

Análisis de Riesgo de inundación por coberturas de tierra en el municipio de Villavicencio del Departamento del Meta.

Mónica Enid González López - megonzalezl@unadvirtual.edu.co

Jenny Marcela Torres Ramírez – jmtorresra@unadvirtual.edu.co

Bleidis Yaritza Rolón Beltrán - byrolonb@unadvirtual.edu.co

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

Resumen

El estudio aborda el riesgo de inundaciones del municipio de Villavicencio del departamento del Meta, haciendo énfasis en el mes con mayor precipitación siendo el mes de abril, la cual se caracteriza por las fuertes lluvias que alcanzan entre (400-500 mm), junto con la combinación de los factores geográficos y climáticos ayudan a incrementar los riesgos de inundación, como lo es la transición entre montaña y llanura, la presencia de los ríos Guatiquía, Ocoa y Guayuriba y la urbanización descontrolada. Se utilizó un análisis multicriterio apoyando en datos geoespaciales con el fin de identificar las áreas de mayor riesgo y clasificar las coberturas de tierra según su susceptibilidad a inundaciones. Los resultados indican que el 12% del área municipal tiene riesgo muy alto, con un impacto significativo en zonas urbanas, áreas agrícolas heterogéneas y pastizales. Las inundaciones afectan infraestructuras, cultivos y ganadería, agravadas por actividades humanas como la minería y la expansión urbana hacia áreas naturales vulnerables.

Palabras claves: SIG, multicriterio, geoprocesos, susceptibilidad, desastres, pendiente, precipitaciones.

Introducción

Las inundaciones son uno de los desastres naturales más frecuentes y devastadores a nivel global, con un incremento significativo en su frecuencia desde 1970 y no se encuentra vinculado únicamente por el clima (Fernández *et al.*, 2018). Según Zapata (2020), estos desastres naturales, especialmente las inundaciones, se ven agravados por actividades humanas como la construcción en zonas inundables, la obstrucción de cauces, la tala y quema de vegetación en las cabeceras, y la deficiencia de sistemas de drenaje y alcantarillado. Colombia es reconocida por su abundancia hídrica y su diversa ubicación

geográfica, lo que la hace vulnerable a fenómenos de alta precipitación y a las características topográficas de ciertas regiones, como las pronunciadas pendientes (Esquea *et al.*, 2019) de territorios como Villavicencio. Entre 1998 y 2021, las inundaciones fueron uno de los tres eventos naturales más frecuentes en Colombia, generando potencialmente pérdidas económicas por afectación a infraestructuras, agricultura y el medio ambiente (Ayala y Ospino, 2023). Villavicencio capital del departamento del Meta en Colombia ubicada en el centro del país y principal ciudad de la Amazonia Orinoquia (Cortés y Castañeda, 2020), se enfrenta a un alto riesgo de inundaciones especialmente en el área urbana

debido a su ubicación geográfica y características climáticas en temporadas de lluvias altas iniciadas en abril con precipitaciones ente 400 y 500 mm (IDEAM, 2023). Además de que posee una diversidad de ecosistemas que lo rodean como diferentes cuerpos de agua río Guayuriba, Guatiquia, Ocoa, Negro y caño grande; red de humedales como el Coroncoro, Zuria, Kirpas, Calatrava, Laguna vieja, Aguas claras, Santana y el piedemonte donde se encuentra la Reserva forestal protectora Buena Vista, Jardín botánico y vereda del Carmen (ICLEI, 2023)

En este sentido, el estudio se centró en el análisis y evaluación del riesgo de inundación en Villavicencio durante el mes de abril, con el objetivo de identificar las zonas más vulnerables. Para ello, se utilizaron Sistemas de Información Geográfica (SIG), lo que permitió determinar las superficies de cobertura del municipio mediante herramientas geoespaciales y un análisis multicriterio. El estudio se centró en la evaluación del riesgo de inundación en Villavicencio durante el mes de abril, identificando las zonas más vulnerables mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). A través de herramientas geoespaciales y un análisis multicriterio, se establecieron las superficies de cobertura del municipio y se clasificaron las coberturas de tierra según su susceptibilidad a inundaciones. Además, se analizó el impacto potencial en las comunidades, la infraestructura y las actividades agropecuarias. Los resultados obtenidos proporcionarán una comprensión más precisa de las áreas más expuestas a inundaciones, ofreciendo información clave para la toma de decisiones en la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial.

Objetivos

Analizar los riesgos de inundación por coberturas de Tierra en el municipio de Villavicencio del departamento del Meta.

Específicos

Evaluar el riesgo de inundación del mes de abril en el municipio de Villavicencio del departamento del Meta.

Identificar las zonas del municipio de Villavicencio con mayor riesgo de inundación con base en los mapas y datos geoespaciales.

Clasificar las coberturas de tierra del municipio de Villavicencio según el grado de susceptibilidad a inundaciones.

Identificación del caso de estudio

El presente estudio se desarrolla en el municipio de Villavicencio, capital del departamento del Meta, Colombia. Según Cortés y Castañeda (2020), Villavicencio es la principal ciudad de la Orinoquía y se encuentra ubicada en el centro geográfico de Colombia, al pie de la cordillera oriental, en una zona de transición entre la montaña y la planicie de los llanos orientales. Limita con los municipios de Restrepo y Acacías y tiene una extensión aproximada de 1.328 km². La ciudad presenta una gran diversidad de coberturas de tierra, que incluyen áreas urbanizadas, zonas dedicadas a actividades agropecuarias y ecosistemas naturales como bosques y humedales. Además, su ubicación estratégica en los llanos orientales la hace especialmente vulnerable a fenómenos climáticos, como las inundaciones.

Según IDEMA (2023), Villavicencio se caracteriza por un clima cálido y una marcada estacionalidad de lluvias. La ciudad se encuentra a una altura de 457 metros sobre el

nivel del mar y tiene una temperatura media anual de 28°C. El mes de análisis, abril, es uno de los más lluviosos del departamento, con precipitaciones promedio que oscilan entre 400 y 500 mm. Este elevado volumen de lluvias incrementa significativamente el riesgo de inundaciones en las diversas coberturas de tierra del municipio.

Figura 1.
Localización Municipio de Villavicencio



Fuente: Autoría propia, 2024.

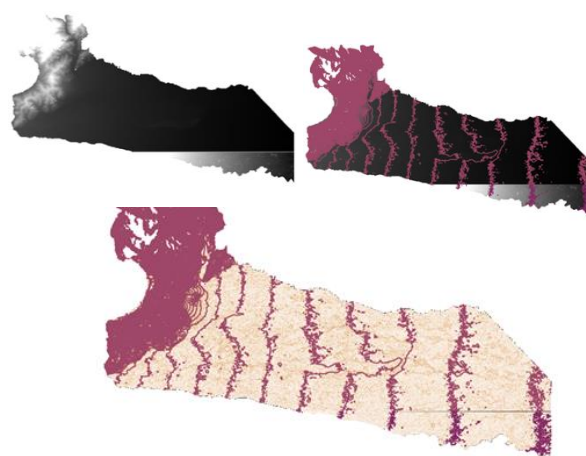
Metodología

Para el análisis de las coberturas de tierra afectadas por el riesgo de inundación muy alto en el municipio de Villavicencio, se utilizaron principalmente los datos proporcionados por el Sistema de Información Geográfica (SIG). Se empleó el Modelo de Elevación Digital (DEM) del municipio, la capa cobertura de tierras (Land cover) obtenido del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), ajustado según la metodología de clasificación CORINE Land Cover en una escala de descripción y categorización 1:100,000.

En la primera fase, se ejecutó la edición del formato ráster, mediante la importación del Modelo de Elevación Digital (DEM) del municipio de Villavicencio (Figura 2) desde el geoportail USGS (Servicio Geológico de los

Estados Unidos) en formato ráster (TIFF), así como una capa tipo shapefile que representa los municipios de Colombia. A partir de estos datos, se realizó la extracción del ráster correspondiente, lo que permitió generar las curvas de nivel y, posteriormente, obtener el ráster de pendientes del municipio (Figura 2).

Figura 2.
DEM del municipio y el ráster de pendientes del municipio de Villavicencio



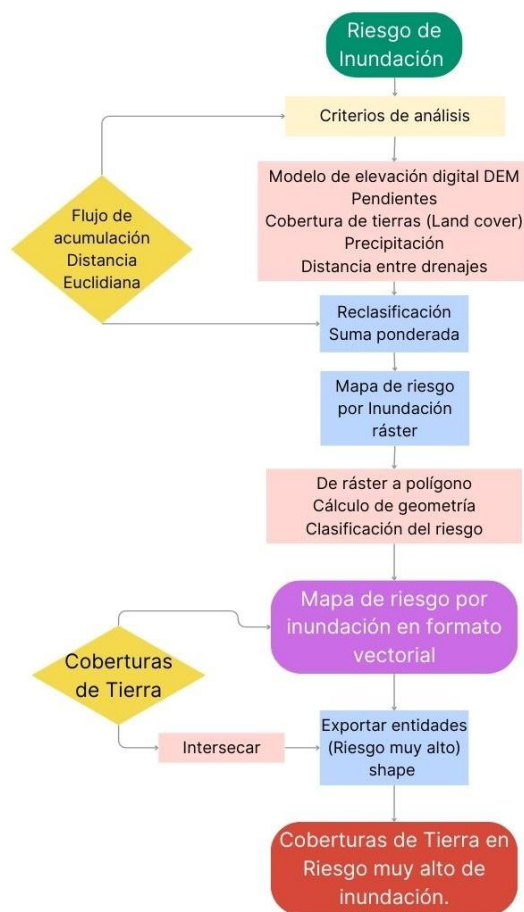
Fuente: Autoría propia, 2024

En la segunda fase, se llevó a cabo el análisis de impacto ambiental y paisajístico mediante la implementación de técnicas de modelación espacial agroambiental. Para ello, se utilizó el método de análisis multicriterio, aplicando a cinco factores del análisis de riesgo de inundación y su porcentaje de influencia: el Modelo de elevación digital DEM con un porcentaje del 10%, las pendientes con un 15%, la cobertura de tierras (land cover) con un 10%, la precipitación con un 35% y la distancia a los drenajes con un 30%. Esta combinación de factores permitió determinar el riesgo de inundación en el municipio de Villavicencio.

El Modelo de Elevación Digital (DEM) y el ráster de pendientes del municipio de

Villavicencio se obtuvieron en la primera fase del análisis. Por otro lado, la capa de cobertura de tierras (Land Cover) fue adquirida a través del geoportal del IGAC en formato shapefile, con una escala de 1:100.000. Posteriormente, se cargó la capa de precipitación en formato TIFF correspondiente al mes de abril para el municipio de Villavicencio.

Figura 3.
Análisis multicriterio



Fuente: Autoría propia, 2024.

Para la ejecución del modelo de riesgo por inundación, se reclasificaron los factores mediante una clasificación cualitativa y cuantitativa con valores numéricos. De esta manera, se determinó el nivel de riesgo, donde

el riesgo muy bajo se asignó con un valor de 2, riesgo bajo con 4, riesgo medio con 6, riesgo alto con 8, y riesgo muy alto con 10.

El análisis multicriterio permite combinar datos geospaciales donde se logra la identificación del Mapa de riesgo por Inundación, facilitando la visualización, localizando las áreas con riesgo más crítico y comparando con los distintos tipos de Cobertura de Tierra, tal como lo muestra la (figura 4).

Figura 4.
Análisis Multicriterio

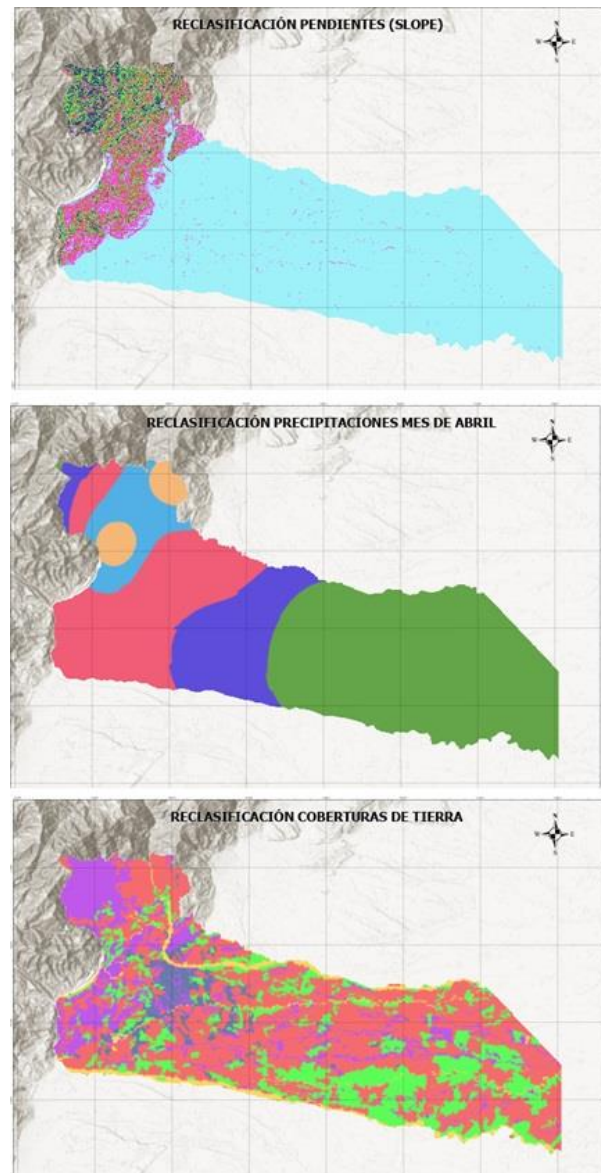
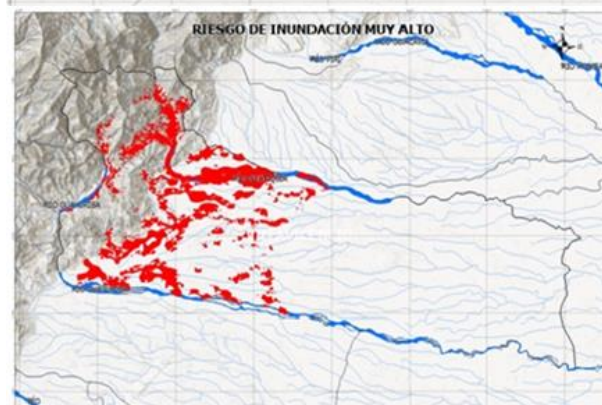
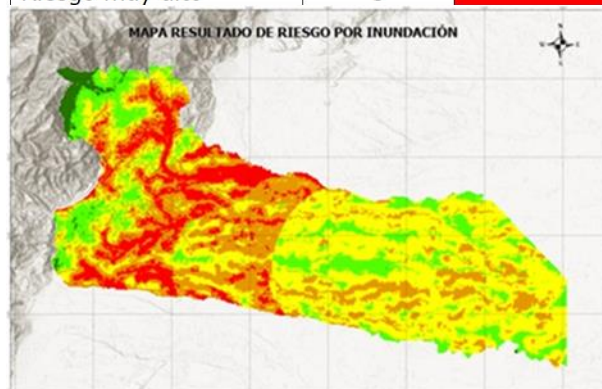




Figura 5.

Mapa de riesgo por inundación en Villavicencio Meta con clasificación del riesgo de inundación diferenciado en cinco niveles y utilizando código de colores para su identificación.

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



Fuente: Autoría propia, 2024

Los métodos de análisis multicriterio, combinados con los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permitieron generar información precisa sobre las áreas con mayor y menor riesgo de inundación en el municipio de Villavicencio. Este enfoque contribuyó a optimizar el ordenamiento territorial, facilitando la identificación visual de las coberturas de tierra afectadas en las zonas vulnerables (Figura 5). De este modo, se favoreció la mejora en la toma de decisiones y en el estudio del caso, proporcionando una base sólida para la gestión del riesgo y el desarrollo sostenible del municipio.

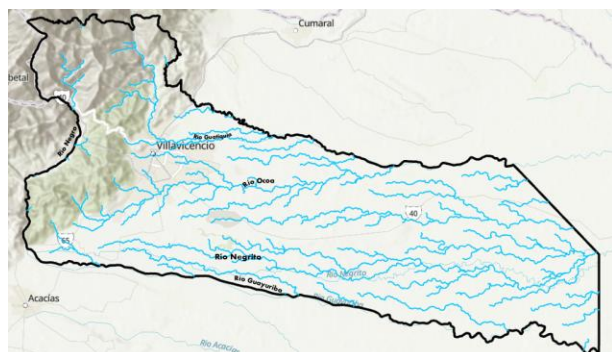
Resultados

El resultado de análisis arrojado con la metodología aplicada en el método de análisis multicriterio permitió identificar las zonas del municipio de Villavicencio con la clasificación cualitativa de riesgo de inundación (figura 5). El territorio estudiado se divide generalmente en tres tipos de relieves que influyen mucho en el riesgo de inundaciones; una zona montañosa situada al Occidente y Noroccidente formando parte del costado de la Cordillera Oriental, la otra es una planicie ligeramente inclinada hacia el Oriente y Nororiente que corresponde al piedemonte de la cordillera, y la última que está conformada por zonas planas hacia el Sur conformadas especialmente por sabanas hacía (Alcaldía de Villavicencio, 2024).

Conociendo los relieves del municipio se puede evidenciar en los análisis multicriterio de la zona con mayor riesgo a inundación es la zona urbana, la cual limita principalmente con la zona montañosa y el piedemonte del municipio y que además se encuentra rodeada al Norte con el río Guatiquía, al Sur con el río Ocoa, Negrito, Guayuriba y al Occidente río Negro (Figura 6).

Figura 6.

Principales afluentes que rodean el municipio de Villavicencio

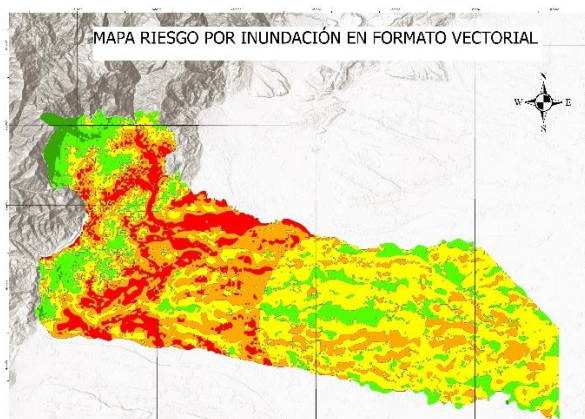


Fuente: Autoría propia, 2024.

Esta localización geográfica hace que la urbanización de Villavicencio sea especialmente vulnerable a inundaciones recurrentes con un rango de riesgo alto y riesgo muy alto (Figura 6), debido al desbordamiento de los ríos circundantes durante la temporada de lluvias y derrumbes (Gutiérrez y Cuervo, 2019).

Figura 7.

Zonas de riesgo por Inundación en el municipio de Villavicencio, formato Vectorial.



Convenciones clase de riesgo por inundación

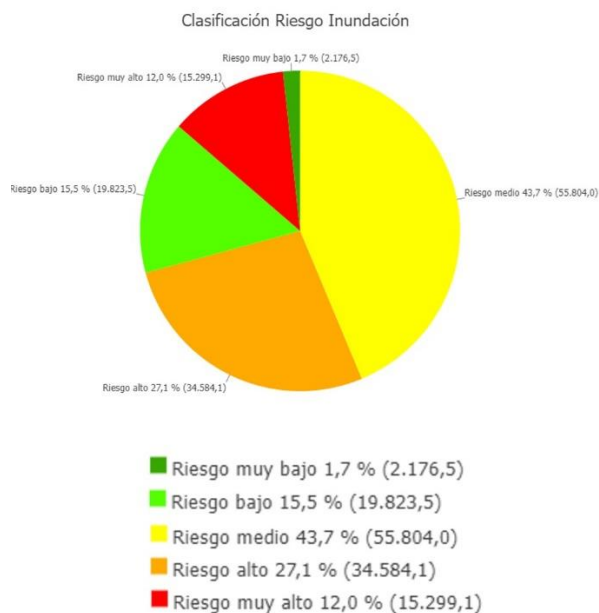
- Riesgo muy bajo
- Riesgo bajo
- Riesgo medio
- Riesgo alto
- Riesgo muy alto

Fuente: Autoría propia, 2024.

Los datos estadísticos del análisis multicriterio realizado para el municipio (ver figura 7 y 8) permitió identificar cinco niveles de susceptibilidad para medir el riesgo de inundación: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. En el rango de riesgo muy bajo se encuentran 2.176,5 ha, lo que representa el 1,7%; en el rango bajo, 19.823,5 ha, equivalente al 15,5%; en el rango medio, 55.804 ha, que corresponde al 43,7%; en el rango alto, 34.584,1 ha, con un 27,1%; y en el rango muy alto, 15.299,1 ha, lo que equivale al 12% (Figura 8). Si bien el porcentaje de áreas con nivel de riesgo muy alto no es tan elevado, sin embargo, se observa que la mayor susceptibilidad se concentra cerca del casco urbano, lo que incrementa significativamente los riesgos a nivel local en el municipio.

Figura 8.

Clasificación Riesgo de Inundación



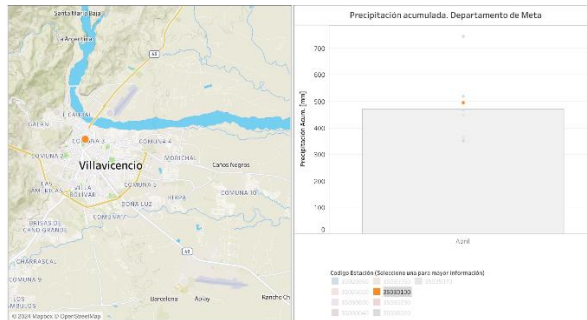
Fuente: Autoría propia, 2024

La precipitación acumulada anual en el municipio es de 3.885 mm, mientras que en el mes de abril se registró una cifra de 469,5 mm

(Figura 9), marcando el inicio del periodo de mayores precipitaciones del año. En mayo, la precipitación alcanzó los 556 mm siendo esta la más alta.

Figura 9.

Condiciones climatológicas de la precipitación acumulada del mes de abril en Villavicencio.



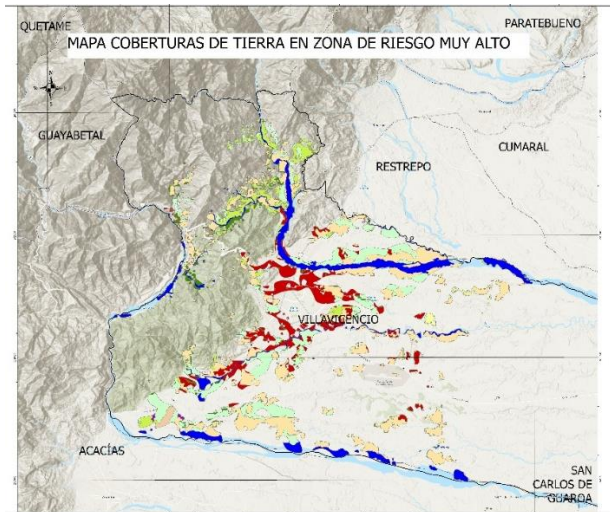
Fuente: (IDEAM, 2023).

El incremento de las lluvias especialmente en los meses Abril, mayo, junio y julio ocasionan mayormente desbordamientos en el río Ocoa afectando generalmente el área urbana; mientras que el río Negro se desborda por el desemboque de aguas provenientes del Guayuriba afectando las zonas rurales del municipio (Camargo y Mora, 2023). En Villavicencio, el 93 % de la población reside en el área urbana, mientras que el 7 % habita en la zona rural, donde las inundaciones afectan gravemente los cultivos, la ganadería, las fincas y las vías de acceso (Figura 8). El riesgo de inundación es muy alto, especialmente para quienes viven cerca de los cuatro ríos que atraviesan la ciudad (Guatiquía, Guayuriba, Negrito y Ocoa) (Figura 6), así como de los principales caños que ramifican en el municipio, tales como Gramalote, Maizaro, Quebrada La Unión, Grande, Quebrada Honda, Buque, La Cuerera y Parrado. Estas fuentes hídricas incrementan la exposición de la población al peligro de desbordamientos.

Además, el aeropuerto Vanguardia, ubicado al norte de la ciudad, es altamente vulnerable a inundaciones debido al desbordamiento del río Guatiquía (Camargo y Mora, 2023). Por otro lado, el 17.2% del territorio se encuentra en zona de riesgo muy bajo, debido que son zonas con mayor altitud o alejadas de fuentes hídricas, siendo áreas que se caracteriza por tener menos posibilidades de inundaciones.

Figura 10.

Cobertura de Tierra en zona de Riesgo muy alto del municipio de Villavicencio.



Convenciones Cobertura de Tierra en Zona de Riesgo Muy Alto

Nivel 2

- 1.1. Zonas urbanizadas
- 1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación
- 1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras
- 1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas
- 2.1. Cultivos transitorios
- 2.2. Cultivos permanentes
- 2.3. Pastos
- 2.4. Áreas agrícolas heterogéneas
- 3.1. Bosques
- 3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
- 3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
- 4.1. Áreas húmedas continentales
- 5.1. Aguas continentales

Fuente: Autoría propia, 2024.

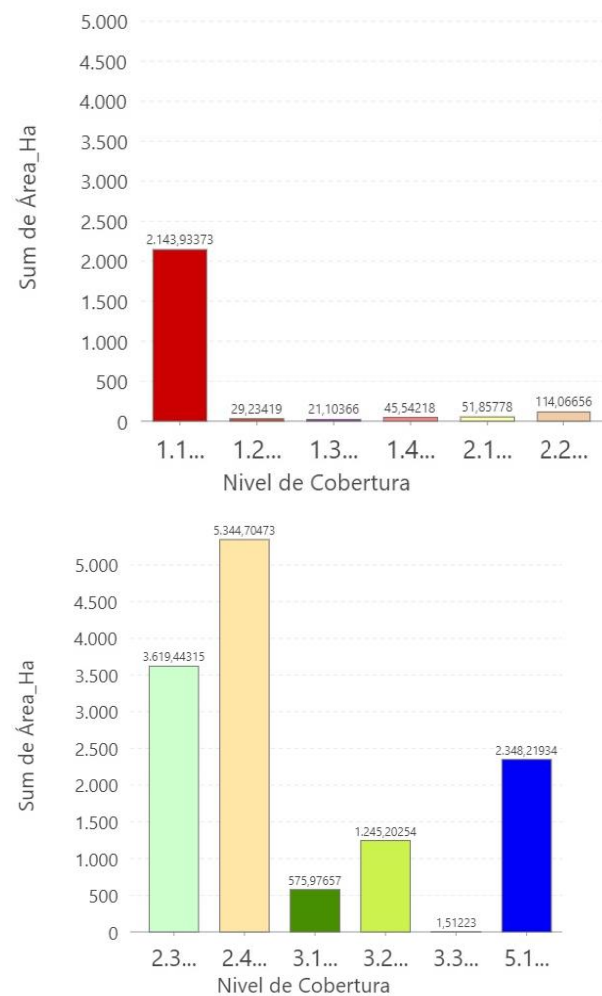
Villavicencio, como un municipio de gran importancia en la economía agroindustrial del país, presenta una considerable diversidad en la distribución de la cobertura de tierras, lo cual influye significativamente en la determinación de los riesgos por inundación. En este contexto, se observan diversas zonas urbanizadas que invaden áreas protegidas y cauces, así como zonas industriales y comerciales que afectan los ecosistemas. Además, se encuentran áreas dedicadas a la extracción minera y escombreras, generando un gran impacto negativo debido a la remoción de tierras especialmente donde se extraen grava, piedra y arena de los ríos. Entre otras coberturas, se incluyen zonas verdes artificializadas, cultivos transitorios y permanentes, pastos, áreas agrícolas heterogéneas, bosques, vegetación herbácea, sabanas, humedales y cuerpos de agua como los ríos (Figura 10).

Cada una de estas prácticas de uso del suelo tiene una influencia, ya sea positiva o negativa, sobre el riesgo de inundación. Con el tiempo, estas intervenciones humanas, como la expansión de la zona urbana hacia coberturas boscosas, húmedas e incluso cercanas a las aguas continentales han generado que el riesgo de inundación muy alto se concentre en las áreas urbanas y rurales del municipio.

Dentro de las tres principales áreas de cobertura de tierras en el municipio de Villavicencio más afectadas por el riesgo de inundación se encuentran las áreas agrícolas heterogéneas, con 5.345 ha; los pastos, con 3.618 ha; y la zona urbana, con 2.144 ha (Figura 8 y 9).

Figura 11.

Cobertura de Tierra afectada por Hectáreas



Fuente: Autoría propia, 2024

Cada una de las coberturas de tierras identificadas por el proceso del análisis multicriterio evidencian la procedencia del nivel de riesgo para cada área, ya que dependiendo de la intervención que cada una posee dentro de los ecosistemas que conforman el municipio así mismo aumenta el riesgo, sin dejar de lado otros aspectos relevantes en el análisis como las pendientes, precipitación y la distancia de drenajes.

Según Ayala y Ospina (2023), el 34% de los desastres naturales en Colombia son causados por inundaciones. De los 33 departamentos del país, el Meta ocupa el puesto 21 en cuanto a la frecuencia de desastres naturales ocurridos entre 1998 y 2021. Aunque la susceptibilidad al riesgo en el Meta es baja en comparación con otros departamentos, la concentración de riesgos altos y muy altos se encuentra principalmente en la zona urbana. Esto indica que, durante temporadas de lluvias que superen los niveles normalmente registrados, podrían ocurrir desastres locales de gran impacto en dichas áreas.

Conclusiones.

En conclusión, se muestra que el riesgo de inundación en Villavicencio está fuertemente vinculado a las coberturas de tierra, ya que estas afectan directamente la vulnerabilidad del territorio. Las áreas urbanizadas, agrícolas y las zonas cercanas a cuerpos de agua son las más propensas a inundaciones. Específicamente, las zonas urbanas y rurales cercanas a los ríos Guatiquía, Ocoa, Guayuriba y Negro presentan un alto riesgo, debido a su proximidad a fuentes hídricas que aumentan la posibilidad de desbordamientos. Además, la expansión urbana sobre ecosistemas naturales y cauces de ríos ha incrementado la exposición a inundaciones, lo que agrava el riesgo en estas áreas.

El análisis muestra que, debido a las intensas lluvias en abril, el riesgo de inundación aumenta significativamente. Factores como la precipitación, las pendientes, el Modelo de Elevación Digital (DEM), la cobertura de tierras y la proximidad a drenajes son clave para identificar las zonas más vulnerables, concentrándose el riesgo más alto en la zona urbana y sus alrededores, especialmente cerca de los ríos principales.

A través de los mapas geoespaciales, se identificaron las áreas de mayor riesgo de inundación, especialmente en el centro urbano y sus alrededores, cerca de los ríos y caños principales. Este hallazgo resalta la necesidad de implementar medidas preventivas y de mitigación en estas zonas, dadas las crecientes urbanizaciones en áreas vulnerables.

Las coberturas más susceptibles a inundaciones incluyen áreas agrícolas heterogéneas, pastos y la zona urbana. Estas áreas, junto con las características geográficas del municipio, contribuyen a la determinación del riesgo de inundación. Las zonas rurales, en particular las dedicadas a la agricultura y ganadería, también sufren las consecuencias de las inundaciones, afectando cultivos, vías de acceso y actividades productivas.

Recomendaciones.

Utilizando las herramientas tecnológicas para el uso al ordenamiento agroambiental del territorio, nos permite analizar los datos espaciales complejos como son las precipitaciones, generando los diferentes mapas, permitiendo estimar caudales máximos, realizando la simulación de inundaciones a través de las fuentes hidrográficas, considerando pendientes y topografía, combinando la información logrando sacar estadísticas y resultados mapificados para mayor comprensión. De esta manera se logra evaluar las posibles inundaciones por meses llevando un control que se puede integrar a las diferentes medidas de manejo de riesgos de inundación.

Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Villavicencio (2024) Ecología. <https://historico.villavicencio.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Ecologia.aspx>
- Ayala-García, J., & Ospino-Ramos, K. (2023). Desastres naturales en Colombia: un análisis regional. Documento sobre economía regional y urbana; No. 317. <https://repositorio.banrep.gov.co/handle/20.500.12134/10669>
- El tiempo en Meta en abril de 2025: tabla de temperaturas y clima. (s. f.). <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/meta-77/r/abril-4/>
- Usgs.gov. (s/f). Usgs.gov. Recuperado el 10 de octubre de 2024, de <https://www.usgs.gov/>
- (S/f-b). Gov.co. Recuperado el 10 de octubre de 2024, de <https://geoportal.igac.gov.co/contenido/datos-abiertos-cartografia-y-geografia>
- Cortes, C., Castañeda, Y. (04 mayo 2020). Villavicencio: de nacimiento espontaneo a ciudad intermedia actual. Universidad del Rosario. <https://www.redalyc.org/journal/357/35765008006/html/>
- Cortés-Acuña, C., & Castañeda-Pérez, Y. (2020). Villavicencio: de nacimiento espontáneo a ciudad intermedia actual. Territorios, (43SPE), 112-135. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-84182020000400112&script=sci_arttext
- Efrimidou, E., Spiliotis, M. (2024). A GIS-Based flood risk assessment using the decision-making trial and evaluation laboratory approach at a regional scale. Environmental Process. No. 11, Article:9. <https://doi.org/10.1007/s40710-024-00683-w>
- Esquea Valencia, L. A., Domínguez Haydar, Y., Sanjuán Murillo, S. M., & Pérez Peluffo, D. R. (2019). Cambios en las coberturas de la tierra en el periodo 1984-2017 y análisis de la amenaza ante inundaciones en el municipio de Campo de la Cruz, Atlántico-Colombia. Revista de Ciencias, 23(2), 13-37. https://revistaciencias.univalle.edu.co/index.php/revista_de_ciencias/article/view/9348/12532
- Ferrández, G., Gomes Machado, M. J., Garijo Sarría, C., Martín Anta, D., Salgado Cámara, A., & Tourné Whyte, M. (2018). INUNDACIONES Y CAMBIO CLIMÁTICO. Estudios y experiencias a nivel europeo en el primer ciclo de la Directiva de Inundaciones. Publicaciones Del Ministerio Para La Transición Ecológicaterio Para La Transición Ecológica, 105. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/libro-cambio-climatico-inundaciones-web-06092019_tcm30-499367.pdf
- 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>
- ICLEI Colombia (2023) Villavicencio. <https://americadosul.iclei.org/wp->

- content/uploads/sites/78/2023/08/villavicencio-mapa-digital.pdf
- Instituto de hidrología, Metodología y estudios Ambientales (IDEAM). (2023). Reportes climáticos y de precipitaciones. <https://www.ideam.gov.co/>
- León Camargo, A y Caicedo Mora, H. (2023). Gestión de desastres por inundaciones en Villavicencio. Editorial Universidad de los Llanos. Disponible en: <https://repositorio.unillanos.edu.co/handle/001/3050>
- Martínez, F., y gallegos, A. (2017). Programación de bases de datos relacionales. RA-MA Editorial. <https://research-ebSCO-com.bibliotecavirtual.unad.edu.co/linkprocessor/plink?id=7098ae01-b331-386a-b25f-0fce72c8575f>
- Morales, A., Ledesma-A, M., coronel, C., y Metternicht, G. (2012). Capítulo 8. La explotación de la información geográfica. En M. Bernabé y C. Lopez, Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales (pp. 117-130). UMP Press Universidad Politécnica de Madrid. <https://www.ign.es/web/libros-digitales/fundamentos-ide>
- Toro, O. A. (2024). *Análisis espacial*. [Objeto_virtual_de_Informacion_OVI]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/61883>
- Vargas, R. (2022). OVI. Modelos de datos: Modelo Conceptual, Físico, Lógico. [Objeto_virtual_de_Informacion_OVI]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/52432>
- 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. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcdg/v28n1/2256-5442-rcdg-28-01-152.pdf>
- Zapata, M. (2020). planes de gestión de riesgo aplicado a la amenaza de la inundación producido por las altas precipitaciones en la Orinoquía. Universidad santo Tomás. Facultad de ingeniería ambiental. Villavicencio-Colombia. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/30340/2020marcelazapata.pdf?sequence=12&isAllowed=y>

Enlace de sustentación:

<https://youtu.be/BVomgGNpKI0?si=t-S0va-SzrtsmfU>