

Análisis de riesgo por inundación aplicando el análisis multicriterio de ordenamiento agroambiental con base en sistemas de información geográfica en el municipio de Chaparral, departamento del Tolima

Anyi Paola Gomez Valencia, apgomezv@unadvirtual.edu.co

Julian Andres Caviedes Diaz, jacaviedesd@unadvirtual.edu.co

Tutor: Luis Alejandro Ospina Sanchez, luisa.ospina@unad.com.co

RESUMEN

La modelación espacial basada en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite analizar y visualizar las áreas más susceptibles a las inundaciones en cualquier parte del mundo, esto es posible, mediante la integración de datos topográficos, hidrológicos y meteorológicos. En este contexto, el riesgo por inundación es un fenómeno natural que puede generar impactos significativos en las comunidades y en los sistemas productivos de cualquier región. En el ordenamiento agroambiental del territorio, la identificación y evaluación del riesgo por inundación es fundamental para diseñar e implementar estrategias que contribuyan a mitigar los efectos negativos que provocan estas inundaciones. En este trabajo se pretende analizar el riesgo por inundación del municipio de Chaparral Tolima, en el cual, se espera identificar las variables como la cobertura vegetal, las lluvias intensas y el comportamiento de los cuerpos de agua, logrando así identificar las zonas más vulnerables de inundación del municipio. Con estos datos obtenidos se establecerá el mapa de riesgo por inundación, con el fin de implementar medidas preventivas como la reubicación de cultivos, la construcción de infraestructuras de drenaje y la implementación de prácticas agrícolas sostenibles adaptadas al riesgo por inundación, que permitan la protección de áreas agrícolas y la reducción de pérdidas económicas y humanas.

Palabras claves: modelación espacial, Sistema de Información Geográfica (SIG), riesgo por inundación, sistemas productivos, cobertura vegetal, mapa de riesgo por inundación.

Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se ha consolidado como herramientas fundamentales para la gestión del territorio, especialmente en las áreas donde se requieren de un análisis detallado de los diversos factores ambientales, sociales y económicos. En el contexto del ordenamiento agroambiental del territorio, los SIG permiten integrar, analizar y visualizar datos espaciales de manera más eficiente (Carnerero, 2019). Los SIG permiten identificar zonas con potencial agrícola, evaluar riesgos ambientales y determinar áreas vulnerables a inundaciones, etc.

En este sentido, las inundaciones son calificadas como el desastre natural más desfavorable y significativo del mundo, aproximadamente corresponden al 50% de las catástrofes, por encima de hambrunas, sequías y epidemias (Cifuentes & Peña, 2023). La presencia de eventos de inundación se ha elevado de manera acelerada, especialmente en áreas urbanas afectando el funcionamiento regular de los sectores: sociales, económicos, financieros y políticos, entre otros (Cifuentes & Peña, 2023).

Los riesgos asociados a las inundaciones pueden relacionarse a factores naturales, como las lluvias intensas, desbordamiento de ríos, eventos climáticos

extremos o por las actividades humanas, como por ejemplo la deforestación.

El presente trabajo pretende identificar las zonas de mayor vulnerabilidad de riesgo de inundación del municipio de Chaparral Tolima mediante la aplicación de la modelación espacial a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permitiendo el mapeo del riesgo por inundación, con el fin de contribuir en la toma de decisiones para el ordenamiento agroambiental del territorio.

Objetivos

Objetivo general

Realizar el análisis del riesgo de inundación en el municipio de Chaparral Tolima, aplicando el análisis multicriterio de ordenamiento agroambiental con base en los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la evaluación y clasificación de las áreas más vulnerables del municipio, optimizando la gestión del riesgo y contribuyendo al desarrollo de estrategias de planificación agroambiental sostenible en el territorio.

Objetivos específicos

Aplicar el análisis multicriterio para evaluar los factores que inciden en el riesgo de inundación del municipio de Chaparral Tolima, con el fin de generar una clasificación del riesgo en diferentes áreas del municipio.

Generar el mapa de zonificación de riesgos de inundación del municipio de Chaparral Tolima, en el cual se clasifiquen las áreas según su nivel de vulnerabilidad, utilizando las herramientas SIG y el análisis multicriterio de ordenamiento agroambiental.

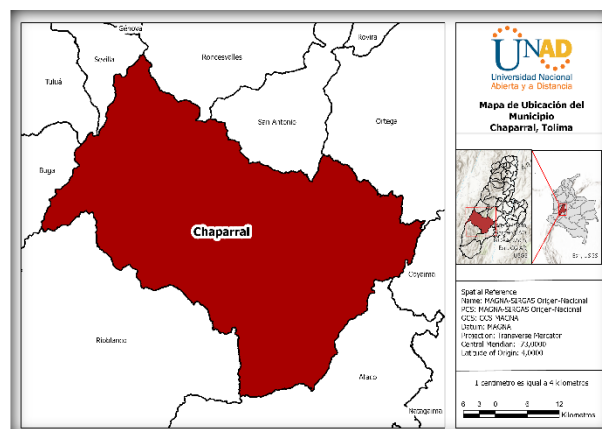
Realizar el análisis de los resultados obtenidos en el mapa de riesgo por inundación del municipio de Chaparral Tolima, orientadas a la gestión del riesgo de inundación y la implementación de prácticas agroambientales adecuadas para la prevención y mitigación de inundaciones en el municipio.

Identificación del caso de estudio

El municipio de Chaparral se encuentra localizado al suroccidente del Departamento del Tolima a 4° 55' Latitud Norte y 75° 07' de Longitud Oeste, es un importante centro estudiantil y de vocación agropecuaria, destacándose la caficultura como el pilar de su economía (Ver Figura 1). El medio rural del municipio de Chaparral abarca la mayor parte de su territorio geográfico con 2.117,72 Km² representando el 99,7% del área total, mientras que el área urbana corresponde solo a 6,28 Km² correspondiente al 0,3% del área total (Alcaldía Municipal de Chaparral Tolima, 2022).

Figura 1.

Mapa de ubicación del municipio de Chaparral.



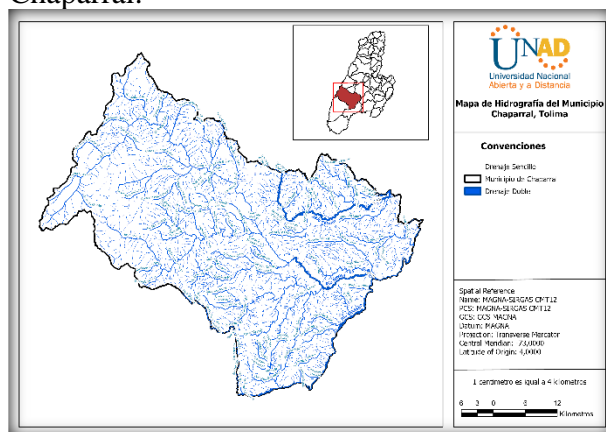
Fuente: Autoría propia (2024).

El municipio de Chaparral cuenta con una oferta ambiental estratégica para la región central del país, el Parque Natural de las Hermosas con 42.412 hectáreas hace parte del sistema de parques naturales de la cordillera central con un ecosistema de paramo que aporta al sistema hídrico de la gran cuenca del río Saldaña que a su vez aporta sus aguas a los sistemas de riego del plan del Tolima (Plan de Desarrollo Municipio de Chaparral Tolima, 2020). Por otro lado, también se encuentra el río Amoyá (Ver Figura 1), cuyo nacimiento

también se encuentra en el PNN Las Herosas a 3.800 m.s.n.m; otra fuente importante son los ríos Ambéima, el río Davis, el río Negro, las quebradas Tuluní, el Totumo, el Copete, Irco, San Jorge y El Neme los cuales tributan al río Amoyá, desembocando al río Saldaña (Alcaldía de Chaparral, 2022).

Figura 2.

Mapa de fuentes hídricas del municipio de Chaparral.



Fuente: Autoría propia (2024).

Las inundaciones son un fenómeno muy recurrente en el municipio de Chaparral Tolima, debido a las diversas características geográficas, climáticas y socioambientales que presenta el municipio. Este municipio está ubicado cerca del río Saldaña, un afluente importante del río Magdalena, que durante la temporada de lluvias su caudal puede aumentar significativamente, lo que incrementa el riesgo de inundaciones en las zonas cercanas a su cauce.

Según el Plan Municipal De Contingencia Por Temporada Invernal (2022) realizado por la Alcaldía de Chaparral, en el municipio se presentan un promedio anual de lluvias de 1.647 mm, la temporada de lluvias se presentan en los meses de marzo a mayo y de octubre a noviembre.

De acuerdo con esta información el mes de precipitación seleccionado para el caso de estudio del municipio de Chaparral Tolima, es

el mes de octubre, en el cual se realizó el presente trabajo.

Metodología

En la investigación se emplea el software SIG de ArcGis PRO como herramienta para el geoprocesamiento de los datos. Además de la metodología de análisis multicriterio la cual nos permite evaluar y comparar distintas alternativas para la toma de una decisión adecuada para la implantación de estrategias en cuanto al municipio de Chaparral el cual está ubicado en el sur occidente del Departamento del Tolima y se comprende como un área de alto riesgo de inundación en épocas de lluvia debido al río que pasa muy cerca de este municipio (río Saldaña).

En la tabla 1, se encuentra los cinco factores de riesgo de inundación, donde se le asigna un porcentaje ponderado a cada uno de influencia para el modelo multicriterio del riesgo por inundación para el municipio de Chaparral.

Tabla 1.

Criterios de análisis para riesgo de inundación.

Factor	Porcentaje
Modelo de elevación digital DEM	10%
Pendientes	15%
Cobertura de tierras (Land Cover)	10%
Precipitación	35%
Distancia entre drenajes	30%
Total	100%

Fuente. Adaptado de Guía de actividades y rúbrica de evaluación – Fase 4 Modelación agroambiental del territorio UNAD, 2024.

Por otro lado, también se siguió una reclasificación para los factores de riesgos mencionados en la tabla 2, con el fin de generar una escala común entre los 5 factores que permita generar la modelación y permita generar una relación de la descripción cualitativa del riesgo con suma valoración cuantitativa o numérica correspondiente (Ver

Tabla 2). Esto facilita el análisis de cada factor de riesgo con un enfoque multicriterio.

Tabla 2.

Estimación de clasificación cualitativa y cuantitativa.

Clasificación Cualitativa	Valores
Riesgo muy bajo	2
Riesgo bajo	4
Riesgo medio	6
Riesgo alto	8
Riesgo muy alto	10

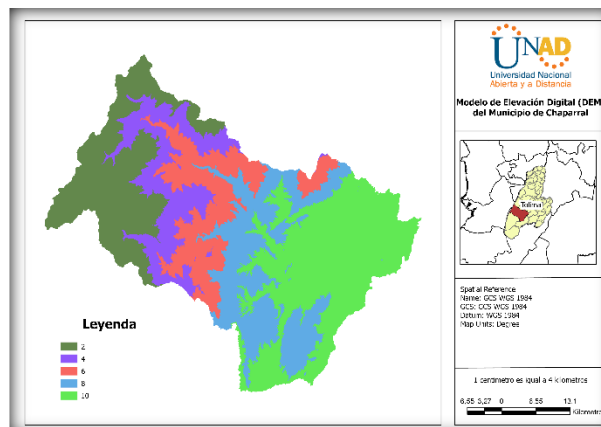
Fuente. Adaptado de Guía de actividades y rúbrica de evaluación – Fase 4 Modelación agroambiental del territorio UNAD, 2024.

Reclasificación del Modelo de Elevación Digital (MED)

El análisis multicriterio inicia con la obtención del Modelo de elevación Digital (MED), también llamado según sus siglas en inglés DEM, del municipio de Chaparral. Este se entiende como un modelo con una estructura numérica y digital la cual representa una distribución espacial de la elevación del terreno (Burgos & Salcedo, 2014) y se obtuvo de un DEM mayor de 7 departamentos mediante la herramienta de análisis espacial de extraer máscara. Una vez obtenido el DEM con la forma del municipio, se procede a reclasificarla con la herramienta de análisis espacial Reclasificar, indicando 5 intervalos y asignándoles los valores según la tabla de clasificación de 2 a 10, donde las zonas de baja elevación del municipio se califican con 10, siendo las zonas de mas alto riesgo de inundación y con 2 para las zonas con más elevación las cuales se clasifican como zonas de riesgo muy bajo (Ver figura 3).

Figura 3.

Mapa de oferta ambiental del municipio de Chaparral.



Fuente: Autoría propia (2024).

En la figura 3, como producto de esta reclasificación se observa que el municipio posee mas de la mitad en riesgo alto y muy alto al tener estas zonas con elevaciones bajas y por ende susceptible al riesgo de inundación. Las zonas altas se encuentran al norte del municipio, donde se encuentra al PNN Las Hermosas con alturas de mas de 3000 m.s.n.m, siendo el lugar de nacimiento de muchas fuentes hídricas y presentando un riesgo bajo a inundaciones.

Generación del mapa de oferta ambiental

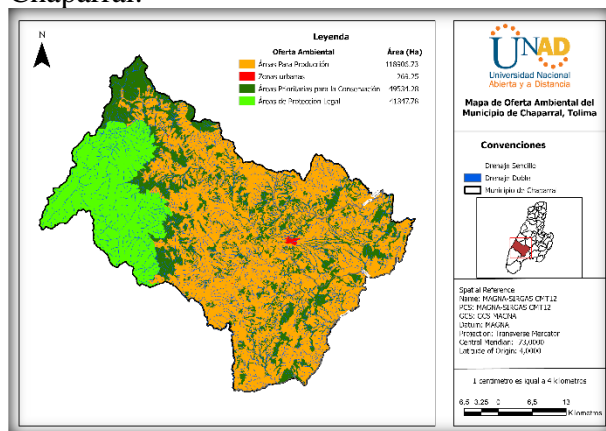
La oferta ambiental de un territorio representa los bienes y servicios ambientales como resultado de una caracterización ecológica, la cual permita evaluar el uso que tienen esos suelos y la identificación de conflictos ambientales cuando estos no son acordes a la oferta ambiental del territorio (Arellano Peña & Rangel, 2007).

Este mapa de oferta ambiental del municipio se obtuvo mediante el uso de las herramientas de análisis de extracción, un clip de la capa inicial de oferta ambiental del departamento del Tolima y posteriormente agrupada mediante un geoprocésos de disolver, generando una capa con parámetros comunes agrupados. A esto se les extrajo las áreas para producción y usando la herramienta de diferencias simétricas de las herramientas de análisis se logra separar de las demás áreas que

están a la protección y conservación y las urbanas (Ver figura 4).

Figura 4.

Mapa de oferta ambiental del municipio de Chaparral.



Fuente: Autoría propia (2024).

En la tabla 3, se refleja las áreas que resultaron de oferta ambiental del municipio de Chaparral. Se observa que más del 50% del municipio tiene una oferta para producción, son áreas aptas para este fin donde se pueden realizar actividades agrícolas y pecuarias para generar recursos. Solamente el 0,1% del área del municipio ha sido urbanizado, el 23,6% se encuentran como áreas prioritarias para la conservación, las cuales coinciden en parte con las áreas de mayor elevación de la zona y por último se tiene un 19,7% en áreas de protección legal, correspondiente al PNN Las Hermosas, el cual comparte con otros municipios del Valle del Cauca.

Tabla 3.

Áreas de la oferta ambiental en el municipio de Chaparral, Tolima.

Oferta Ambiental	Área (Ha)	% Área
Áreas Para Producción	118.906,7	56,6
Zonas Urbanas	269,3	0,1
Áreas Prioritarias para la Conservación	49.534,3	23,6
Áreas de Protección Legal	41.347,8	19,7
Total	210.058	100

Fuente. Elaboración propia.

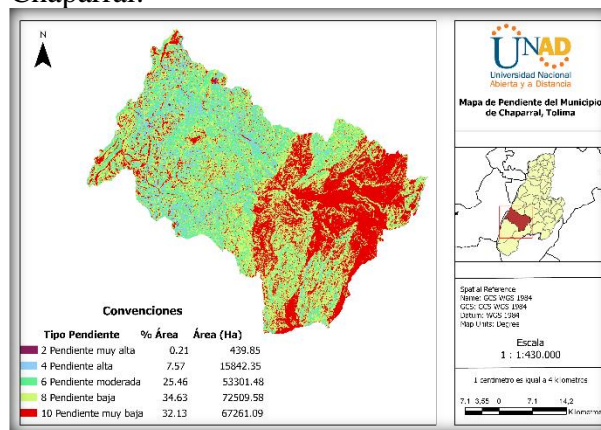
Generación del mapa de pendientes

Un mapa de pendientes representa espacialmente la inclinación o pendiente del terreno, factor principal para determinar y diferenciar las formas del relieve de un territorio, ayudando en la clasificación en los usos del suelo y la agricultura mediante posibles efectos de erosión y que técnicas de cultivos deben emplear dependiendo de dicha pendiente. Por lo tanto este es un insumo importante a la hora de la planificación (Hernández, 1998).

Este mapa de pendientes (ver Figura 5) se obtuvo a partir del DEM, usando una de las herramientas de análisis espacial, la de pendientes. Con esta se logra obtener un ráster de pendientes de Chaparral, el cual se procede a reclasificar conforma a la tabla 1 en 5 clases, donde 2 se clasifican las zonas con mayor inclinación que representan un riesgo muy bajo y con 10 las zonas con menor inclinación las cuales representan un riesgo muy alto a la inundación. Para poder calcular las áreas de este, se realizó una conversión de ráster a polígono y posteriormente se procedió a calcular las áreas respectivas de cada clase.

Figura 5.

Mapa de pendientes del municipio de Chaparral.



Fuente: Autoría propia (2024).

En la tabla 4, se observa que aproximadamente el 66% del municipio posee inclinaciones bajas y muy bajas, las cuales presentan un riesgo alto y muy alto a inundaciones respectivamente. Seguida de pendientes moderadas del 25,5% generando un riesgo medio y en menor proporción un 7,8% del área tiene pendientes altas y muy altas, las cuales tienen un riesgo bajo y muy bajo a inundaciones. Demostrando así, que el municipio tiene una alta susceptibilidad de riesgo de inundación debido a que la mayor parte de este posee pendientes relativamente bajas.

Tabla 4.
Áreas con pendientes en el municipio de Chaparral.

Pendientes	Area (Ha)	% Área
2 - Pendiente muy alta	439,5	0,2
4- Pendiente alta	15.842,4	7,6
6 - Pendiente moderada	53.301,5	25,5
8 - Pendiente baja	72.509,6	34,6
10 - Pendiente muy baja	67.261,1	32,1
Total	209.354,0	100,0

Fuente. Elaboración propia.

Generación del mapa de coberturas

Para el mapa de coberturas, se usó una capa de coberturas del departamento, la cual sigue la clasificación propuesta en la metodología Corine Land Cover (CLC) adaptada para Colombia. Esta capa se extrajo mediante un clip para el municipio de Chaparral y posteriormente se realizó una reclasificación de acuerdo con los valores de la tabla 5, las cuales mantienen las 5 escalas que se propuso en la tabla 2.

Esta tabla relaciona y clasifica cada cobertura con un nivel de riesgo, respecto a la inundación. Esta reclasificación permitirá generar los factores comunes de ponderación a la hora de generar el mapa de riesgo, ya que algunas coberturas como los cultivos son mas susceptibles ante una amenaza de inundación que un área boscosa.

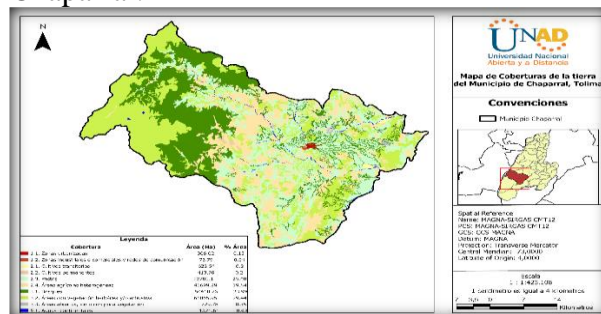
Tabla 5.
Clasificación coberturas de suelo Nivel 2.

Corine Land Cover Nivel 2	Clasificación de valores
1.1. Zonas urbanizadas	6
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	2
1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras	4
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	2
2.1. Cultivos transitorios	8
2.2. Cultivos permanentes	8
2.3. Pastos	4
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	8
3.1. Bosques	2
3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	4
3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	6
4.1. Áreas húmedas continentales	8
4.2. Áreas húmedas costeras	6
5.1. Aguas continentales	10
5.2. Aguas marítimas	6

Fuente: Guía de actividades y rúbrica de evaluación – Fase 4 Evaluación final. UNAD (2024).

Hecho esta reclasificación usando la herramienta reclasificar y una posterior agrupación mediante la herramienta dissolve se generó el mapa de coberturas (Ver figura 6).

Figura 6.
Mapa de coberturas del municipio de Chaparral.



Fuente: Autoría propia (2024).

Como resultado, en la tabla 6 se encuentran las áreas que se obtuvieron de cada cobertura del municipio de Chaparral. En esta se puede observar que un 29,4% corresponde a áreas con vegetación herbáceas y/o arbustivas, seguida de un 23,9% a bosques. un 25% corresponde a pastos, denotando actividades ganaderas como uno de los fuertes del municipio; seguida de un 20% aproximadamente para las áreas agrícolas heterogéneas y cultivos. Las áreas de aguas continentales representan un 0,6% las cuales demuestran que existe una rica red hídrica, mayor al área urbana que no alcanza el 0,3%.

Tabla 6.

Áreas de coberturas de la tierra en el municipio.

Coberturas	Área (Ha)	% Área
1.1. Zonas urbanizadas	306,0	0,2
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	73,8	0,0
2.1. Cultivos transitorios	623,5	0,3
2.2. Cultivos permanentes	413,8	0,2
2.3. Pastos	52.701,1	25,1
2.4. Áreas agrícolas heterogéneas	41.699,3	19,8
3.1. Bosques	50418,76	23,99
3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	61.866,0	29,4
3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	729,8	0,4
5.1. Aguas continentales	1.321,6	0,6
Total	210.153,6	100,0

Fuente. Elaboración propia.

Generación del mapa de precipitaciones

El mapa de precipitaciones representa la cantidad de lluvia que cae en una región, mediante el uso de interpolaciones como una técnica de geoestadística a partir de la información suministrada por las estaciones

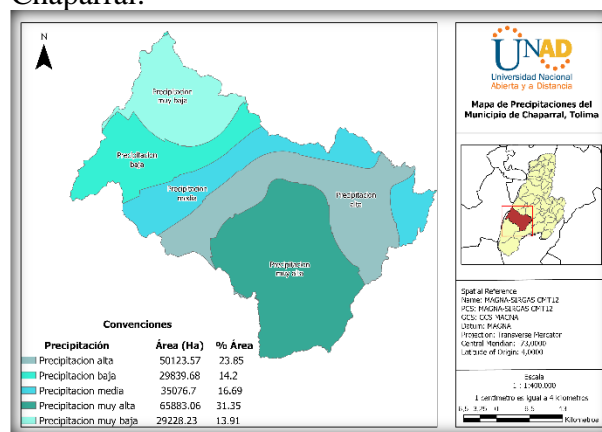
pluviométricas de la zona de interés (Merg y otros, 2011)

Para obtener este mapa del municipio de Chaparral, se trabajó con un ráster de precipitaciones, la cual se le extrajo la máscara con el polígono del municipio de Chaparral. Este ráster contenía los datos de precipitación del mes de octubre, como mes a evaluar.

Una vez generado, se procedió a convertir de ráster a polígono para poder calcular áreas y tener conocimiento de la distribución de la precipitación en el municipio (Ver figura 7).

Figura 7.

Mapa de precipitaciones del municipio de Chaparral.



Fuente: Autoría propia (2024).

De este mapa, se puede observar en la tabla 7, que alrededor del 53% del área del municipio posee precipitaciones de altas a muy altas, las cuales concuerdan con las partes bajas y muy bajas del municipio. Seguida esta la precipitación media con un 16,6% y con un 28% aproximadamente el territorio tiene precipitación baja a muy baja, correspondiendo a las zonas altas del municipio, zonas de montaña.

Tabla 7.

áreas de precipitación en el municipio.

Clase	Precipitación	Área (Ha)	% Área
2	Precipitación muy baja	29228,23	13,91%

Clase	Precipitación	Área (Ha)	% Área
4	Precipitación baja	29839,68	14,20%
6	Precipitación media	35076,71	16,69%
8	Precipitación alta	50123,57	23,85%
10	Precipitación muy alta	65883,06	31,35%
Total		210151,25	100,00%

Fuente. Elaboración propia.

Generación del mapa de riesgos de inundación

El mapa de riesgos de inundaciones es el producto del análisis multicriterio que se viene llevando. Este involucra los factores de la tabla 1, posee un porcentaje.

Para su generación se usó combinando la múltiples capas generadas y reclasificadas acordes a la tabla 2, usando un mismo criterio de escala, permite establecer un peso específico que refleja la importancia relativa de cada una. Para consolidar y generarlas usó una herramienta de análisis espacial llamada suma ponderada, en la cual se le da el porcentaje de importancia a cada factor, generando el mapa y reclasificándolo según la tabla 8 y asignándole la simbología de semáforo que allí indica.

Tabla 8.

Clasificación cualitativa 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	

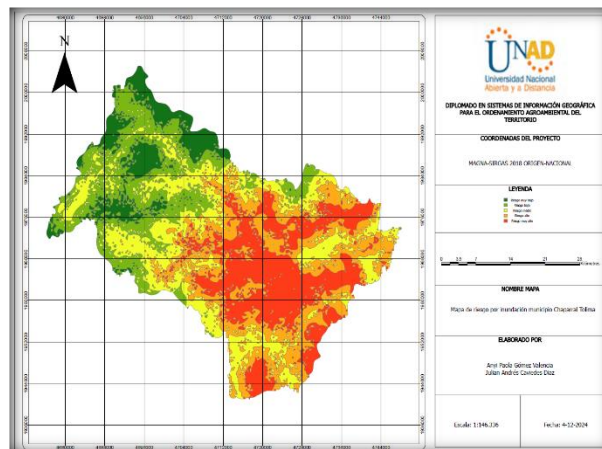
Fuente. Adaptado de Guía de actividades y rúbrica de evaluación – Fase 6 Modelación agroambiental del territorio UNAD, 2024.

En la figura 8, se encuentra el mapa generado aplicando los criterios mencionados anteriormente. En este se pueden observar en rojo las áreas que tienen un riesgo muy alto de inundación, las altas en naranja, las de riesgo

medio en amarilla y tonos verdes para las bajas y muy bajas.

Figura 8.

Mapa de riesgo de inundación del municipio de Chaparral.



Fuente: Autoría propia (2024).

En la tabla 9 se puede observar la distribución de áreas zonificadas con el riesgo de inundación de Chaparral, donde el 23,2% del municipio está en riesgo muy alto de inundación, seguido por el 23,5% en riesgo alto, luego se tiene el 23,2% con riesgo medio; esto generalizando se tiene que un 70% del territorio se encuentra bajo algún grado de riesgo por inundación. Solo el 29,5% se encuentra en riesgo bajo o muy bajo.

Tabla 9.

Categoría de riesgo por inundación municipio Chaparral, Tolima

Categoría de riesgo	Área (hectáreas)	Porcentaje del total
Riesgo muy bajo	21,049.28	10.0%
Riesgo bajo	41,539.19	19.5%
Riesgo medio	48,688.46	23.2%
Riesgo alto	49,749.42	23.5%
Riesgo muy alto	48,121.58	23.2%

Fuente: Autoría propia (2024).

Resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos en el mapa de riesgo por inundación del municipio de Chaparral Tolima realizado en ArcGIS Pro, nos permitió identificar diferentes categorías de riesgo y evaluar las posibles implicaciones que tienen estos riesgos para las comunidades, infraestructuras, sistemas agropecuarios y ecosistemas de la zona de influencia.

En el mapa de riesgo de inundación (Figura 8) se evidencia que aproximadamente el 50% del municipio está en riesgo de inundación alto y de acuerdo con los mapas de coberturas (Figura 6), relieve (Figura 3) y de pendientes (Figura 5), estas áreas corresponden a las zonas de baja elevación con pendientes bajas, es decir con relieves planos donde se encuentran la mayor parte de coberturas de producción ya sean pasturas o cultivos y la zona urbana.

En contraste se tiene que las zonas de riesgo bajo a muy bajo, que representan un 29,5% del área del municipio corresponden a zonas con alta pendiente, mayores elevaciones y las coberturas son de bosques y vegetación secundaria, las cuales son asociadas también a mitigar este fenómeno.

Estas áreas críticas están localizadas muy cerca de cuerpos de agua, ríos o quebradas lo que facilita a inundaciones más frecuentes generando impactos negativos en la vida cotidiana de las comunidades, desplazamientos forzados por riesgo de inundaciones, pérdidas de cultivos y daños en la infraestructura.

Este análisis realizado contribuye a una comprensión más profunda de la distribución del riesgo de inundación en el municipio de Chaparral Tolima y puede ser utilizado para implementar medidas de prevención y mitigación que ayuden a reducir el impacto de las inundaciones en la población en general y en los ecosistemas del medio ambiente.

Dicho análisis permitirá comprender mejor la vulnerabilidad de las diferentes zonas y planificar medidas de mitigación más

efectivas con relación al riesgo de inundación en el municipio de Chaparral Tolima, por tal motivo, el municipio debe priorizar la implementación de políticas públicas que promuevan la sostenibilidad y la adaptación al cambio climático, especialmente en áreas urbanas y rurales vulnerables a inundaciones.

Conclusiones

El análisis multicriterio y la aplicación de la modelación espacial a través de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el ordenamiento agroambiental del territorio se ha convertido en una herramienta fundamental para lograr una gestión eficiente y el análisis de riesgos de un territorio. Esta permite evaluar el riesgo desde una visión más holística e integrada del territorio, teniendo en cuenta factores meteorológicos como las precipitaciones, de suelos como coberturas y ofertas ambientales, el relieve entre otros que dependiendo de la robustez del modelo se pueden integrar más datos y los resultados serán más detallados.

Por otro lado, el mapa de riesgos de inundación revela que gran parte de su territorio está bajo amenaza constante de inundaciones, lo que representa una problemática pública de gran relevancia que debe ser abordada de manera integral desde la gestión del riesgo. Una planificación adecuada, apoyada en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), permite realizar modelamientos precisos y desarrollar estrategias efectivas para mitigar los impactos negativos de las inundaciones, como la pérdida de cosechas, los daños a la infraestructura y otros perjuicios socioeconómicos. Asimismo, es fundamental implementar planes de emergencia y contingencia que garanticen la protección de la población y salvaguarden vidas en situaciones críticas.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la aplicación de la metodología multicriterio se logró evaluar las áreas más vulnerables a riesgo por inundación en el municipio de

Chaparral Tolima, en el cual, este modelo espacial permitió identificar las áreas con mayor riesgo de inundación que deben ser manejadas con prioridad, especialmente en actividades agropecuarias susceptibles a las inundaciones. Esto permite la evaluación, análisis e implementación de medidas preventivas y correctivas en las zonas de mayor riesgo (niveles 4 y 5) con el fin de mitigar los posibles impactos negativos sobre la agricultura, las infraestructuras y las comunidades locales para el ordenamiento agroambiental del municipio de Chaparral Tolima.

Recomendaciones

Para el ordenamiento agroambiental del territorio en el municipio de Chaparral Tolima se debe contar con más apoyo por parte de los entes gubernamentales y autoridades ambientales regionales, con el fin de lograr un desarrollo territorial eficiente y respetuoso con el medio ambiente y sus recursos naturales.

El municipio de Chaparral Tolima se encuentra en una zona con recursos hídricos muy importantes, por consiguiente, es esencial promover una gestión integral de los recursos naturales con los que cuenta el municipio.

Con base en los resultados de la evaluación de riesgos de inundación, se recomienda proteger las áreas más vulnerables mediante la implementación de medidas preventivas, programas de capacitación técnica y asesoría para los productores agropecuarios locales en temas de manejo ambiental, uso eficiente de los recursos naturales y adaptación al cambio climático.

Al implementar estas recomendaciones en el municipio de Chaparral Tolima se contribuirá al desarrollo agrícola sostenible y a la conservación de los recursos naturales para las generaciones futuras.

(Alcaldía Municipal de Chaparral, 2022)
(Alcaldía Municipal de Chaparral, 2020)
(Carnerero Dávila, 2018) (Acero Cifuentes, 2023)

Referencias

- Acero Cifuentes, C. (2023). *Modelo para la predicción del riesgo por inundaciones en Bogotá DC, mediante la simulación de escenarios hidrometeorológicos*. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. <https://repository.udistrital.edu.co/server/api/core/bitstreams/ed0deb7e-90e2-4a41-8d27-9be9115f1068/content>
- Alcaldía de Chaparral. (Septiembre de 2022). *Alcaldía de Chaparral*. Plan Municipal de Contingencia por Temporada Invernal 2022: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/38810/Chaparral.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alcaldía Municipal de Chaparral. (2020). *Alcaldía Municipal de Chaparral*. Plan de Desarrollo Municipio de Chaparral, Tolima: <https://chaparral-tolima.gov.co/Transparencia/Documentos/plan-desarrollo-municipal-PDM-2020-2023-Chaparral-Tolima-preliminar-marzo-2020.pdf>
- Alcaldía Municipal de Chaparral. (2022). *Alcaldía Municipal de Chaparral*. Plan Municipal De Contingencia Por Temporada Invernal 2022: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/38810/Chaparral.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Chaparral%20cuenta%20con%20una%20gran,PRECIPITACION%20C3%93N>
- Arellano Peña, H., & Rangel, J. (2007). Caracterización ecológica, oferta ambiental, uso del suelo, transformación y zonificación ambiental. *Colombia Diversidad Biótica V. La alta montaña de la Serranía de Perijá*, 347-374. <https://www.researchgate.net/publicati>

- on/313672796_Caracterizacion_ecologica_oferta_ambiental_uso_del_suelo_transformacion_y_zonificacion_ambiental
- Burgos, V., & Salcedo, A. (2014). *Modelos digitales de elevación: Tendencias, correcciones hidrológicas y nuevas fuentes de información*. 2do. Encuentro de Investigadores en Formación de Recursos Hídricos (IFRH).
- Carnerero Dávila, M. (2018). *Análisis de los factores que influirían en la adopción de la agricultura de precisión en el departamento de Lambayeque*. ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3511>
- Hernández, G. (1998). Metodología para la elaboración de mapas de pendientes. *Revista Geográfica de América Central*(36), 60-79. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/1731/1638>
- Merg, C., Petri, D., Bodoira, F., Nini, M., Fernández, M., & Schmidt, F. (2011). Mapas digitales regionales de lluvias, índice estandarizado de precipitación e índice verde. *Revista Pilquen*, *XIII*(11), 1-11. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3788351.pdf>

ENLACE DE SUSTENTACIÓN

<https://youtu.be/JCQZ8hrDxm8>