

Evaluación del riesgo de inundación mediante análisis multicriterio en el municipio del Guamo, Tolima, Colombia.

Dayann Liliana Mendoza Briñez – dlmendozab@unadvirtual.edu.co

Paula Andrea García Intencipa - pagarciai@unadvirtual.edu.co

Sara Tatiana Salvador Salamanca - stsalsalvador@unadvirtual.edu.co

Directora: Evangelina Parra Pérez - evangelina.parra@unad.edu.co

Resumen

El municipio del Guamo, Tolima está ubicado en una zona con diversidad climática, caracterizados por tener varias fuentes hídricas cercanas como la cuenca del río Magdalena, río Luisa, quebrada Guaduas, río Saldaña, quebrada Serrezuela y Lemayá, lo que lo convierte en un riesgo potencial de inundación. Con la finalidad de evaluar el riesgo por inundación con las precipitaciones del mes de abril del municipio, se busca por medio de la herramienta ArcGIS, identificar y analizar Cuáles son las áreas con mayor y menor riesgo de inundación según la clasificación cualitativa del riesgo. Los resultados revelaron que el área con menor riesgo abarca 9,68 km². Mientras que el área con riesgo muy alto es significativamente mayor, alcanzando 111,94 km² encontrando que estas áreas son aguas continentales. Este desequilibrio nos hace darnos cuenta en la necesidad de implementar estrategias de mitigación y planeación territorial que reduzcan los posibles daños.

Palabras claves: Guamo Tolima, riesgo, inundación, ArcGIS Pro, modelación, clasificación cualitativa, multicriterio.

Introducción

Las inundaciones son un riesgo natural provocado por el exceso de agua, que invade zonas urbanas que en condiciones normales están secas, estas son provocadas por diferentes factores como; lluvias intensas, residuos sólidos que tapan los cauces, rompimiento de presas, rompimiento de tuberías, mal sistema de alcantarillado y taponamiento de tubería.

En Colombia, la mayoría de los municipios presentan riesgo por inundación. Esto se debe a que su ubicación geográfica ocasiona diversidad climática. Hay zonas donde la lluvia es abundante y frecuente. Por otro lado,

podemos presenciar los daños que ha ocasionado el cambio climático, el aumento de las temperaturas que acompaña al calentamiento global causa fenómenos meteorológicos.

Uno de los municipios que presenta este riesgo es el municipio de Guamo, ubicado en el departamento del Tolima. Su riesgo se debe a su ubicación geográfica, características climáticas y la presencia de fuentes hídricas cercanas.

En este trabajo, por medio de la herramienta de ArcGIS se busca evaluar las áreas con mayor y menor riesgo de inundación en el municipio de

Guamo Tolima, según la clasificación cualitativa del riesgo, comparando las áreas para entender la distribución espacial del riesgo, como el uso del suelo, la urbanización no planificada y las condiciones del sistema hídrico, así como explorar posibles soluciones sostenibles que reduzcan las pérdidas humanas, materiales y ambientales.

Objetivos

General.

Evaluar el riesgo de inundación mediante análisis multicriterio en el municipio del Guamo, Tolima, Colombia.

Específicos

- Analizar las condiciones geográficas y climáticas del municipio de Guamo, Tolima, incluyendo su ubicación, fuentes hídricas principales y sistemas de vida, para comprender los factores que influyen en el riesgo.
- Identificar la distribución espacial a partir de la clasificación cualitativa del riesgo, utilizando datos de precipitación, características del terreno y herramientas SIG como ArcGIS.
- Establecer las áreas más vulnerables a inundaciones, teniendo en cuenta factores como zonas urbanas, sistemas de alcantarillado, uso del suelo y la influencia de las cuencas hídricas del municipio.

Identificación del caso de estudio

El municipio del Guamo se encuentra ubicado en el departamento del Tolima. Limita al norte con los municipios del Espinal y San Luis, al occidente con el municipio de San Luis, al oriente con el municipio de Suárez y al sur con los municipios de Saldaña y Purificación, (PBOT Guamo 2004). La temperatura es de 28°C, Tiene 9 barrios y 47 veredas, según la Gobernación del Tolima. La superficie es de 523 km² (Terridata).

En el 2024, el municipio cuenta con 34.880 habitantes, Según el DANE, en su sistema climático la zona de vida es de bosque seco tropical (Bs-T) y es bañado por tres grandes cuencas hídricas como lo son el río Luisa, Saldaña y Magdalena. La cuenca de los ríos Luisa se compone por cuatro subcuencas que son: quebrada serrezuela, Guaduas, Lemayá y Lemayacito y entre ellas contienen microcuencas.

En la parte urbana del municipio se encuentran 3 lagunas: La Guaca, la Herreruna y las palmeras, estas tienen conexión subterránea con el río Luisa, según (PBOT Guamo 2004). El municipio se destaca por ser la capital artesanal de Colombia y la capital ganadera del Tolima y por último para identificar el riesgo de inundación se trabajó con los datos de precipitación del mes de abril.

Metodología

En el presente trabajo se desarrolla la metodología cualitativa, dado que es un conjunto de pasos y técnicas para obtener información sobre personas, expresiones, animales o ambientes naturales. Por medio de esta investigación se realiza un análisis

multicriterio que permite establecer la toma de decisiones con las capacidades de la gestión de datos geoespaciales y la combinación con los sistemas de información geográfica, con el propósito de optimizar el ordenamiento territorial y conocer los factores que determinan el riesgo de inundación en el municipio del Guamo – Tolima con las precipitaciones del mes de abril.

Teniendo en cuenta la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en el ordenamiento agroambiental del territorio para la aplicación del análisis multicriterio, por esta razón se establecen los cinco factores de análisis de riesgo de inundación para el municipio del Guamo - Tolima en los que se integran el modelo de elevación digital, pendientes, cobertura Land Cover, precipitaciones y la distancia entre drenajes, en combinación con estos factores se permite realizar una mejor visualización de las capas del municipio, en el cual se especifica las coberturas del suelo, las bajas y altas precipitaciones del clima, la elevación digital de la celda y la delimitación de una cuenca hidrográfica en lo que se conoce la distancia entre los canales (ríos y quebradas).

A continuación, se evidencian las características de este paso:

Figura 1. Mapa Dirección de flujos



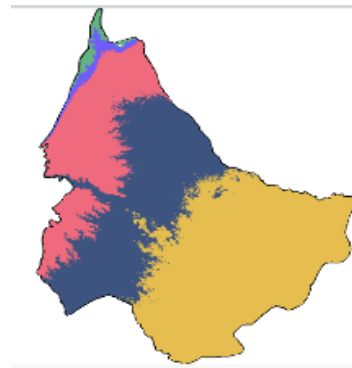
Fuente: Autoría propia, 2024.

Después de realizar la ejecución de cada geoproceto detalladamente de los factores para el análisis de riesgo de inundación del municipio, se procede a establecerse una reclasificación de las siguientes capas del ráster.

Esta reclasificación se realiza para la simplificación de los datos ráster, reemplazar valores, agrupar valores, asignar valores de preferencia y establecer valores específicos No Data.

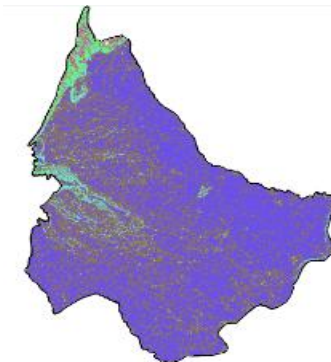
Las capas para la reclasificación de las capas ráster son las siguientes:

Figura 2. Mapa DEM



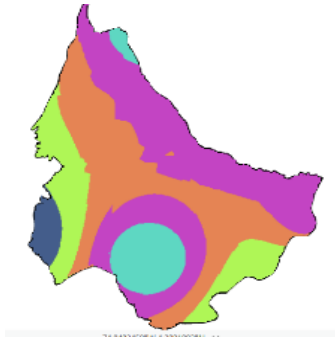
Fuente: Autoría propia, 2024.

Figura 3. Mapa de pendientes.



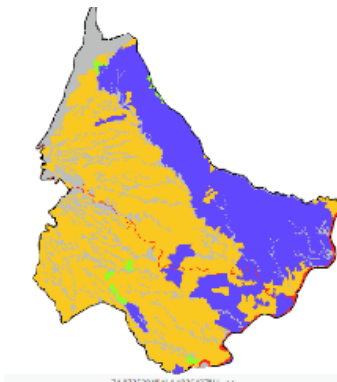
Fuente: Autoría propia, 2024.

Figura 4. Mapa precipitaciones.



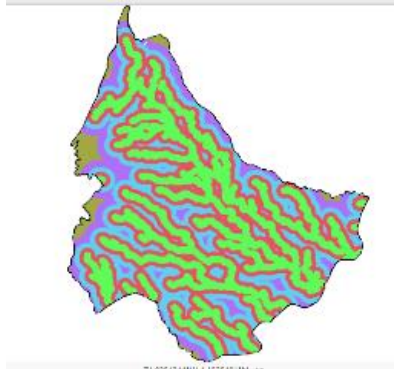
Fuente: Autoría propia, 2024.

Figura 5. Mapa de coberturas.



Fuente: Autoría propia, 2024.

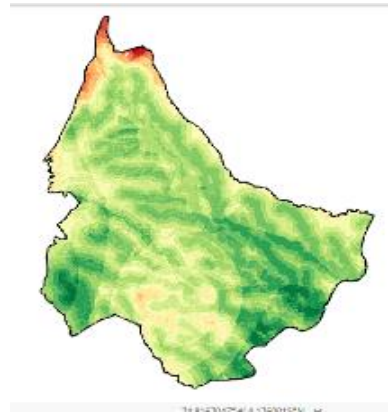
Figura 6. Mapa de drenajes.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Una vez realizados los Geoprocesos de reclasificación, se genera el mapa a partir de la suma ponderada. Esta es una técnica utilizada en los sistemas de información geográfica.

Figura 7. mapa de la suma ponderada.



Fuente: Autoría propia, 2024.

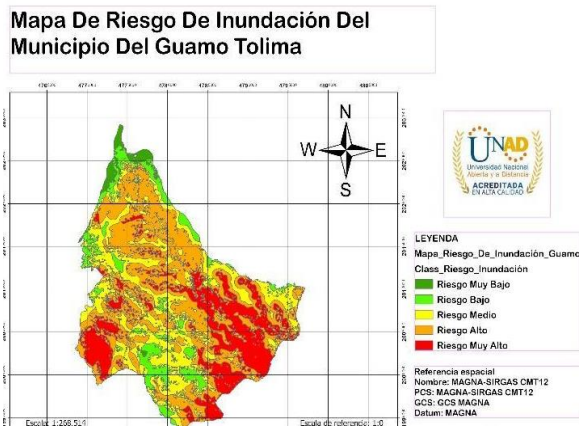
Resultados

Es importante destacar la implementación de los Sistemas de Información Geográfica en el ordenamiento agroambiental del territorio, debido a que es una herramienta que puede ayudar a detectar riesgos de inundación por medio de la recopilación y organización de datos de un espacio geográfico, la georreferenciación de un modelo digital del terreno y la interpolación de datos espaciales para la predicción de inundaciones y áreas en riesgo, un claro ejemplo es para el municipio del Guamo Tolima con las precipitaciones del mes de abril, que cuenta con tres grandes cuencas hídricas como es el caso del río Luisa, Saldaña y Magdalena, aunque para el caso de la cuenca de los ríos Luisa se compone por cuatro subcuencas que son: quebrada serrezuela,

Guaduas, Lemayá y Lemayacito y entre estas también se encuentran microcuencas.

A continuación, se muestran las zonas de muy bajo riesgo a muy alto riesgo de inundación:

Figura 8. mapa del riesgo de inundación.



Fuente: Autoría propia, 2024.

Figura 9. Tabla de las clases del riesgo por inundación.

| gridcode | Class_Riesgo_Inundación | Area_Km2 |
|----------|-------------------------|------------|
| 1 | Riesgo Muy Bajo | 9,6856297 |
| 2 | Riesgo Bajo | 49,0114735 |
| 3 | Riesgo Medio | 129,974469 |
| 4 | Riesgo Alto | 200,766235 |
| 5 | Riesgo Muy Alto | 111,943781 |

Fuente: Autoría propia, 2024.

Como resultado de la evaluación del riesgo de inundación en el municipio con las precipitaciones del mes de abril, este se generó a través de un mapa diseñado en ArcGIS pro en el cual se puede observar en la figura número ocho que partes se encuentran clasificadas desde el riesgo muy bajo hasta el riesgo más alto, de allí se realizó un cálculo de geometría

para las áreas en kilometro cuadrados por ende se refleja que las áreas con riesgo muy bajo abarcan 9,68 Km2 del territorio pertenecientes a zonas verdes artificializadas, zonas no agrícolas, bosques y con vegetación herbácea o arbustiva. En la categoría de riesgo bajo representa 49,01Km2 del territorio perteneciente a los pastos y áreas agrícolas heterogéneas, para la clase del riesgo medio se reflejan 129,97Km2 de territorio alusivos a cultivos permanentes, en la categoría del riesgo alto se tienen 200,76Km2 de superficie al cual pertenecen las zonas urbanizadas y los cultivos transitorios y en la última categoría, pero no menos importante se encuentra la del riesgo muy alto allí se tienen 111,94Km2 de territorio pertenecientes a las aguas continentales.

Figura 10. tabla de cobertura de la tierra.

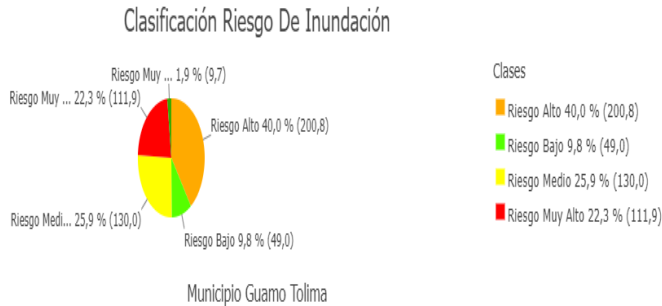
| OID | Value | Count | nivel_2 |
|-----|-------|-------|--|
| 1 | 0 | 2 | 6177 1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas/3.1. Bosques/3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva/3.3. Áreas a |
| 2 | 1 | 4 | 21487 2.3. Pastos/2.4. Áreas agrícolas heterogéneas |
| 3 | 2 | 6 | 337 2.2. Cultivos permanentes |
| 4 | 3 | 8 | 13312 1.1. Zonas urbanizadas/2.1. Cultivos transitorios |
| 5 | 4 | 10 | 444 5.1. Aguas continentales |

Fuente: Autoría propia, 2024.

En la figura número once se puede observar el porcentaje equivalente a la clasificación de los riesgos, para el riesgo muy bajo tiene un 1,9% para el riesgo bajo un 9,8% para el riesgo medio un 25,9% para el riesgo alto un 40%, para el riesgo muy alto un 22,3% indicando que las zonas de los cultivos transitorios y las zonas urbanizadas contienen la mayor área en Km2 del territorio siendo así una de las más afectadas y vulnerables a inundaciones, las zonas aguas

continentales como lo son el río Luisa, Saldaña y Magdalena representan el mayor riesgo con un 22,3% de área en Km² de la superficie.

Figura 11. Gráfico de clasificación del riesgo por inundación.



Fuente: Autoría propia, 2024

Por otra parte, en el área urbana del municipio se encuentran 3 humedales: La Guaca, que colinda con el barrio libertador, el humedal de la Herradura se encuentra dentro del barrio Pablo VI y colinda con el barrio San Martín, el humedal Las palmeras se encuentra colindando con el barrio El Carmen y la urbanización palmeras y el triunfo. Además, la quebrada Lemayá pasa por medio de los barrios San Martín, Pablo VI y el Carmen por ende toda esta zona urbanizada se categoriza críticamente inundable. También el río Luisa pasa por los barrios Ifa, Santa Ana, Alfonso López y libertador, allí también en una parte se encuentra la canal de riego de Usoguamo. En la zona de aguas continentales se encuentran muy cerca los cultivos transitorios y la vereda la chamba y allí muestra un riesgo alto, ya que dicha vereda se encuentra alrededor de la fuente hídrica del río Magdalena, pues allí los ríos Luisa y Saldaña vierten sus aguas a esta majestuosa cuenca hídrica.

Conclusiones

Se analizaron las condiciones geográficas y climáticas del municipio de Guamo, Tolima, incluyendo su ubicación, fuentes hídricas principales y sistemas de vida, para comprender los factores que influyen en el riesgo.

Se realizó la identificación de la distribución espacial a partir de la clasificación cualitativa del riesgo, utilizando datos de precipitación, características del terreno y herramientas SIG como ArcGIS.

Se establecieron las áreas más vulnerables a inundaciones, teniendo presente factores como zonas urbanas, sistemas de alcantarillado, uso del suelo y la influencia de las cuencas hídricas del municipio.

Se evidenció que la metodología usada fue clave para determinar y confirmar el riesgo por inundación que presenta el municipio de Guamo, Tolima, la herramienta ArcGIS nos permitió procesar la información geoespacial, brindando un aporte significativo para la gestión del territorio, permitiendo que se determinen esas áreas críticas con alta precisión.

Este estudio permitió evidenciar que se debe implementar un plan municipal de gestión de riesgo de desastres, evaluando medidas integrales como la planificación urbana, fortalecer la infraestructura, realizar una restauración ambiental y educar a la comunidad sobre el riesgo.

Recomendaciones

Se recomienda evaluar los riesgos mediante un análisis e identificación de las áreas más vulnerables a sufrir inundaciones para así priorizar las acciones de mitigación.

Los entes encargados estar monitoreando y revisando los sistemas de alcantarillado y drenajes, ya que dos humedales se encuentran dentro de la zona urbanizada y estos ayudan a aumentar el riesgo de inundación.

Ayudar a concientizar a la comunidad que al vivir cerca de fuentes hídricas se presentan inundaciones y que por ello es importante que mantengan los drenajes limpios sin residuos sólidos que obstaculicen el paso de estos vertimientos.

Referencias bibliográficas

BARBA, S. (1997). La metodología multicriterio en el análisis y la planificación territorial. CIUDAD Y TERRITORIO Estudios Territoriales, 29(112), 323.

Corporación autónoma regional del Tolima CORTOLIMA (2022) Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD) pág. 14-47 https://cortolima.gov.co/images/Gestion_riesgo_PMGRD/PMGRD2023/PMGRD_GUAMO.pdf

Del Guamo Tolima, A. (2022). Preparación para la 2da temporada de más lluvias 2do semestre 2022 con influencia del fenómeno de la niña-Guamo Tolima: mapas de riesgo por inundación y remoción en masa.

Díaz, D. (2017). Modelado y simulación de sistemas climáticos: desde la escala global hasta los microclimas. Abrir este documento utilizando ReadSpeaker docReader. En F. Cala (Ed), Modelado y simulación de sistemas naturales (pp. 11-40). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/no_de_publication/field_attached_file/pdf-modelado_y_simulacion_completo_fisico.pdf

Efraimidou, E., Spiliotis, M. (2024). A GIS-Based flood risk assessment using the decision-making trial and evaluation laboratory approach at a regional scale

Gestión del riesgo (2020) ¿Cuál es el riesgo por inundaciones en Colombia? Gestiondelriesgo.gov.co. <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2020/Cual-es-el-riesgo-por-inundaciones-en-Colombia.aspx>

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>

Hernández Sampieri, R. (2019). Metodología de la Investigación Plus. McGrawHill - Plus. <https://www-ebooks7-24-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/?il=34866>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM (2024) <https://www.ideam.gov.co/>

- Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático IDIGER. (2024). Idiger.gov.co.
<https://www.idiger.gov.co/rinundacion>
- 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.
- National Geographic. (2010, September 5). Los elefantes rescatan a cientos de personas de las inundaciones en la India y Nepal. National Geographic.
<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/inundaciones>.
- Olaya, V. (2020). Sistemas de Información Geográfica. Open Library.
https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica
- 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.
- Osorio Martínez, I. M. Evaluación del peligro por inundación en la Subcuenca Quebrada Juy (Córdoba) mediante de análisis Multicriterio Espacial.
- Plan básico del ordenamiento territorial del Guamo PBOT (2024) <https://www.elguamo-tolima.gov.co/normatividad/pbot-municipio-de-guamo-plan-basico-de-ordenamiento>
- Reyes J, Alba S, Gálvez L, Bocanegra J, (2024) Instituto de desarrollo regional, ficha de caracterización municipio de Guamo Tolima,
<https://extension.unibague.edu.co/images/2024/extension/visor/GUAMO.pdf>
- Rodríguez, M. E. S. (2020). Zonificación de la amenaza ante inundaciones a partir de un método de evaluación multicriterio en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia. *GeoFocus. International Review of Geographical Information Science and Technology*, (25), 47-76.
- Toro, O. A. (2024). Análisis espacial. [Objeto_virtual_de_Informacion_OVI]. Repositorio Institucional UNAD.
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/61883>
- Varón Gutiérrez, S. D., & Vargas Cuervo, G. (2019). Análisis de la susceptibilidad por inundaciones asociadas a la dinámica fluvial del río Guatiquía en la ciudad de Villavicencio, Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 28(1), 152-174.
- Enlace de sustentación:**
https://unadvirtualedu-my.sharepoint.com/:v:/g/personal/pagarciai_unadvirtual_edu_co/ESMZWKcR2vZOnIq397iYjv4BayPM6vVpcaMOsGl1EnI0wg