al.* (2013) expresan que:

Las temporadas de lluvias 2010-2011 y el fenómeno La Niña, dejaron 5,2 millones de personas afectadas (11,3% de la población del país) en 1.027 municipios (87%), incluyendo el Distrito Capital, las áreas de cultivo anegadas superaron el millón de hectáreas y las pérdidas económicas sobrepasaron los US \$4.870 millones. (párr. 59)

Según Toro y Giraldo (2018) y de acuerdo al Plan Departamental de Gestión de Riesgo de Desastre 2017:

El departamento de Caldas debido a sus características, es vulnerable a la ocurrencia de procesos y fenómenos

naturales debido a su ubicación geográfica, características geológicas y condiciones morfológicas específicas, lo que puede afectar el desarrollo habitual de las actividades económicas, sociales y culturales de la región. (pág. 14)

Es así como el municipio de Marquetalia al pertenecer al departamento de Caldas, no es ajeno a esta situación y particularmente este, está especialmente expuesto por su topografía montañosa, sus suelos presentan una alta vulnerabilidad a la erosión y su régimen climático se caracteriza por períodos de lluvias intensas. Durante el mes de abril, que es considerado el más lluvioso de la región, se eleva la probabilidad de desbordamiento de ríos, escorrentías y saturación de los suelos, lo que incrementa el riesgo de desastres relacionados con inundaciones. En el municipio de Marquetalia se han llevado a cabo acciones específicas, aunque no cuentan con un enfoque integral y preventivo que permita gestionar el riesgo de manera sostenible.

Objetivos

General

- Evaluar el riesgo de inundación y medidas de prevención, mediante los SIG durante el segundo semestre del año 2024 en el municipio de Marquetalia, Caldas.

Específicos

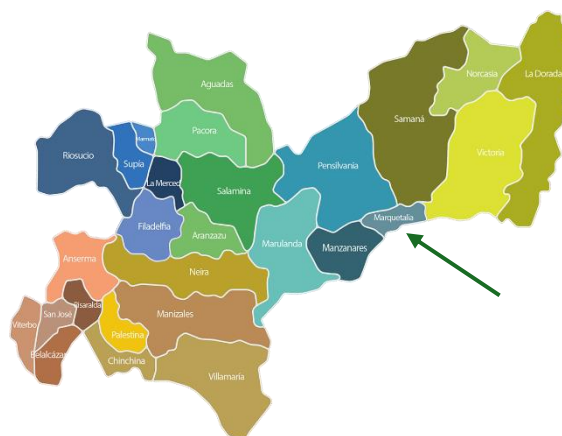
- Identificar áreas de riesgo en el municipio de Marquetalia y clasificarlas de acuerdo a su nivel de inundación.
- Elaborar un modelo que combine la transformación de capas ráster a vectoriales y el cálculo de geometrías lo que facilitará la clasificación de datos y análisis de las zonas de riesgo en el municipio.
- Generar gráficos y mapas que favorezcan la comprensión de la distribución de riesgos y las áreas de

alta vulnerabilidad en el municipio, proporcionando apoyo para la planificación y mitigación del riesgo de inundación en el territorio.

Identificación del caso de estudio

El municipio de Marquetalia, se encuentra ubicado en el oriente de Caldas, en la región andina de Colombia, es un territorio conocido por ser montañoso, caracterizado por pendientes pronunciadas y suelos susceptibles a la erosión, se encuentra dentro de una de las zonas más lluviosas del país.

Figura 1 División política departamento de Caldas



Fuente: Gobierno de Caldas (2021)

En cuanto a su historia:

Marquetalia fue fundado en 1903, tiene una población aproximada de 15.010 habitantes según el DANE, cuenta con un área aproximada de 94 km² su altitud es de 1.600 m.s.m, cuenta con una temperatura promedio de 20 °C, abril es uno de los meses más lluviosos por lo cual su precipitación promedio es de 500 mm anual, los días de lluvia en el territorio oscila entre los 150 y 250 en la mayor parte de la zona montañosa (Martínez, 2019).

Metodología

El estudio actual tuvo como finalidad evaluar el riesgo de inundación en el municipio de Marquetalia, Caldas. Se utilizó el análisis multicriterio, que se define como una





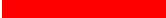
herramienta que "facilita una evaluación cuantitativa exhaustiva de las alternativas, adaptándose a la formulación de planes de ordenación del territorio fundamentados en criterios racionales" (Barredo Cano, 1996; Bosque Sendra y García, 2000; Gómez Delgado y Barredo Cano, 2005). Seguido se llevó a cabo un análisis geo-espacial utilizando sistemas de información geográfica (SIG), lo que permitió identificar las áreas de alta vulnerabilidad en el municipio. Finalmente, para conseguir los resultados, se utilizó la herramienta ARCGIS

PRO, la cual facilitó el procesamiento de datos, para lograr el diseño del mapa de riesgo de inundación de Marquetalia, Caldas.

Resultados

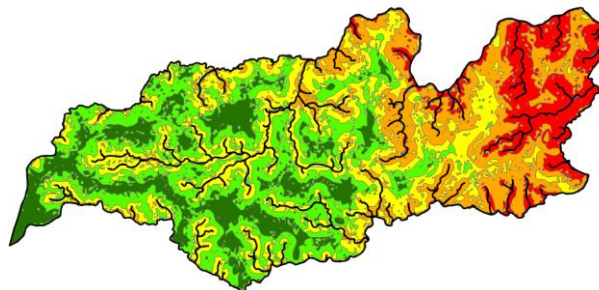
Los resultados obtenidos a través de los diferentes geo-procesos con la herramienta ARCGIS PRO, serán descritos e ilustrados a continuación ya que fueron insumos suficientes para comprender y conocer los riesgos de inundación del municipio de Marquetalia y de esta manera, proporcionar apoyo para la planificación y mitigación del riesgo al que se encuentra expuesto el municipio.

Tabla 1 Reclasificación de riesgo por inundación

Clasificación cualitativa	Valores	Simbología
Riesgo muy bajo	1	
Riesgo bajo	2	
Riesgo medio	3	
Riesgo alto	4	
Riesgo muy alto	5	

Nota: Esta tabla muestra la reclasificación de riesgo por inundación, la descripción cualitativa del riesgo con su valor numérico. Fuente: Universidad Nacional Abierta y a Distancia (2024).

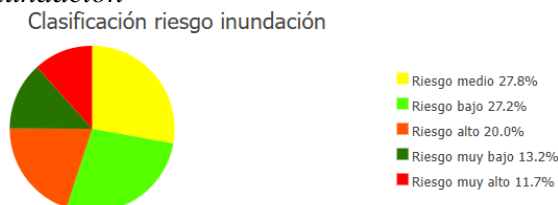
Figura 2 Mapa de riesgos de inundación municipio de Marquetalia



Fuente: Autoría Propia (2024)

El mapa ilustra la zonificación de riesgos por inundación utilizando un esquema de colores que distingue los diferentes niveles de susceptibilidad o vulnerabilidad en el municipio de Marquetalia. Las áreas en rojo representan regiones de mayor riesgo, posiblemente debido a su baja altitud, proximidad a cuerpos de agua o acumulación de flujo pluvial. Las zonas verdes indican áreas menos propensas a inundaciones, probablemente situadas en terrenos más altos o con sistemas de drenaje natural más efectivos. Las zonas en amarillo y naranja reflejan niveles intermedios que podrían verse afectadas o beneficiadas por los factores mencionados previamente.

Ilustración 3 Porcentaje de riesgos de inundación



Fuente: Autoría Propia (2024)

Tras realizar los diversos geo-procesos con la herramienta ARCGIS PRO, se obtuvo un gráfico circular que clasifica los niveles de riesgo de inundación en el municipio según porcentajes, destacando que las proporciones más elevadas corresponden al riesgo medio con un 27.8% y al riesgo bajo con un 27.2%, lo que suma un 55% del total, indicando que la mayoría de las áreas evaluadas se sitúan en niveles de riesgo moderado. Por otro lado, un

31.7% se concentra en niveles de riesgo alto con un 20% y muy alto con un 11.7%, lo que representa un desafío, dado que estas áreas tienen una mayor probabilidad de experimentar eventos catastróficos. En menor proporción, el nivel de muy bajo se encuentra en un 13.2%, lo que refleja que solo una pequeña parte del municipio de Marquetalia está completamente protegida frente a inundaciones. En la tabla 2 se puede observar con mayor detalle la clasificación de los riesgos de inundación y su área.

Tabla 2 Tabla de atributos

Gridcode	Class riesgo inundación	Área_km2
1	Riesgo muy bajo	11,88
2	Riesgo bajo	24,46
3	Riesgo medio	24,97
4	Riesgo alto	17,96
5	Riesgo muy alto	10,51

Nota: La tabla muestra la clasificación de los riesgos de inundación del municipio de Marquetalia con su respectiva área.

Conclusiones

El estudio permitió identificar y clasificar las áreas de riesgo de inundación en el municipio de Marquetalia, utilizando herramientas de análisis geo-espacial y multicriterio. Los datos indican una concentración mayoritaria en niveles de riesgo medio y bajo, seguidos de un porcentaje significativo de zonas con alto riesgo que requieren de atención urgente. La información obtenida resalta la necesidad de adoptar un enfoque preventivo en la gestión del riesgo inundaciones, con el objetivo de reducir el impacto en la comunidad y fomentar una planificación territorial más segura y eficiente.

La combinación y transformación de capas ráster a vectoriales y el cálculo de geometrías ha resultado ser una herramienta útil para la clasificación de datos y el análisis de zonas de riesgo en el municipio de Marquetalia, dado que permite la visualización más precisa de la información y una evaluación más detallada de áreas vulnerables a inundaciones.

Lo que propicia la toma de decisiones informadas en la planificación del territorio y la gestión del riesgo, abordando de manera eficaz los desafíos asociados a las inundaciones.

La creación de gráficos y mapas es fundamental para mejorar la comprensión de la distribución de las áreas de riesgo y vulnerabilidad en el municipio de Marquetalia, dado que estas representaciones visuales ayudan a presentar de forma clara y concisa la información derivada de los geo-procesos. Insumo suficiente para identificar las zonas críticas que necesitan mayor atención en la gestión del riesgo de inundación.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un ajuste en el uso de capas dentro del Argis Pro, dado que el error reportado en esa exactitud de la evaluación del riesgo de inundación puede estar relacionado con la calidad y resolución de las capas ráster utilizadas. Tener la certeza de que las capas ráster se encuentren bien alineadas y que los datos realizados sean los más actuales y de mejor resolución disponibles es crucial para mejorar la exactitud de los resultados. Además, es importante revisar la integración de las capas vectoriales para evitar distorsiones en el análisis.

Para fomentar la utilización de Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la planificación agrícola, se aconseja implementar un sistema de seguimiento agroambiental que habilite a los agricultores valorar en tiempo real sobre las condiciones del suelo y modificar sus acciones con el objetivo de prevenir los peligros de inundaciones en las áreas agrícolas.

Promover e integrar sistemas silvopastoriles que combinen la crianza de animales con la reforestación de áreas degradadas, mejorando la calidad del forraje y contribuyendo a la conservación del suelo y la biodiversidad del municipio.

Referencias bibliográficas

- Almeida, P., Duriavich, M., Napolitano, R., & Feoli, E. (2009). Aplicación de técnicas SIG, Sensoramiento Remoto y Análisis Multicriterio para la Detección de Impactos Antropogénicos en la Cobertura de Suelos y su Proyección para el 2010. Caso de estudio: Estuario de Santos (Brasil). *Revista Tecnológica-ESPOL*, 22(1).
<https://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/93>
- Da Silva, C. J., & Cardozo, O. D. (2015). Evaluación multicriterio y Sistemas de Información Geográfica aplicados a la definición de espacios potenciales para uso del suelo residencial en Resistencia (Argentina). *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (16), 23-40.
<https://geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/445/331>
- De Desastres, G. D. R. (2015). Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres. https://www.cac.int/sites/default/files/Panam%C3%A1_Plan_Nacional_Gesti%C3%B3n_Riesgo.pdf
- Isidro, M. L., Herrero, A. D., & Huerta, L. L. (2009). Aplicaciones de los SIG al análisis y gestión del riesgo de inundaciones: avances recientes. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (29), 29-37.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4245445.pdf>
- Gobierno de Caldas (2021) Información de Municipios. Gobierno de Colombia. <https://site.caldas.gov.co/informacion-de-municipios>
- Lopera, J. S., & García, J. L. (2012). Actualización de cartografía catastral urbana mediante LiDAR y SIG. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (12), 53-70.
<http://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/238>
- Martínez, A. G. (2019, 16 abril). Clima Departamento de Caldas. [todacolombia.com. https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/caldas/clima.html](https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/caldas/clima.html)
- Martínez Gómez, A. M. (2014). Aspectos determinantes en la elaboración de una agenda ambiental participativa y sinérgica, como estrategia de gestión en el desarrollo sostenible local, estudio de caso, municipio de Marquetalia, Caldas. <http://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/1491>
- Masgrau, L. R. (2004). Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. *Documents d'anàlisi geogràfica*, (43), 153-171.
<https://www.raco.cat/index.php/DocumentsAnalisi/article/download/31812/31647>
- Mireles Soria, D. L. (2021). *Elaboración de un modelo multicriterio con base SIG para el manejo integral de ríos urbanos utilizando VANTS y tecnología espectral* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
<http://eprints.uanl.mx/22894/1/1080315668.pdf>
- Montoya, S. A. M. (2022). Los proyectos ambientales escolares: una alternativa para la investigación participativa en la Institución Educativa Patio Bonito (Marquetalia-Caldas, Colombia). *Revista Interamericana De Investigación Educación Y Pedagogía RIIEP*, 15(1), 13-43.
<https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/riiep/article/view/5983>
- Morote Seguido, Á. F., & Olcina, J. (2021). La enseñanza del riesgo de inundación en Bachillerato mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). El ejemplo del PATRICOVA en la Comunidad Valenciana (España).

- <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/120291>
- Pucha-Cofrep, F., & Fries, A. (2023). Manual de ArcGIS Pro. Franz Pucha-Cofrep. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wBTiEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=pucha-Cofrep,+F.,+%26+Fries,+A.+\(2023\).+Manual+de+ArcGIS+Pro.+Franz+Pucha-a-Cofrep&ots=IErUM_7rK0&sig=QXGd-PuTqSpSWqUpCkRddCqDB9o](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wBTiEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=pucha-Cofrep,+F.,+%26+Fries,+A.+(2023).+Manual+de+ArcGIS+Pro.+Franz+Pucha-a-Cofrep&ots=IErUM_7rK0&sig=QXGd-PuTqSpSWqUpCkRddCqDB9o)
- Sedano-Cruz, K., Carvajal-Escobar, Y., & Ávila Díaz, Á. J. (2013). Análisis de aspectos que incrementan el riesgo de inundaciones en Colombia. *Luna Azul*, (37), 219-238. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-24742013000200014&script=sci_artext
- Olivera Acosta, J., Martín Morales, G., García Rivero, A.E., Jaimez Salgado, E., López, M. L., Estrada, R., & Miravet, B. L. (2011). El uso de los SIG y la evaluación multicriterio (EMC) para la determinación de escenarios de peligros de inundaciones en cuencas fluviales. *Caso de estudio: Cuenca Guanabo, Ciudad de La Habana. Proyección, 10*, 143-148. https://bdigital.uncu.edu.ar/app/navegador externo/?tpl=plantilla_articulo_clean.htm&idobjeto=13623
- Picone, N. (2016). Detección de áreas urbanas con peligro de inundaciones. <https://notablesdelaciencia.conicet.gov.ar/handle/11336/106945>
- Quintero Castro, J. J. (2014). Diagnóstico de la gestión integral del riesgo por inundaciones y avenidas Torrenciales en ríos urbanos del departamento de Caldas. <https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/770>
- Rodríguez, A. L. V. (2015). SIG y realidad: Inundaciones en As Pontes de García Rodríguez (A Coruña). *Sémata: Ciencias Sociais e Humanidades*, (27). <https://revistas.usc.gal/index.php/semata/article/view/2448>
- Toro Velásquez, S., & Giraldo Delgado, F. R. (2018). Evaluación de la eficacia de la implementación de la Política Pública Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en cuatro municipios del oriente de Caldas. <https://repositorio.ucm.edu.co/bitstream/10839/2216/1/Sharim%20Toro.pdf>
- Valencia, J. E. G. (2006). Propuesta metodológica basada en un análisis multicriterio para la identificación de zonas de amenaza por deslizamientos e inundaciones. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(8), 59-70. <https://www.redalyc.org/pdf/750/75050806.pdf>
- Vilca Chire, F. V. (2018). Análisis de riesgo mediante la utilización del sistema de información Geográfica Arcgis y su influencia en la prevención de desastre por inundación en el centro poblado San Ignacio del Distrito de la Tinguña Ica Perú Año 2018. <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/6125>

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/ezRm0qfKPak>