

Análisis multicriterio para identificación de niveles de riesgo de inundación en el municipio del Espinal, Tolima.

Tatiana Del Pilar López Osorio - tdlopezo@unadvirtual.edu.co

Docente/Asesor: Yetfersson Arley Serrato Velosa - yetfersson.serrato@unad.edu.co

Resumen

Este artículo presenta el proceso que se llevó a cabo para identificar las diferentes zonas de riesgo de inundación en el municipio del Espinal, se emplearon herramientas de Sistemas de Información Geográfica, y se utilizó la metodología de análisis multicriterio, donde se integran diferentes factores que inciden en la ocurrencia de las inundaciones, como son, el Modelo de Elevación Digital (DEM), cobertura de suelos, pendientes, distancia de los drenajes y precipitaciones. Con los resultados obtenidos se generan gráficas y representaciones cartográficas que permiten identificar las zonas vulnerables, predominando el riesgo alto y muy alto, con un porcentaje del 54% y un área total de 11.807 hectáreas, lo que sugiere que gran parte del municipio se encuentra en amenaza de inundación y se requiere la toma de medidas de prevención y gestión del riesgo

Palabras claves: Inundaciones, riesgo, análisis multicriterio, modelo de elevación digital.

Introducción

A lo largo de la historia, las inundaciones han sido un problema recurrente en Colombia, este país cuenta con diversidad de suelos, climas y geografía, factores que contribuyen a que gran parte de su territorio sea propenso a las inundaciones. Según datos de la UNGRD (2020), en el país se han identificado 190.935 km² que tienen condiciones favorables a la inundación, siendo la Orinoquía el área hidrográfica con mayor superficie con potencial inundable, abarcando el 31 % del área total. Entre los registros de eventos más desastrosos asociados a las inundaciones en Colombia, se encuentra el ocurrido en la temporada invernal que se presentó entre los años 2010 y 2011, Sedano et al., 2013, como se citó en Molina, 2022, señala que la ola invernal en este periodo dejó alrededor de 5,2 millones de personas afectadas, más de un millón de hectáreas de cultivos inundados e innumerables pérdidas económicas.

Según datos de la UNGRD (2020), entre 1914 y 2019, se registraron 20.085 eventos de inundaciones en Colombia, las personas damnificadas suman aproximadamente 19'625.681, las inundaciones han cobrado la vida de aproximadamente 2.153 personas, donde el 36% se presenta en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca, Nariño y Chocó. Es evidente que las inundaciones representan gran peligro para las poblaciones, es importante identificar las zonas más vulnerables y tomar acciones de prevención y mitigación del riesgo.

Las inundaciones dejan un sinnúmero de impactos negativos, ponen en riesgo la salud e integridad de la población, generan consecuencias medioambientales, destrucción de hábitats, de infraestructuras, pérdidas económicas, etc. Algunas regiones cuentan con características que las hacen más propensas a la ocurrencia de las inundaciones, como es el caso, del municipio de Espinal, situado en el departamento del Tolima, es un municipio que se caracteriza por la ausencia de pendientes, por poseer sistemas de drenajes muy cercanos a las zonas pobladas, y presentar fuertes temporadas de lluvia que se dan principalmente en el mes de mayo. El Espinal es el segundo municipio más poblado del Tolima cuenta con aproximadamente 76.000 habitantes; con una extensión de 214,83 km², divididos en 9,35 km² de área urbana y 205,48 km² en su área rural, y pertenece al POMCA del Río Luisa, el cual alimenta directamente al Río Magdalena (CMGRD, 2022).

Las inundaciones en este municipio son recurrentes, las causas son diversas, entre las que se destacan, la baja capacidad de la red de alcantarillado, su topografía plana con pendientes mínimas, depresión geográfica de algunos barrios, el uso de los drenajes naturales para canales de riego, no existe red de conducción de aguas lluvias, el mal manejo de las aguas de cultivos, el poco mantenimiento de las vías rurales, la mala disposición de residuos sólidos, los periodos de lluvias que se presentan de manera ininterrumpida, la deforestación, el mal uso de las microcuencas, etc. Las inundaciones generan impactos en diferentes sectores, causan daño a la red vial, redes de energía y comunicación, sistemas de alcantarillado y acueducto tanto rurales como urbanos, también puede afectar estructuras como puentes y construcciones, se generan pérdida de cultivos, de fauna y flora, pérdidas económicas, alteraciones psicosociales a la comunidad; pone en riesgo la integridad de las personas y afecta también el balance hídrico de la zona. Los sectores más vulnerables ante los eventos de inundaciones son: los Barrios Belén, Nacional, Fátima, Futuro, Villa Paz, Balcanes, Conjunto Caracolí Campo y Betania (CMGRD, 2021).

En Colombia, organismos como el IDEAM, han implementado sistemas que contribuyen con la generación de alertas tempranas, como el Sistema Operacional de Pronóstico Hidrológico (Plataforma FEWS-Colombia), este permite gestionar los procesos de pronósticos hidrológicos (modelación hidrológica, hidráulica y estadística) e integra los datos de series de tiempo, de diferentes fuentes y formatos provenientes del IDEAM y las Corporaciones Autónomas Regionales del Valle del Cauca (CVC) y la de Cundinamarca (CAR). Desde el año 2014 al 2020, se acoplaron alrededor de 20 modelos entre hidráulicos, hidrológicos y estadísticos. Estos modelos proveen el pronóstico hidrológico en más de 90 puntos de monitoreo del IDEAM, CAR y CVC, con un horizonte de pronóstico de tres días, también generan pronóstico para los cauces principales de los ríos Magdalena, Cauca, Meta, San Jorge, Lebrija, La Vieja, entre otros (IDEAM, 2020, citado en UNGRD, 2020).

En el municipio del Espinal se han tomado diferentes tipos de medidas de prevención y control frente al riesgo por inundaciones, se ha diseñado el Protocolo de respuestas a las inundaciones, se trata de una herramienta operativa que facilita la coordinación y organización de la respuesta municipal, frente a las emergencias que ocurran, como consecuencia de escenarios por

inundaciones, que pudiese generar daños y pérdidas para la población. Por su parte, el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD), ha dispuesto de la sirena del cuerpo de bomberos, las emisoras y la red de apoyo de la policía nacional, las 24 horas, para avisar a la comunidad en caso de presentarse una emergencia por inundación (CMGRD).

En el protocolo de respuesta a inundaciones del Espinal, se establecen los códigos de alarma y las medidas que deben tomarse frente a estas; para el nivel de alerta naranja, se utilizan medios de comunicación como los celulares y cadenas radiales, en este nivel de alerta se espera que la comunidad aliste su kit de emergencia y se prepare para la posible evacuación. Por su parte, para el nivel de alerta roja, se utilizan medios como la sirena de bomberos y campanas de la iglesia, aquí se espera reubicar a la comunidad en puntos de encuentro, direccionarlos por las rutas de evacuación y reubicarlos en los albergues (CMGRD).

Objetivos

Objetivo General

Identificar los niveles de riesgo de inundación en el municipio del Espinal mediante la implementación del análisis multicriterio en Sistemas de Información Geográfica

Objetivos Específicos

- Analizar diferentes factores que influyen en el nivel de riesgo de inundación en el municipio del Espinal.
- Clasificar los niveles de riesgo de inundación en el Espinal y presentar los resultados a través de mapas y gráficos estadísticos.
- Indagar sobre posibles medidas que se puedan aplicar, para prevenir los eventos de inundación en el municipio.

Identificación del caso de estudio

El Espinal es un municipio ubicado en el centro oriente del departamento del Tolima, es el segundo municipio más poblado del departamento y es conocido como la capital arrocera del centro del país. Lo rodea los ríos Magdalena y Coello. La gran parte de la superficie es llana (CMGRD, 2021). Su altitud es de 323 metros sobre el nivel del mar, con una distancia referencial a 48 km de Ibagué, capital del departamento. El Espinal limita al norte con el municipio de Coello, al sur, con el municipio del Guamo, al oriente, con el municipio de Suarez y al occidente, con el municipio de San Luís. Geográficamente, el municipio está conformado por 60 barrios y trece conjuntos residenciales, que conforman cuatro comunas; también lo integran 28 veredas que conforman 6 corregimientos, y un centro poblado (Chicoral). Cuenta con dos temporadas invernales abundantes, en los meses de marzo a mayo y de octubre a noviembre, y presenta dos temporadas secas que

están determinadas entre los meses de enero y febrero y de julio a agosto; cuenta con una temperatura promedio de 32° centígrados (CMGRD. 2019).

El municipio basa su economía en el sector agrícola, agropecuario y agroindustrial, cuenta con un distrito de riego que fortalece su principal producto, el arroz, producto que según, proporcionó más del 60% del PIB del Municipio (Fedearroz, 2004, como se citó en CMGRD, 2012); también se cultiva en el municipio el maíz, algodón y sorgo; en el sector agropecuario, la ganadería vacunos, porcicultura, piscicultura, y avicultura. En el sector agroindustrial sobresale una planta dedicada a despulpar frutas y sus molinos dedicados al trillado del arroz (CMGRD, 2019).

En cuanto a su hidrografía, se ubica al costado occidental de la gran cuenca del río Magdalena. Este río recorre aproximadamente 13,2 km, desde la desembocadura de la quebrada Eneal hasta las veredas Aldana y Andagoya. Adicionalmente, el municipio cuenta con nueve microcuencas derivadas de la gran cuenca del río Magdalena, las que en su mayoría se encuentran contaminadas con agroquímicos. Entre las que se encuentran, el río Coello, la quebrada Eneal, la quebrada Agua Sucia, Santa Ana, Coyarco, Talura, Guayabal, Montalvo y la quebrada San Bonifacio. También la región cuenta con un distrito de riego de una extensión de 63.200 hectáreas, con un área susceptible de riego 40.000 hectáreas; cuenta con una red de 388 km de canales y un sistema de drenaje constituido por varios cursos naturales (Alcaldía Municipal de Espinal, 2019, como se citó en CMGRD, 2021).

Metodología

Es de suma importancia tener identificadas las zonas más vulnerables frente a los eventos de inundación, saber qué zonas representan altos niveles de riesgo y tomar medidas de prevención y control para minimizar sus impactos. Mediante la implementación del análisis multicriterio se logran integrar diferentes factores que tienen incidencia en estos eventos: el Modelo de Elevación Digital (DEM), Cobertura de tierras, drenajes dobles y sencillos, precipitaciones y pendientes; este análisis nos permite obtener la clasificación de los niveles de riesgo en el municipio del Espinal. Los datos fueron obtenidos de diferentes plataformas geográficas como El servicio geológico de Los Estados Unidos (USGS), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM).

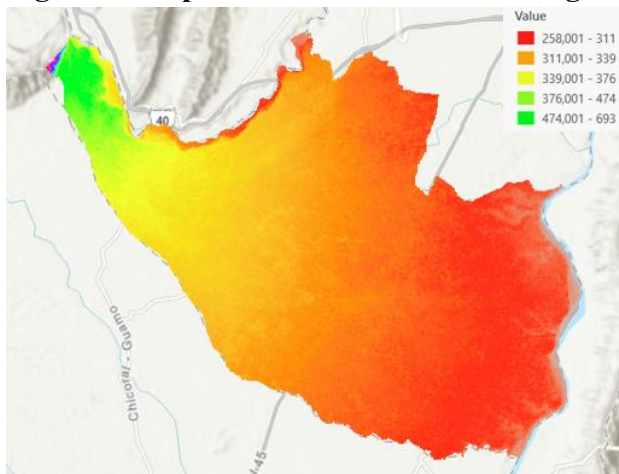
La metodología del análisis multicriterio permite integrar diferentes factores que tienen incidencia en la ocurrencia de eventos de inundación, también brinda la posibilidad de asignar peso a cada uno de estos factores, de acuerdo con el grado de incidencia que se establezca. Como lo explica Esse, et al. (2014), la evaluación multicriterio incorpora la opinión o percepción de los actores en las variables y criterios que componen el modelo de evaluación. Los criterios son seleccionados cuidadosamente, por expertos (evitando la presencia de sesgos), para luego ser ponderados y valorados. Según Feick, 2010, citado en Esse et al. 2014, Según Feick, 2010, citado en Esse et al. 2014, uno de los principales beneficios del uso del análisis multicriterio en herramientas de

información geográfica, es la posibilidad de asignar juicios de valor de acuerdo con la experiencia y a las características propias del área de estudio.

Procesos

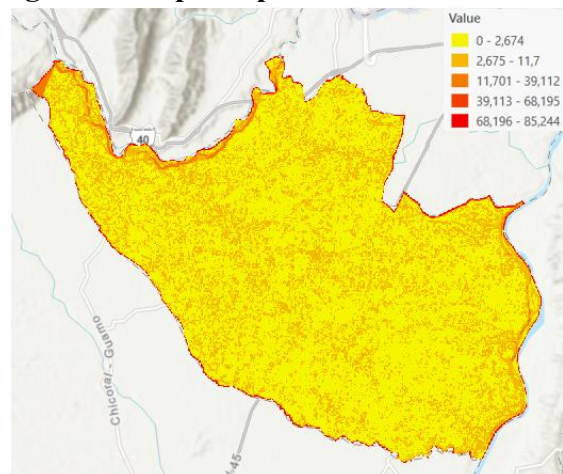
Se presentan los mapas obtenidos en la reclasificación para cada uno de los factores de riesgo de inundación en el municipio del Espinal. En la figura 1 Espinal, este muestra la altitud de esta zona que en s con poca presencia de pendientes, el color verde ind presenta el mapa de pendientes del municipio del Espinal, el color rojo nos indica las zonas donde hay pendientes, y el color amarillo aquellas zonas planas. La figura 3 presenta el mapa de cobertura de tierras donde se pueden identificar las zonas urbanas, industriales, cultivos transitorios, pastos, bosque, áreas con vegetación y demás usos del suelo en este municipio. La figura 4 presenta el mapa de precipitaciones donde el color azul indica mayores niveles de precipitación. Por ultimo la figura 5, presenta el mapa de la distancia de los drenajes del municipio, para el cual el color verde representa las zonas mas cercanas a estos y por ende las de mayor riesgo.

Figura 1. Mapa de modelo de elevación digital



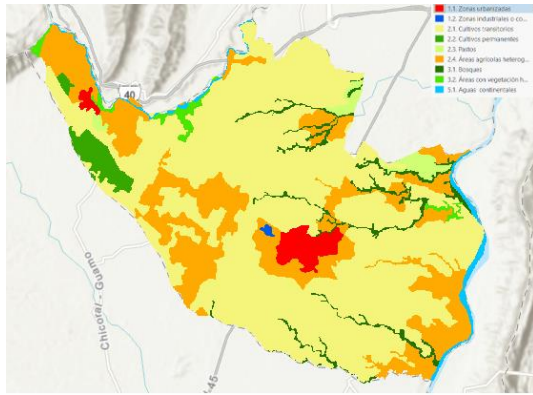
Nota: Mapa DEM del Espinal con datos de elevación, el rojo representa niveles bajos y el verde los niveles de mayor altitud en la zona.
Fuente: autoría propia

Figura 2. Mapa de pendientes



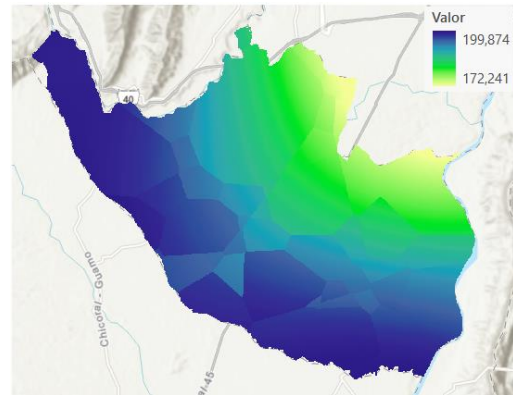
Nota: Mapa de pendientes del Espinal, las áreas de color rojo corresponden a las zonas de pendientes, y el amarillo a las zonas planas. Fuente: autoría propia

Figura 3. Mapa de Cobertura De tierras



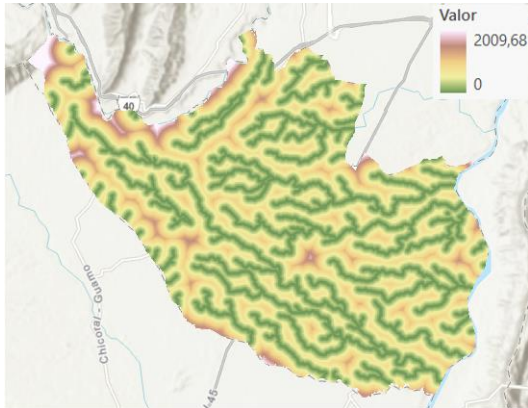
Nota: Mapa de cobertura de tierras del Espinal, las áreas de color rojo corresponden a las zonas urbanas; azul oscuro para las zonas industriales, color amarillo para cultivos transitorios, verde claro para pastos, azul para aguas continentales, etc. Fuente: autoría propia

Figura 4. Mapa de precipitaciones



Nota: Mapa de precipitaciones del Espinal, las áreas de color azul representan las zonas de mayor nivel de precipitaciones, por su parte las zonas verdes y amarillas las de menor nivel. Fuente: autoría propia

Figura 5. Mapa de distancias de las celdas desde los drenajes



Nota: Mapa que muestra la distancia de las celdas desde los drenajes, las áreas de color verde son las zonas más cercanas a estos, las de color rosado las más lejanas. Fuente: autoría propia

Tabla 1. Pesos asignados a cada uno de los factores de riesgo de inundación en el municipio del Espinal

Factor	Porcentaje
Modelo de Elevación Digital	10%
Pendientes	15%
Cobertura de tierras	10%
Precipitación	35%
Distancia entre drenajes	30%
Total	100%

Nota: La tabla número 1 muestra el porcentaje asignado a cada factor de riesgo, de acuerdo con el grado de incidencia que tienen en la ocurrencia de eventos de inundación. Fuente: Guía Fase 6. Diplomado en Sistemas de Información Geográfica para el ordenamiento agroambiental del territorio

Con los valores obtenidos se aplican geoprocesos como la suma ponderada y la reclasificación, para obtener la clasificación de los niveles de riesgo de inundación en el municipio. Se establecen 5 niveles de riesgo con su respectiva simbología; para el nivel muy bajo, el color verde oscuro, nivel de riesgo bajo, con el color verde claro, nivel medio de riesgo, con el color amarillo, nivel alto, con el color naranja y el nivel de riesgo muy alto, con el color rojo, como se observa en la tabla 2. A partir de los resultados obtenidos se logra diseñar el mapa de niveles de riesgos para cada zona del municipio.

Tablas 2. Reclasificación del riesgo por inundación

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

Fuente: Guía Fase 6. Diplomado en sistemas de información geográfica para el ordenamiento agroambiental del territorio

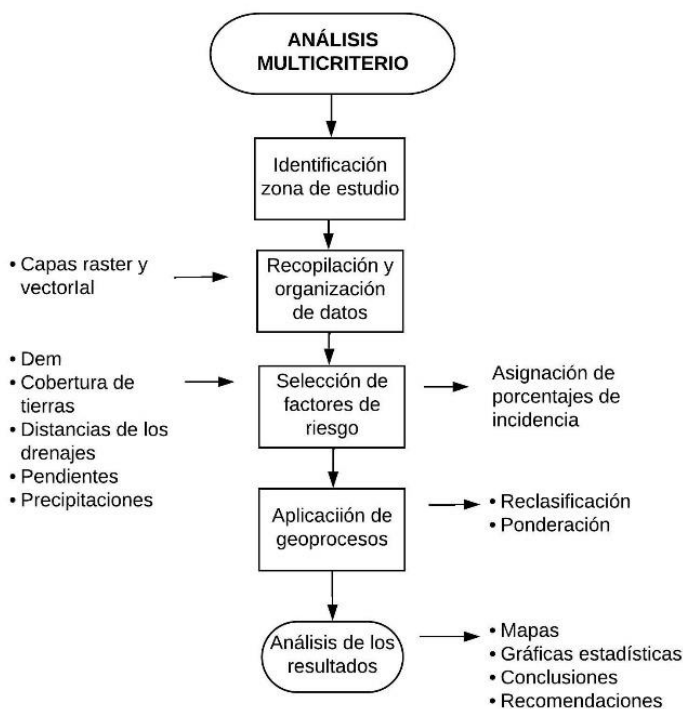


Figura 6. Diagrama de la metodología

El diagrama representa la metodología del análisis multicriterio empleada en el presente análisis, se tuvieron en cuenta elementos de entrada como los datos geográficos y elementos de salida como los resultados del análisis.

Fuente: autoría propia

Indicadores de riesgo de inundación

En el presente análisis se consideraron 5 factores de riesgo que tienen incidencia en la ocurrencia de los eventos de inundación en el municipio del Espinal:

Modelo de Elevación Digital DEM: Se trata de una capa tipo ráster con los valores de elevación; esta se obtiene de la plataforma USGS. Un modelo digital de elevación (MDE) es definido como una estructura numérica de datos que es utilizada para representar la distribución espacial de datos altimétricos de la superficie del terreno. Su principal salida de información corresponde a valores de altitud “z”, acompañados de valores “x” y “y”, cuyo propósito es ubicar la información en una proyección geográfica existente (Felicísimo, 1994, como se citó en Niebles, 2022).

Pendientes: La capa de pendientes se obtuvo a partir de la capa DEM, las pendientes son muy importantes, ya que las zonas de menores pendientes representan mayor susceptibilidad a las inundaciones. La pendiente es uno de los factores críticos para tener en cuenta cuando se realiza un análisis de riesgo, ya que define fuerzas gravitacionales que influyen en la estabilidad de una ladera y otras características como espesor de la capa de suelo y velocidad de arrastre, entre otras (CORNARE, 2012).

Cobertura de tierras: Se obtiene la capa de tipo vectorial de cobertura de tierras de la plataforma del IGAC. Este factor es muy importante para poder definir el nivel de riesgo en el municipio, el uso del suelo puede determinar su capacidad de drenaje y absorción; la urbanización hace que el suelo pierda su capacidad de filtración y absorción de agua, por el contrario, en áreas cultivadas y forestadas, el suelo puede retener mayor cantidad de agua y evita que se generen las inundaciones.

Precipitaciones: La capa ráster de precipitaciones se obtiene de la plataforma del IDEAM; se tomaron las precipitaciones del mes de mayo, mes en el que se presenta la temporada de lluvias más abundante en el municipio del Espinal. Las precipitaciones representan un factor de suma importancia para determinar el nivel de vulnerabilidad a las inundaciones.

Distancia entre los drenajes: la distancia de los drenajes es un factor crucial para definir el nivel de riesgo en el municipio del Espinal, las zonas próximas a estos se consideran en alto riesgo por su facilidad de inundarse, principalmente en la temporada de lluvias; en este municipio los drenajes están muy cerca de las zonas pobladas, lo que las hace mayormente susceptibles a las inundaciones.

Resultados

Niveles de riesgo por inundación en el municipio del Espinal

Una vez realizado el análisis multicriterio se diseñó el mapa que representa los niveles de riesgo en el municipio del Espinal (figura 7). En la tabla 3, se pueden observar los porcentajes para cada uno

de los niveles de riesgo, de acuerdo con el área que ocupan. El municipio cuenta con un área total de 21.400 hectáreas, las cuales se logran zonificar en cinco niveles de riesgo de inundación.

Riesgo muy bajo: Para este nivel de riesgo se obtiene muy bajo porcentaje, solo el 4,4% con un área de 954,3 hectáreas.

Riesgo bajo: Este nivel representa el 18% del área, con un total de 3.904,2 hectáreas.

Riesgo medio: Este nivel de riesgo ocupa un 23% con 4.987,4 hectáreas.

Riesgo alto: Este nivel de riesgo ocupa un porcentaje elevado con un 29%, para un total de 6.272,6 hectáreas. El nivel de riesgo alto representa el área con mayor porcentaje en los 5 niveles de riesgo.

Riesgo muy alto: Para este nivel de riesgo se obtiene un 25,6% con un área de 5.534,6 hectáreas, es un resultado también elevado y muestra el nivel tan vulnerable en el que se encuentra gran parte del municipio.

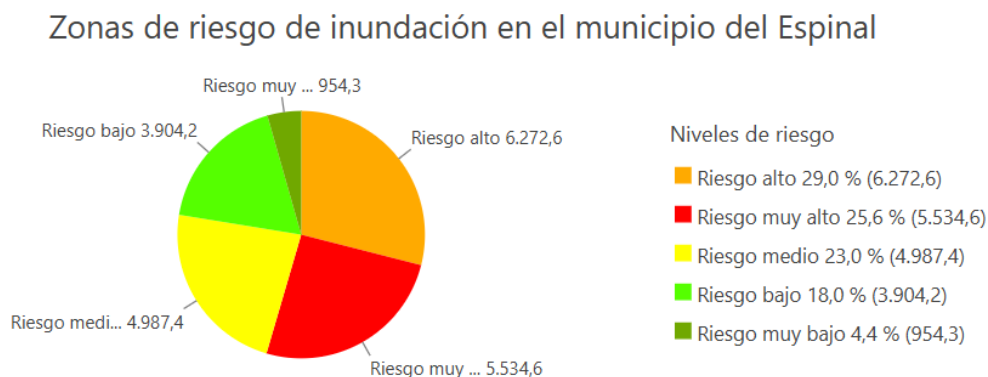
El municipio del Espinal se encuentra en aproximadamente un 50% en nivel de riesgo alto y muy alto. A factores como su topografía plana, ausencia de pendientes, grandes olas invernales, etc., se le suma una inadecuada organización agroambiental del territorio, ausencia de redes fluviales, inadecuado manejo y disposición de residuos, etc., estos factores aumentan el nivel de riesgo de inundación y hacen que su población sea altamente vulnerable a los impactos generados por estas.

Tabla 3. Porcentajes de niveles de riesgo de inundación en el municipio del Espinal.

Zona de riesgo	Área (ha)	Porcentaje de área
1. Riesgo muy bajo	954,3	4,4%
2. Riesgo bajo	3.904,2	18,0%
3. Riesgo medio	4.987,4	23,0%
4. Riesgo alto	6.272,6	29,0%
5. Riesgo muy alto	5.534,6	25,6%

Fuente: autoría propia

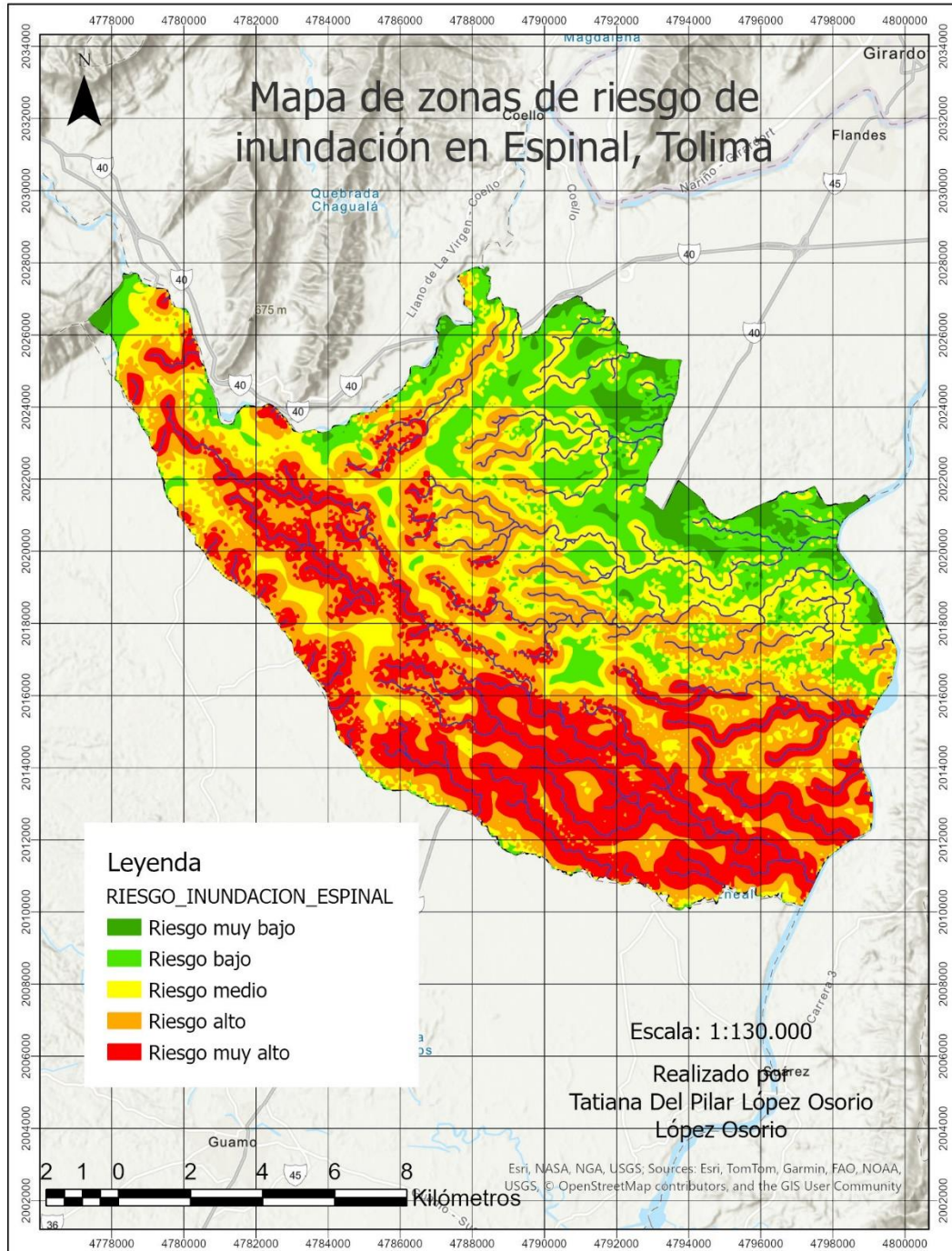
Figura 7. Gráfica porcentaje de niveles de riesgo de inundación por hectárea.



El gráfico presenta los porcentajes del área ocupada por cada nivel de riesgo en el municipio.

Fuente: autoría propia

Figura 8. Mapa de niveles de riesgo de inundación en el Municipio del Espinal, año 2025



Fuente: autoría propia

Conclusiones

- El municipio del Espinal cuenta con diferentes características que pueden incrementar los niveles de riesgo de inundación, no solo factores como su nivel de elevación, su topografía, drenajes tan cercanos a los centros poblados, temporadas abundantes de lluvia; sino que a esto se suma la falta de una red pluvial, el mal uso de la microcuenca, prácticas agrícolas poco sostenibles, mala disposición de residuos sólidos, centros poblados en proximidades de las fuentes hídricas etc. El municipio requiere de medidas urgentes por parte de los entes territoriales y mayor atención en la prevención del riesgo y del desastre en eventos de inundaciones.
- Aunque la mitad del municipio del Espinal presenta nivel de riesgo alto y muy alto de inundación, en su área urbana e industria predomina el riesgo bajo y muy bajo, al igual que en áreas de bosques, y áreas con vegetación. Donde mayormente se presenta el nivel muy alto del riesgo es en zonas de cultivos transitorios y áreas agrícolas heterogéneas. De igual forma, es importante tomar medidas para reducir este nivel de riesgo tan alto en el municipio.
- Por medio de este análisis se logró zonificar el municipio del Espinal en cinco niveles de riesgo de inundación, se diseñó el mapa de riesgos por zonas y sus respectivas gráficas estadísticas. Este tipo de análisis permite identificar las zonas más vulnerables en el área de estudio, igualmente, contribuye con la toma de decisiones frente al planeamiento agroambiental y la gestión y prevención del riesgo y del desastre. Es importante generar este tipo de investigaciones y aplicar metodologías que permitan la identificación de los diferentes riesgos a los que está expuesta la zona, y así, poder tomar medidas de prevención, control y mitigación de los desastres.

Recomendaciones

- Esta clase de análisis es de suma importancia para la planeación agroambiental del territorio y la prevención del riesgo y el desastre; se deberían de tomar en cuenta otros factores como la geología, geomorfología, densidad poblacional, densidad de la red hidrográfica, infraestructura expuesta, estrato socioeconómico, etc., factores que pueden contribuir a la obtención de mejores resultados y así poder identificar con mayor precisión las zonas vulnerables
- Se deben diseñar e implementar sistemas de alerta temprana por parte de las entidades territoriales. Conformar planes comunitarios de gestión del riesgo de desastres y, mediante diferentes estrategias, mantener a la comunidad informada sobre el nivel de riesgo que están enfrentando y sobre las medidas que se están tomando en el territorio para prevenir el riesgo, difundir adecuadamente los protocolos y alertas tempranas.

- Implementar prácticas agrícolas sostenibles, en vista de que gran parte del territorio se dedica a la agricultura, se debe tener mejor control y reglamentación sobre ello y sobre el adecuado manejo de aguas residuales de los cultivos, e implementación de nuevas técnicas de riego
- Es necesario el diseño de una red de aguas lluvias y el rediseño de canales de riego.
- Crear campañas de socialización para la comunidad sobre la importancia del manejo adecuado de los residuos, incentivar sobre las prácticas de reciclaje y sobre las medidas de prevención ante los eventos de inundación.
- Elaborar estudios de reubicación de asentamientos que actualmente están ubicados en zonas de riesgo. Al igual que la reubicación de construcciones en zonas de quebradas y evitar nuevos asentamientos en las mismas.
- Un mayor control de quema y tala de bosques y crear programas de reforestación de las áreas próximas a las quebradas y ríos.

Referencias bibliográficas

Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres CMGRD. (s.f.). Municipio de el Espinal Tolima. Protocolo de respuesta a inundaciones. <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/38814/Espinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres CMGRD. (2022). Plan de contingencia municipal simplificado en incendios forestales. (2022). https://cortolima.gov.co/images/Gestion_riesgo_PMGRD/2023/PCMSIF_Espinal.pdf

Consejo Municipal de Gestión Del Riesgo De Desastres CMGRD. (2021). Plan municipal de gestión del riesgo de desastres 2021. https://cortolima.gov.co/images/Gestion_riesgo_PMGRD/2022/PMGRD_ESPINAL.pdf

Consejo Municipal de Gestión Del Riesgo De Desastres CMGRD. (2019). Plan municipal de gestión del riesgo de desastres 2019. https://espinaltolima.micolombiadigital.gov.co/sites/espinaltolima/content/files/000127/6330_pm-grd-espinal.pdf

CORNARE. (2012). Evaluación y zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimiento en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de San

Roque. https://www.comare.gov.co/GestionRiesgo/EL-SANTUARIO/Documento_final_Santuario.pdf

Esse, C., Valdivia, P., Encina, F., Aguayo, C., Guerrero, M., & Figueroa, D. (2014). Modelo de análisis espacial multicriterio (AEMC) para el mapeo de servicios ecosistémicos en cuencas forestales del sur de Chile. *Bosques Vol 35(3)*, pp. 289-299. <https://www.scielo.cl/pdf/bosque/v35n3/art04.pdf>

Molina, E. (2022). Zonificación de riesgo por inundaciones fluviales en un municipio de la subzona hidrográfica Caribe del departamento del Atlántico. [Trabajo de pregrado – Universidad del Norte]. Repositorio Manglar. <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/11452/1001782703.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Niebles, D. (2022). Evaluación de modelos de elevación digital de acceso libre para estimar áreas de inundación por ascenso de nivel del mar en Cartagena de Indias. [Trabajo de pregrado – Universidad del Norte]. Repositorio Manglar. <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/11447/1001880669.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo del Desastre UNGRD. (2020). ¿Cuál es el riesgo por inundaciones en Colombia? <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Noticias/2020/Cual-es-el-riesgo-por-inundaciones-en-Colombia.aspx>

Sedano, K., Carvajal, Y., & Ávila, A. (2013). Análisis de aspectos que incrementan el riesgo de inundaciones en Colombia. *Luna Azul No. 37*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-24742013000200014

Enlace de sustentación: <https://youtu.be/Zy8OJLe3Fek>