

Análisis del riesgo de inundación mediante el análisis multicriterio aplicando sistemas de información geográfica en el municipio de Los Andes departamento de Nariño.

Wilmer Arley Ceballos Ortega, waceballoso@unadvirtual.edu.co

Mauricio Yule Vitonas, myulev@unadvirtual.edu.co

Carlos Andrés Cortes Cortes, cacortesco@unadvirtual.edu.co

Lorena Pérez Valencia, lperezva@unadvirtual.edu.co

Jhoiner Jader Eraso Gómez, jjerasog@unadvirtual.edu.co

Director (Asesor) Luis Alejandro Ospina Sánchez, luisa.ospina@unad.edu.co

Resumen

El análisis multicriterio del riesgo de inundación en el municipio de Los Andes, Nariño, se desarrolló, integrando variables físicas y ambientales mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se consideraron criterios como pendiente, uso del suelo, Cuencas principales, cuencas secundarias, entre otros cuerpos de aguas y precipitación. Cada variable fue ponderada utilizando el método de análisis jerárquico, lo que permitió establecer su influencia relativa en la generación del riesgo de inundación. Los resultados muestran que las zonas más vulnerables se concentran en áreas con alta pendiente y cercanía a ríos. De igual manera debemos tener en cuenta, que la deforestación y el uso inadecuado del suelo incrementan significativamente el riesgo. Este enfoque permitió generar un mapa de riesgo que clasifica el territorio en diferentes niveles de amenaza, facilitando la toma de decisiones para la planificación territorial y la gestión del riesgo. El estudio concluye que la aplicación del análisis multicriterio, junto con herramientas SIG que nos ofrece el software ArcGIS Pro, es fundamental para identificar zonas críticas, orientar acciones preventivas y fomentar un desarrollo sostenible en territorios propensos a desastres naturales por inundaciones.

Palabras clave: modelación, riesgo, inundación, análisis, multicriterio.

Introducción

Las inundaciones son fenómenos naturales, que se caracterizan por la excesiva acumulación de agua en cuerpos superficiales y aumento del nivel freático, provocado por la intensidad de lluvia, lo que ocasiona el desbordamiento de ríos, arroyos, quebradas y sequias, además del aumento del nivel freático por pérdida de impermeabilidad en los suelos. Adicional a ello, también puede presentarse inundaciones por diferentes motivos como la ruptura de infraestructuras hídricas, presas, sistemas de drenaje, entre otros (Velis, et al., 1991).

Sin embargo, es importante entender que los fenómenos naturales son ocasionados en gran medida por la alteración y el equilibrio del ecosistema, como bien lo puede ser la tala de árboles, la erosión de suelos, la alta explotación agrícola y minera, efecto invernadero, en fin. Dichas prácticas pueden contribuir a cambios climáticos ocasionando fenómenos como El Niño Oscilación del Sur, el cual es un evento océano-atmosférico de gran escala que altera las condiciones normales del clima (Glantz, et al., 1991). Por otra parte, el fenómeno del Niño se presenta en gran medida al calentamiento de las aguas, principalmente del océano Pacífico, lo que ocasiona básicamente es el aumento de las precipitaciones, inundaciones, tormentas (UNISDR, 2009).

El municipio de Los Andes, ubicado en el departamento de Nariño, presenta en gran medida inundaciones, convirtiéndose en una amenaza recurrente que afecta directa o indirectamente a la población del municipio. Si bien es cierto, el municipio presenta una topografía montañosa, con quebradas de caudal rápido, a pesar de estas características, es vulnerable frente a las lluvias intensas y prolongadas que recurren frecuentemente y mayor intensidad en el mes de octubre a diciembre. Durante estas temporadas, se han registrado eventos, como el desbordamiento de quebradas, también movimientos de tierra, sumado a ello la influencia del fenómeno de El Niño puede intensificar las precipitaciones en esta área, incrementando la probabilidad de eventos de inundación.

Desde una perspectiva metodológica, el análisis multicriterio es ampliamente usado para la modelación de diferentes fenómenos que son determinantes para la planificación y el ordenamiento ambiental del territorio, mediante la integración de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) para el geoprocetamiento y superposición de capas temáticas que recogen los criterios de evaluación y valoración de los impactos en un territorio dado (Gómez et al., 2018). En este contexto, los criterios son factores ambientales, sociales, culturales y hasta económicos que influyen, en este caso particular, en la determinación del riesgo de inundación con una escala estandarizada de valores (cualitativa y/o cuantitativa) (Gómez et al., 2018). Cabe señalar que en la literatura científica se identifican diferentes antecedentes donde se usa la modelación con análisis multicriterio de inundaciones, deslizamientos, potenciales de recarga y descarga de acuíferos, potencial de uso de la tierra, incendios forestales y fertilización de cultivos, entre otros (Espejel-García et al., 2015; Hernández-Juárez et al., 2020; Lizana et al., 2024).

Es por eso, que estas condiciones exigen una evaluación del riesgo, que de alguna manera permita anticipar y tomar medidas para mitigar los impactos, además de salvaguardar la vida de los habitantes. En ese sentido, a través de este estudio se busca modelar el riesgo por inundación en el municipio de Los Andes, Nariño empleado al análisis multicriterio y el uso de herramientas SIG, con la finalidad de contribuir a través del análisis multicriterio datos para el ordenamiento territorial del municipio.

Objetivos

Objetivo General:

Realizar la cartografía temática por el riesgo de inundación en el municipio de los Andes, Nariño.

Objetivos Específicos:

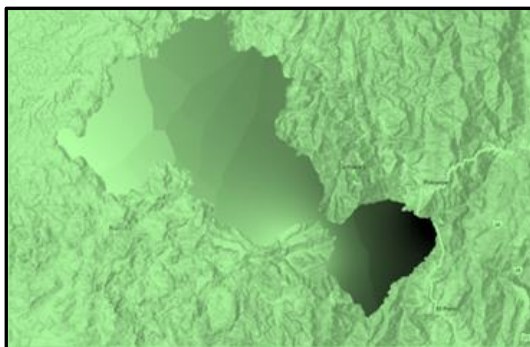
- Generar un mapa temático de riesgo por inundación mediante superposición de capas SIG.
- Analizar el riesgo de inundación mediante el mapa temático determinando los siguientes niveles (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto).
- Determinar las áreas con diferentes niveles de riesgo de por inundación en sistemas productivos rurales y áreas agroambientales mediante cruces de cartografía de riesgo con uso de suelo.

Identificación del caso de estudio

Los Andes, es un municipio de Colombia, ubicado al noroccidente en el departamento de Nariño, los Andes cuenta con la selva, (reserva forestal del pacifico), 4 corregimientos (El Carrizal, La planada, Pangús y San Sebastián), 35 veredas en la zona rural, y 11 barrios en la Cabecera Municipal (Sotomayor).

Ubicación geográfica Coordenadas **1° 29' 40" latitud norte** y **77° 31' 26" latitud oeste** del meridiano de Greenwich, con una extensión de 95.200,30 hectáreas, a una altura sobre el nivel del mar, de 1588 m. de su cabecera municipal Sotomayor. Los Andes Nariño se consideró municipio desde el 11 de abril de 1911. Dentro de sus límites geográficos, encontramos que hacia el **Norte:** limita con el Rio Sumbiambi y con el Rio Cuembi, **Oriente:** Rio Patía, Rio Guáitara y Rio Pacual, **Sur:** Cerro negro y Cerro el mote y por el **Occidente:** Confluencia Rio Cuembi y Rio Sumbiambi.

Figura 1. Municipio de Los Andes, Nariño.



Fuente: Autoría propia, 2025

Hidrografía:

Cuencas principales. Patía, Guaitara, Pacual y Telembi, Subcuenca crítica se encuentran la quebrada Honda, Piscoyaco, Agua clara y San Vicente, el municipio también cuenta con una topografía de relieve montañoso con quebradas de caudal rápido y zonas susceptibles en valles de ríos principales.

Meteorología:

Precipitación: encontramos que las temporadas de lluvia intensas ocurren en el mes de octubre-diciembre con precipitaciones máximas registradas de 324 mm - 431.3 mm de aguas lluvias por/mes, precipitación mínima de 17 mm/mes y precipitación promedio de 117 mm/mes (IDEAM, 2024).

En el municipio de los andes, Nariño los veranos son cortos y en su mayoría nublados, sus inviernos son largos con precipitaciones y muy nublados, durante el año 2024 se registraron temperaturas que varían entre los 16 grados Celsius a 28 grados Celsius.

Para su temperatura promedio, encontramos que la temporada templada, va de julio hasta septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es de 27 grados Celsius, la temporada fresca va de octubre a febrero.

Nubosidad: El promedio del porcentaje del cielo cubierto, varia bastante durante un año en el municipio de los andes, Nariño donde las temporadas de mayor nubosidad, son desde septiembre hasta mayo con un 88% máximo de nubosidad, mientras que a mitad de año entre junio hasta agosto puede ser de entre el 12% y el 28% de nubosidad, con un promedio del 42% durante el año.

Radiación Solar: La radiación solar, en el municipio de los andes no varía considerablemente entre los años, sin embargo, en el 2024 se reportan horas de luz natural máximas de 12,2 horas aproximadamente con 5,9KWh de energía solar, entre los meses de mayo hasta agosto, mientras que los meses con menor horas de luz natural reportados, son desde septiembre hasta marzo con unas 12 horas con un 4,6kwh de energía solar.

Viento: Para esta variable se registran vientos de hasta 5,6 Km/h entre los meses de octubre a febrero, y vientos promedio con velocidades de hasta 4,6km/h y entre los meses con más viento encontramos desde julio a noviembre con velocidades máximas de 6,5km/h.

Topografía: Dentro de su topografía, en un radio de 3 kilómetros de Sotomayor tiene variaciones extremas de altitud, con un cambio máximo de altitud de 1.596 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 1.321 metros. En un radio de 16 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (3.258 metros). En un radio de 80 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (4.731 metros).

El área en un radio de 3 kilómetros de Sotomayor está cubierta de árboles (35 %), tierra de cultivo (28 %), arbustos (22 %) y pradera (15 %), en un radio de 16 kilómetros de árboles (35 %) y arbustos (25 %) y en un radio de 80 kilómetros de árboles (58 %) y tierra de cultivo (14 %). Fuente (<https://gmao.gsfc.nasa.gov/reanalysis/MERRA-2/> <https://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1036355/>)

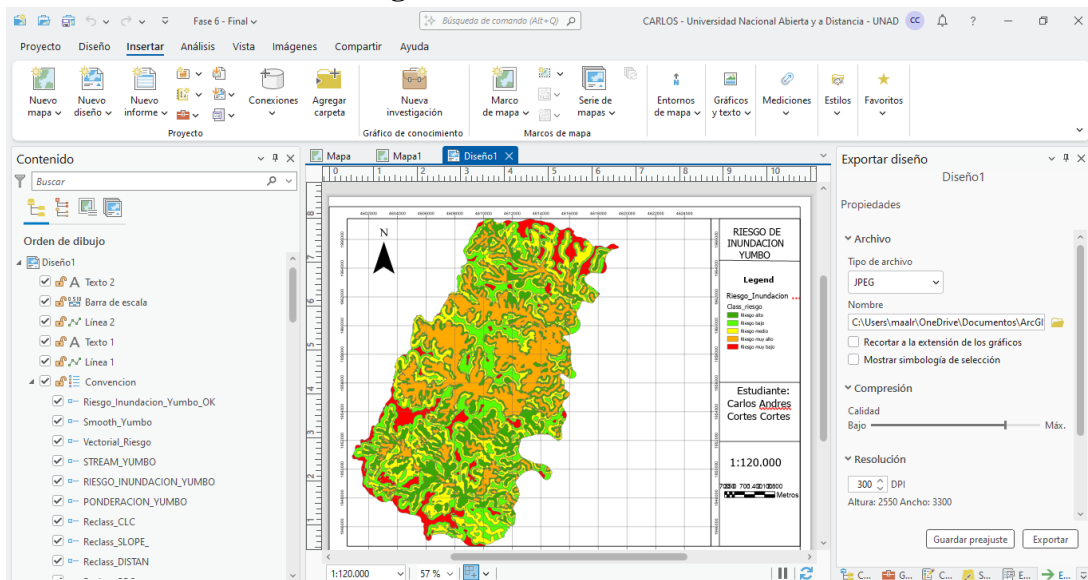
Para interpretar la información geoespacial del municipio y desarrollar las modelaciones, hacemos referencia a la descripción de la zona y sus condiciones meteorológicas, puesto que la información anterior, es vital para la evaluación y análisis de zonas afectadas, por posibles inundaciones.

Una vez determinadas las zonas de afectación y análisis de riesgos, se procederá a idear acciones que aporten a la minimización de las posibles afectaciones, por inundaciones a ecosistemas, cultivos, zonas protegidas y zonas urbanas.

Metodología

Para Determinar el análisis de riesgo de inundación en el Municipio de los Andes, Nariño, se llevaron a cabo las siguientes fases de secuencia. Inicialmente, en la fase 1, se realiza un reconocimiento del software ArcGIS-PRO, donde identificaremos componentes principales, como cintas, vistas, diferentes paneles y comandos, los cuales nos ayudaran a realizar distintos procesos y proyectos cartográficos, necesarios para obtener toda la información cartográfica necesaria.

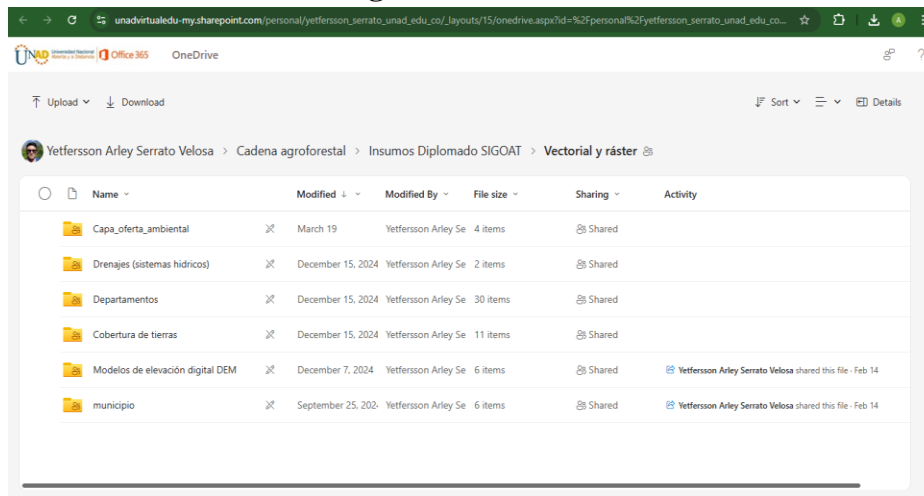
Figura 2. Vista ArcGIS PRO



Fuente: Autoría propia 2025

En la fase o paso 2, procederemos a la recopilación y preparación de datos espaciales, como lo son, el modelo de elevación (DEM), coberturas del suelo e información de precipitación, sistemas hídricos, los cuales se emplearán, para llevar a cabo la modelación.

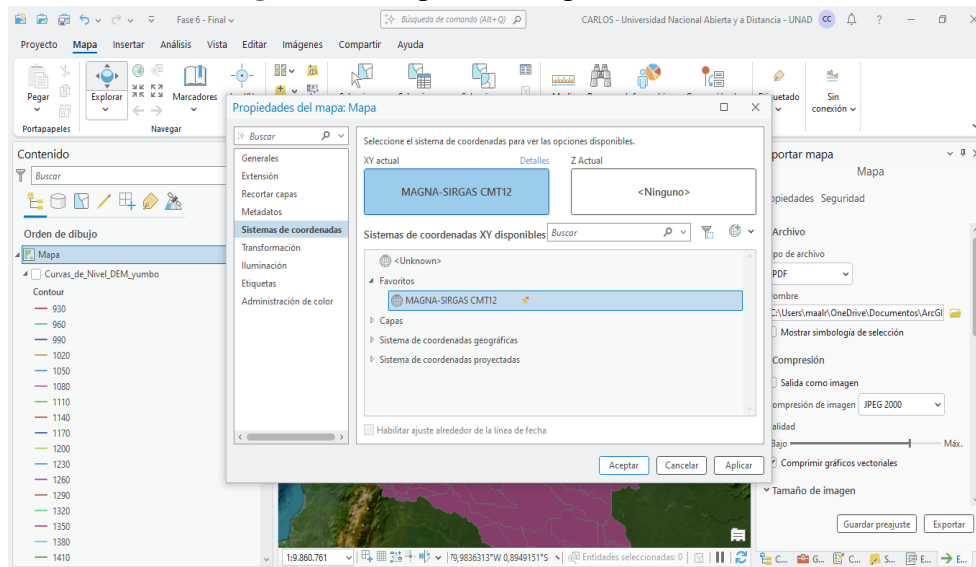
Figura 3. Data-Base



Fuente: Nube-OneDrive-Jefferson Serrato

En la Fase 3, denominada procesamiento de datos, se realizó el cargue de los datos espaciales y su integración, donde se ajustan y se verifica toda la compatibilidad del modelo, para obtener información comprensible para el análisis de la modelación. (sistemas de coordenadas-Magna-Sirgas CMT12).

Figura 4. Compatibilidad por coordenadas

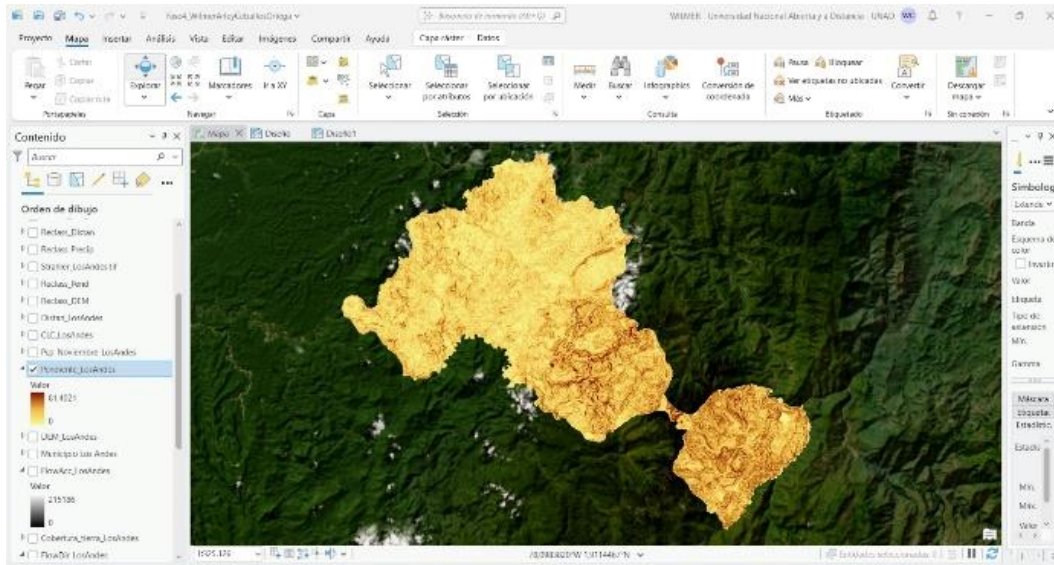


Fuente: Autoría Propia 2025.

En esta Fase 4, denominada variables principales del modelo multicriterio, como mapa de pendiente, cuencas principales y secundarias, mes con mayor precipitación por registros históricos,

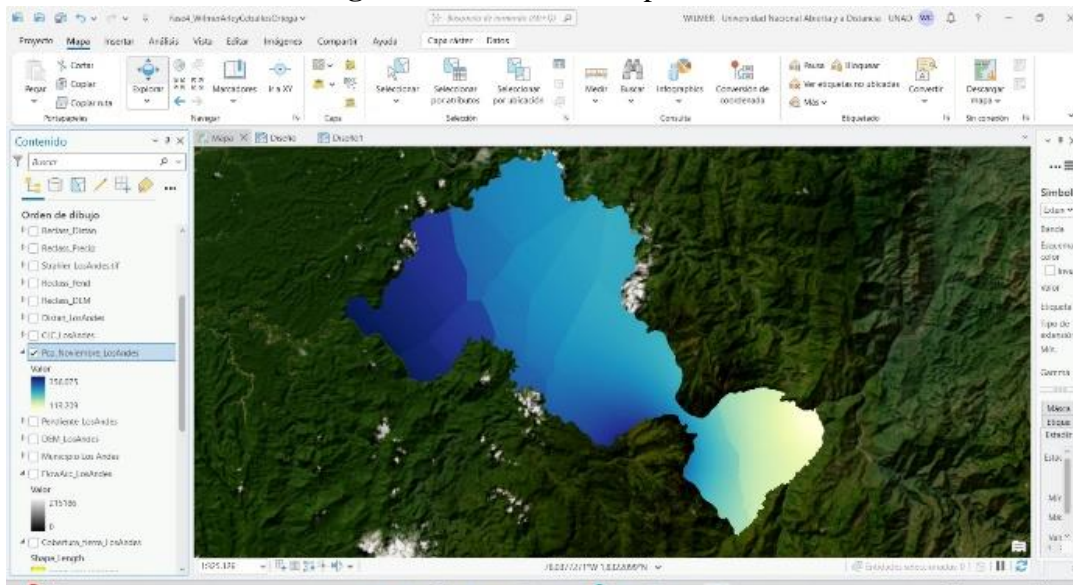
acumulación de flujos, y distancia entre drenajes, se utilizaron para la generación de un modelo de riesgo por inundación del municipio de los andes, Nariño.

Figura 5. Modelo – Pendiente



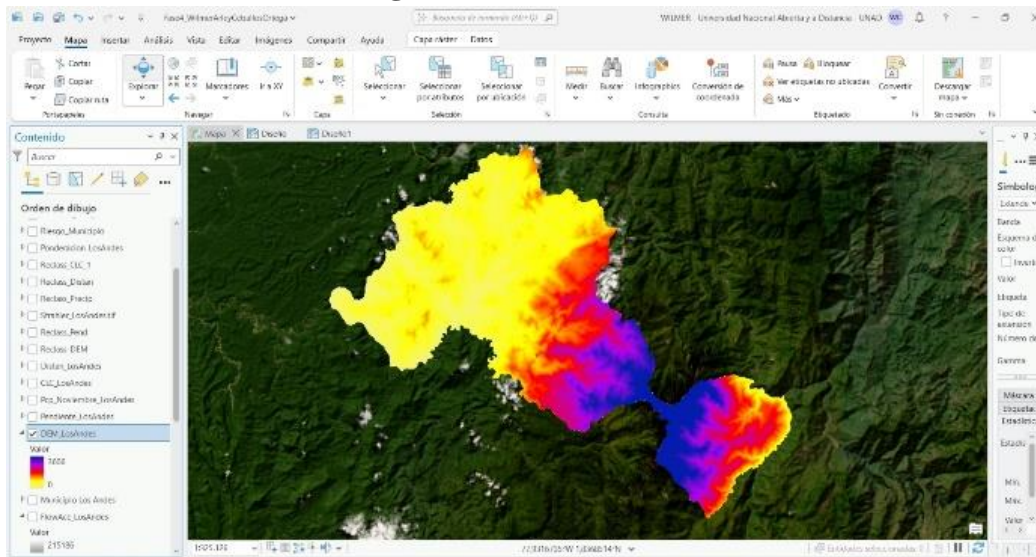
Fuente: Autoría Propia 2025.

Figura 6. Modelo - Precipitaciones



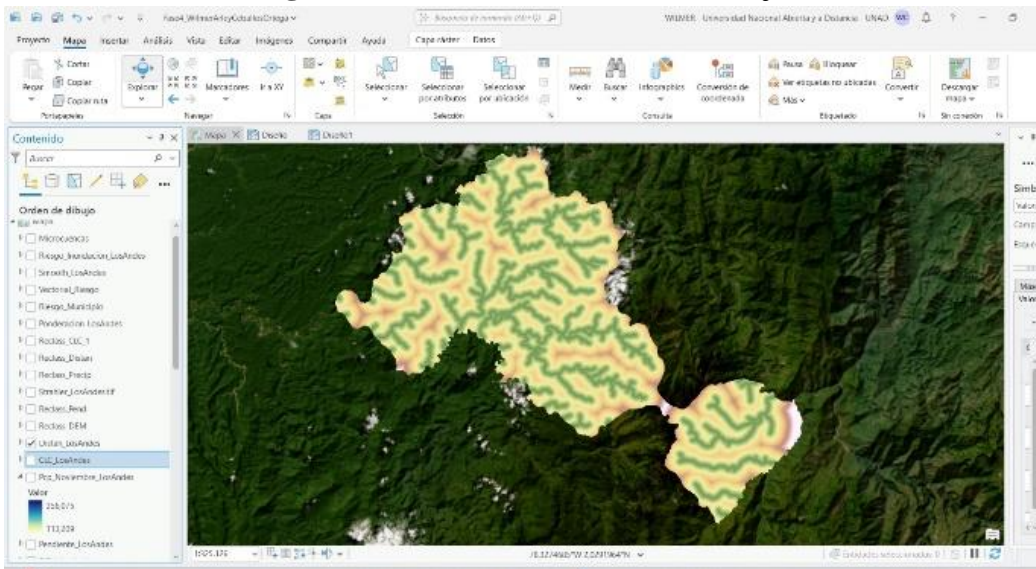
Fuente: Autoría Propia 2025.

Figura 7. Modelo – DEM



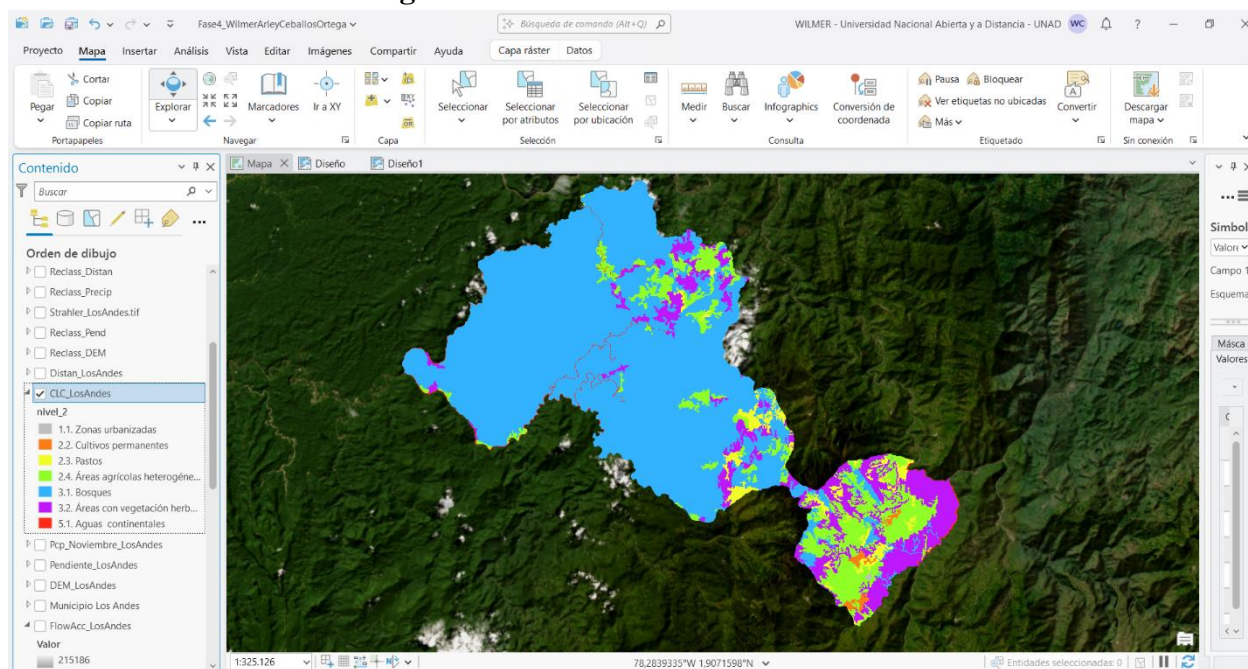
Fuente: Autoría Propia 2025.

Figura 8. Modelo – Distancia de Drenajes



Fuente: Autoría Propia 2025.

Figura 9. Modelo – Cobertura de Tierras



Fuente: Autoría propia 2025.

En la Fase 5, Generación y conversión modelo Ráster a Vectorial; se toman las capas temáticas de las variables principales y se procede a la superposición usando como método de análisis multicriterio el promedio ponderado. El resultado muestra las áreas de diferentes riesgos en 5 niveles, muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, indicando esas zonas de impacto por inundación en el municipio de los andes, Nariño.

Tabla 1. Clasificación de Riesgos

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

Fuente: Autoría Propia 2025.

En la última fase, es decir, la Fase 6, se elaboró un mapa final y sus respectivos atributos, de acuerdo con la clasificación de los riesgos, donde de manera muy visual, se facilita la interpretación y análisis de los impactos generados por el riesgo muy alto de inundación, zonas afectadas y posibles soluciones frente a este fenómeno natural.

Figura 10. Análisis

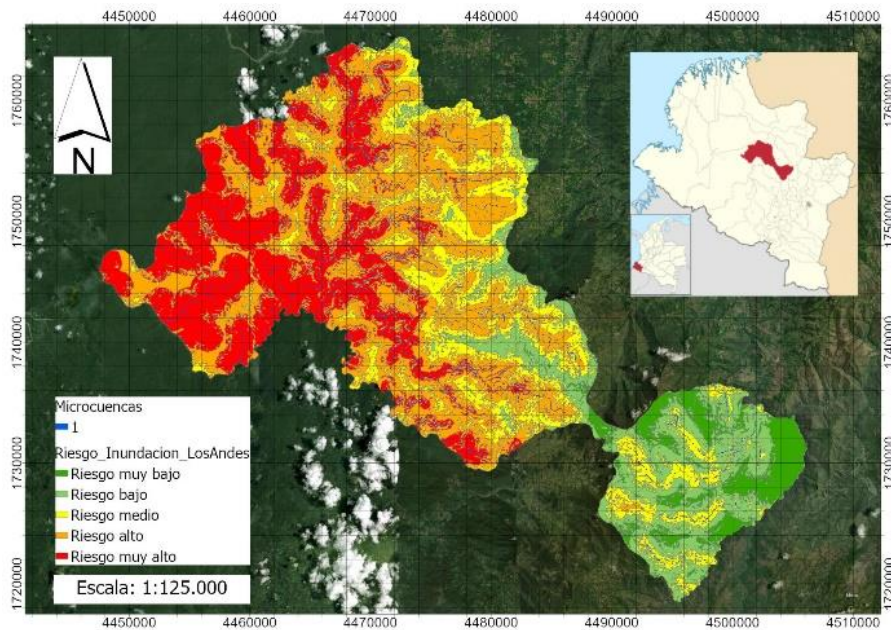


Fuente: E sic-Software análisis de datos.

Resultados

El estudio da como resultado el mapa de riesgo de inundación en Los Andes, Nariño (Figura 11). En donde proporciona datos significativos sobre cómo se distribuye espacialmente el riesgo de inundación en el municipio, de esta manera como ya se había especificado este se ha clasificado de la siguiente manera: riesgo muy bajo, riesgo bajo, riesgo medio, riesgo alto y riesgo muy alto, lo que de alguna manera facilita la identificación de las áreas y su peligrosidad.

Figura 11. Mapa de riesgo por inundación del municipio de Los Andes, Nariño

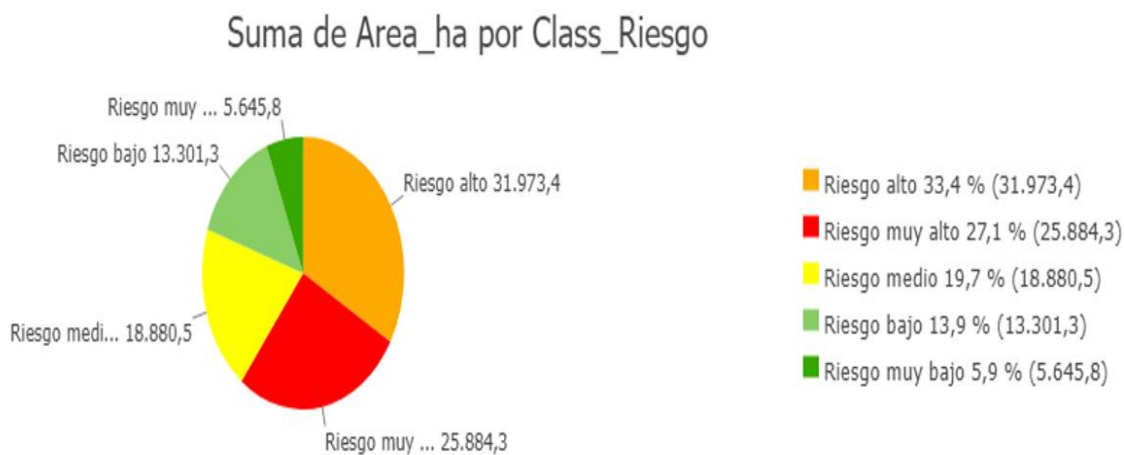


Fuente: Autoría propia, 2025.

Así mismo en el mapa de riesgo demuestra una escala la cual se encuentra la georeferenciación, es decir 1:125.000; que en términos generales representa 1cm en el mapa equivale a 1.250 metros en el terreno. Adicional a ello las diferentes coloraciones que representan un tipo de riesgo, así mismo la orientación del mapa para un mejor análisis.

En cuanto al análisis del mapa de riesgo por inundación en el municipio de Los Andes, Nariño, los resultados arrojan que existe una alta vulnerabilidad, ya que el 60,5 % del territorio se encuentra en riesgo alto (33,4 %) o muy alto (27,1 %). Lo que representa un área total de más de 57.800 hectáreas expuestas a inundaciones severas. Por otra parte, también se presentan zonas con riesgo medio abarcando el 19,7 % del territorio con aproximadamente 18.880 hectáreas, mientras que solo el 13,9 % y el 5,9 % presentan riesgo bajo y muy bajo, respectivamente, con 19.000 hectáreas aproximadamente. En ese sentido, este es un panorama que permite realizar medidas de mitigación, pues representa un riesgo inminente dentro del municipio.

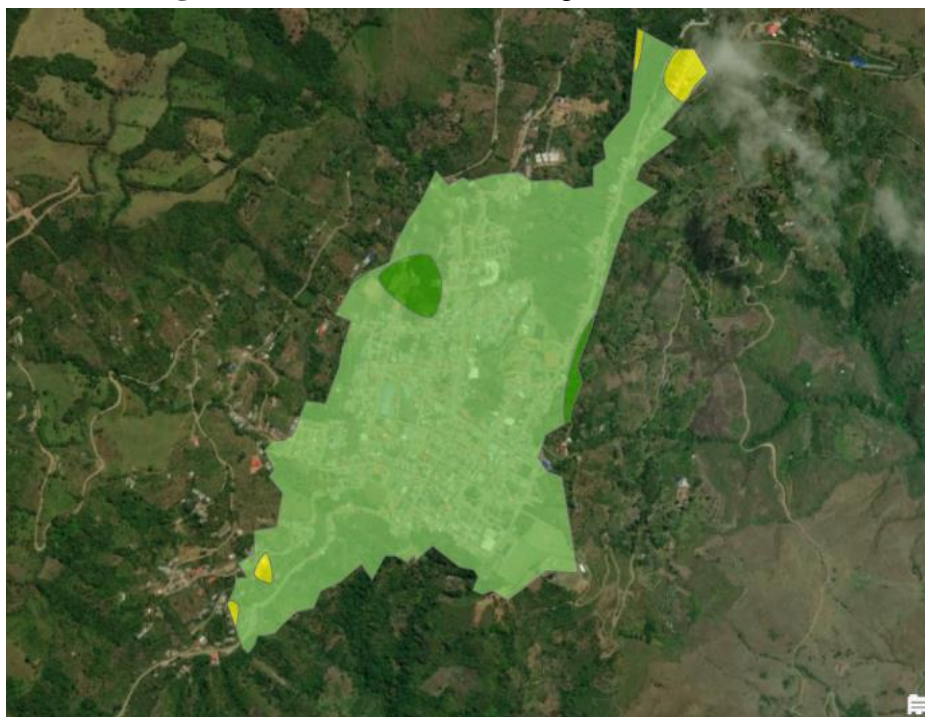
Figura 12. Área en hectáreas de riesgo por inundación en el municipio de Los Andes, Nariño



Fuente: Autoría propia, 2025

El análisis que arroja dentro de la zona urbana (Figura 13), más específicamente en la cabecera municipal Sotomayor, representa un riesgo por inundación bajo en casi todos los barrios, abarcando el 95% del área, sin embargo, se presenta un riesgo medio en algunas zonas como el barrio La Carrera y Travesía Alta, en donde se han registrado deslizamientos en anteriores años.

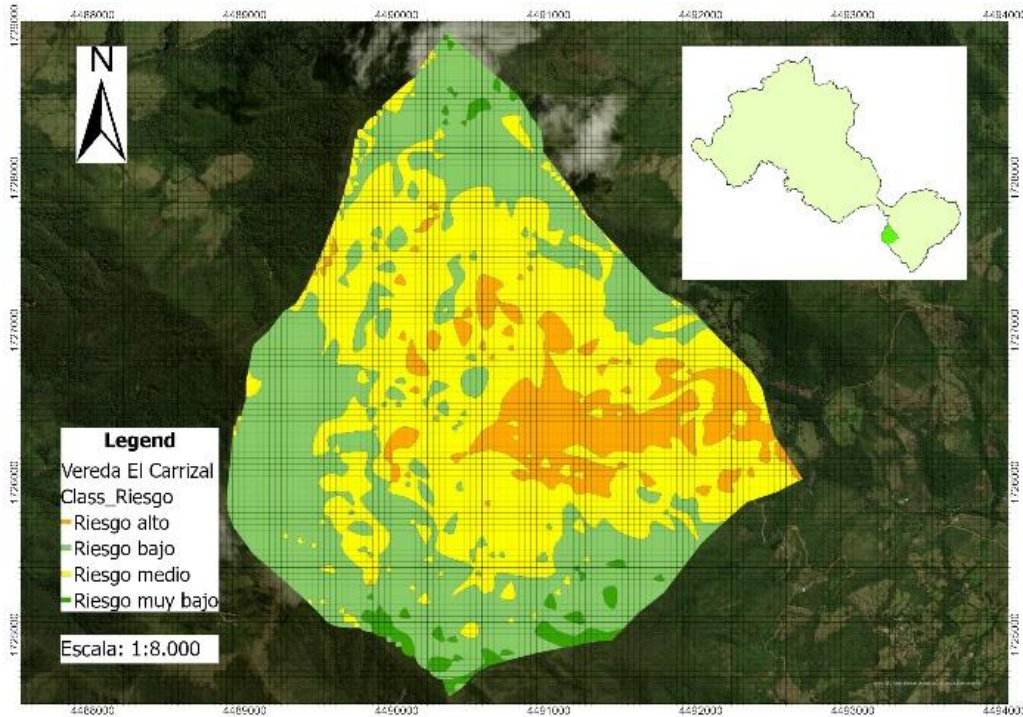
Figura 13. Área urbana con riesgo de inundación.



Fuente: Autoría propia, 2025.

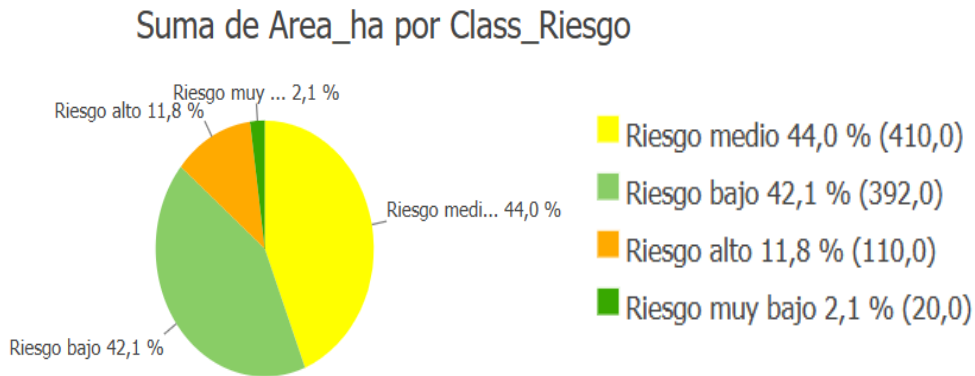
Mientras que en la zona rural se identificó que la vereda que puede presentar mayor riesgo por inundación es la vereda El Carrizal (Figura 14); esta vereda se encuentra localizada en la parte alta del municipio, a una altura aproximada de 2.700 msnm, la cual presenta un riesgo inminente dentro de la vereda; pues un 11,8% del área presenta un riesgo alto en donde abarca 110 hectáreas, mientras que el 44% presenta un riesgo medio con una extensión en su área de 410 hectáreas y un 44,2% un riesgo bajo o muy bajo, con 412 hectáreas. Estos datos reflejan el panorama que tiene la vereda, teniendo en cuenta que es una de las veredas que tiene un impacto económico dentro del municipio, más específicamente en el sector agrícola y pecuario. Pues su producción se enfatiza en frutales y hortalizas, así como también en la producción de leche.

Figura 14. Mapa de riesgo la vereda El Carrizal.



Fuente: Autoría propia, 2025.

Figura 15. Área en hectáreas de riesgo por inundación en la vereda El Carrizal.



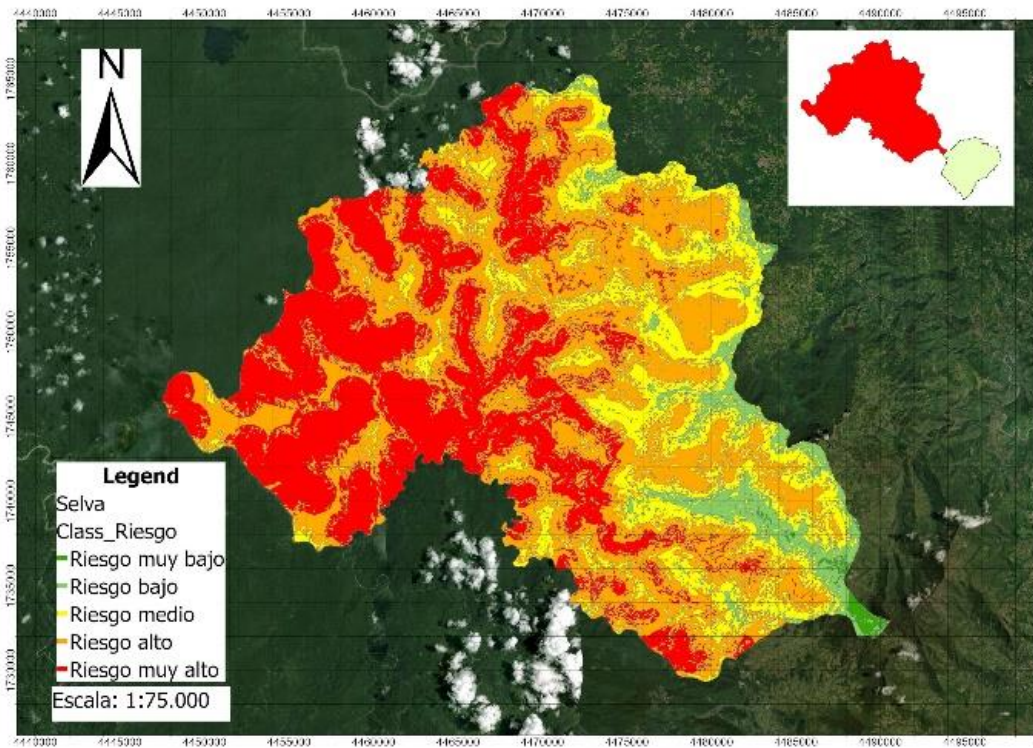
Fuente: Autoría propia, 2025.

Por otra parte, en el mapa de riesgo del municipio, se identifica una amplia área con riesgo muy alto (Figura 16). Esta área representa bosques, áreas protegidas, zonas deshabitadas. Lo que no representa un riesgo a la población, ni a las prácticas agropecuarias.

Una vez que se ha identificado aquellas zonas con diferentes riesgos por inundación, es evidente la planificación territorial y la gestión del riesgo. Pues se requieren de una atención, estas

acciones deben estar enfocadas en sistema de drenaje, también la reubicación de las comunidades que presenten riesgo alto y muy alto. Estas medidas son esenciales para reducir la vulnerabilidad frente a eventos extremos. Por otra parte, aquellas zonas que se han clasificado con riesgo medio y bajo deben ser incorporadas en estrategias de monitoreo constante y prevención, para de esta manera analizar cualquier posible aumento de la peligrosidad o riesgo.

Figura 16. Mapa de riesgo de zona deshabitada (Selva, áreas protegidas)



Fuente: Autoría propia, 2025.

Por otra parte, estos resultados representan la necesidad de realizar planes de ordenamiento territorial del municipio de Los Andes. Para de esta manera mitigar riesgos tanto rurales como urbanos. Esto ayudara a una mejor gestión del territorio y de los recursos naturales, y de esta manera reducir los impactos que trae consigo el cambio climático y los eventos adversos que representan dentro del municipio.

Conclusiones

Se realizó la cartografía temática de riesgo por inundación, mediante el análisis del mapa de riesgo por inundación en los Andes Nariño, como grupo de trabajo, evidenciamos muchas zonas con vulnerabilidad en una gran porción del territorio, especialmente, con riesgo muy alto y alto (rojo naranja) en la sección centro-occidental del municipio, cuyas áreas coinciden con relieves con baja pendiente, la presencia de las cuencas hidrográficas activas, sectores con deforestaciones

y en ciertas zonas la ocupación inadecuada del suelo, que probablemente, durante la temporada de mayores precipitaciones, favorecen la escorrentía, la acumulación e inundaciones.

Se generó el mapa temático de riesgo por inundación donde se colocaron valores cuantitativos como los 5 niveles de riesgo (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) a las características cualitativas de los productos del análisis multicriterio por colores, obteniendo que el riesgo bajo y muy bajo (verde y verde oscuro) en el costado suroriental del municipio, coincide con la presencia de un relieve elevado y alejado de los principales cuerpos hídricos en el municipio, con poca población y coberturas vegetales naturales y agrícolas menos intensivos. El mapa muestra zonas con franjas rojas indicando riesgos muy altos debido a que estas zonas se encuentran cerca de ríos y quebradas, en ello podríamos encontrar sectores donde la urbanización ha avanzado sin una adecuada planificación, determinando así, que el mapa elaborado es una herramienta clave para el ejercicio de gestión del riesgo, ya que nos brinda datos como instrumentos que permiten orientar acciones preventivas en zonas de alto riesgo.

Se analizó el riesgo de inundación mediante el mapa temático, elaborado para el municipio de Los Andes, Nariño, permitió identificar con claridad la distribución espacial de las amenazas, clasificándolas en cinco niveles: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto. Esta representación cartográfica mostró que las zonas con riesgo muy alto y alto se concentran principalmente en el centro-occidente del municipio, donde coinciden factores como pendientes suaves, cercanía a cuencas hidrográficas y uso inadecuado del suelo, lo que favorece la acumulación de agua y la escorrentía superficial.

Se determinaron las áreas con diferentes niveles de riesgo (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) por inundación en sistemas productivos rurales y áreas agroambientales mediante cruces de cartografía de riesgo con uso de suelo, donde se evidenció que más del 60 % del área municipal está bajo condiciones críticas de riesgo, lo que resalta la urgencia de implementar estrategias de gestión diferenciadas por nivel de amenaza. El cruce espacial de capas como pendiente, precipitación, distancia a drenajes y cobertura vegetal permitió delimitar de forma precisa las zonas vulnerables y proponer medidas específicas en función del grado de exposición. Este tipo de análisis fortalece la toma de decisiones al proporcionar una visualización comprensible y técnica del territorio. Además, los mapas generados no solo cumplen una función descriptiva, sino que son herramientas clave para la planificación preventiva y correctiva del riesgo. Permiten establecer prioridades para intervenciones como reforestación, control de erosión, adecuación de sistemas de drenaje y reubicación de poblaciones en alto riesgo. Su utilidad se extiende también al diseño de políticas públicas de ordenamiento territorial, asegurando que el crecimiento urbano y rural se oriente hacia zonas con menor exposición a eventos extremos.

Recomendaciones

La recomendación desde el campo profesional de la Ingeniería Ambiental es implementar proyectos de restauración ecológica y el control de erosión en las zonas de mayor pendiente cercana a ríos y quebradas, esto mediante la reforestación con especies originarias de la zona, de la misma manera se pueden construir barreras vivas. Estas acciones nos ayudaran a estabilizar el suelo, reducir de forma gradual la escorrentía superficial y mitigar en proporciones considerables el riesgo de inundaciones, contribuyendo así al equilibrio ambiental y la protección de zonas vulnerable de las comunidades.

Desde la ingeniería ambiental, se recomienda integrar una zonificación agroambiental basada en criterios de riesgo como herramienta clave para el ordenamiento territorial del municipio de Los Andes, Nariño. Esta zonificación debe considerar variables como uso actual del suelo, pendiente, cobertura vegetal, calidad de los suelos, cercanía a cuerpos hídricos y niveles de amenaza por inundación. De esta manera, se podrán delimitar con mayor precisión las áreas aptas para la producción agrícola sostenible, las zonas de conservación ecológica y aquellas donde deben restringirse ciertos usos por su alta vulnerabilidad. En especial, es fundamental restringir actividades agropecuarias intensivas en zonas de riesgo alto y muy alto, fomentando en su lugar prácticas como la agroforestería, la reforestación con especies nativas y el manejo sostenible del paisaje rural.

Asimismo, se sugiere promover prácticas de conservación del suelo y del agua, como barreras vivas, terrazas, coberturas vegetales permanentes y sistemas de drenaje adecuados, que ayuden a reducir la escorrentía y prevenir la erosión, factores que aumentan el riesgo de inundaciones. Además, es necesario fortalecer la gestión comunitaria del riesgo mediante programas de educación ambiental, participación ciudadana y monitoreo participativo del territorio. Estas acciones, articuladas con una planificación técnica informada por herramientas SIG y análisis multicriterio, permitirán avanzar hacia un ordenamiento agroambiental más resiliente, que proteja los recursos naturales, garantice la seguridad de la población y promueva un desarrollo rural sostenible en el contexto del cambio climático.

Además de integrar al sector público, capacitar y frente a su rama de riesgos y desastres, generar sistemas de comunicación y alertas tempranas, para evitar los impactos altos, que afecten directamente a la comunidad, y las vidas humanas.

Desde el enfoque profesional agronómico, se podría recomendar la implementación de una zonificación agroambiental; en donde la prioridad debería estar enfocada en prácticas sostenibles en aquellas áreas de alta vulnerabilidad, dichas prácticas pueden estar enfocadas en la agrafoestesia y la reforestación de especies nativas. En ese sentido, estas prácticas de alguna manera evitaran el uso intensivo del suelo, reduciendo así a largo plazo la problemática de inundación. Por otra parte, se sugiere implementar técnicas de conservación de suelo y agua; como la implementación de

barreras vivas, agricultura tropical, buenas prácticas agrícolas. Lo que fomentara al fortalecimiento a la desertificación y resiliencia productiva.

Referencias bibliográficas

- Espejel-García, A., Romero-Domínguez, J., Barrera-Rodríguez, A. I., Torres-Espejel, B., & Félix-Crescencio, J. (2015). Determinación del uso potencial agrícola mediante modelación geoespacial y análisis multicriterio para la cuenca Balsas Mezcala. *Ra Ximhai*, 11(5, Edición Especial), 77–95.
- Estrategia Internacional para la reducción de desastres de las Naciones Unidas [UNISDR] & Green Ink [GAR] (2011). Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres 2011. Revelar el riesgo, replantear el desarrollo. Devon, Reino Unido: Estrategia Internacional para la reducción de desastres de las Naciones Unidas (UNISDR), Green Ink.
- Glantz, M. H. Katz & R. K. Nicholls (1991). Teleconnections linking worldwide climate anomalies. Cambridge, USA: Cambridge University Press.
- Gómez, O. A., Álvarez, D. H., & Londoño, L. A. (2018). Análisis multicriterio SIG basado en momentos de orden superior normalizados para el cálculo de superficies de viabilidad ambiental. *Ingenierías USBMed*, 9(1), 49–57. Doi: <https://doi.org/10.21500/20275846.3300>
- Hernández-Juárez, R. A., Martínez Rivera, L. M., Peñuela-Arévalo, L. A. y Rivera-Reyes, S. (2020). Identificación de zonas potenciales de recarga y descarga de agua subterránea en la cuenca del río Ayuquila-Armería mediante el uso de SIG y el análisis multicriterio. *Investigaciones Geográficas*, (101), e 59892. Doi: <https://doi.org/10.14350/riig.59892>
- Lizana, F. E., Abarca, F., & Araya, C. (2024). Integrando el análisis multicriterio y SIG en la evaluación del riesgo de incendios forestales en Valparaíso (Chile). *Espacio Regional. Revista De Estudios Sociales*, 2(21), 59-75. Doi: <https://doi.org/10.32735/S2735-61752024000213760>
- Velis, L & Campos, N. (1991). Los Desastres en el Salvador. Una Visión Histórico-Social. Desastres por Actividad Hidrometeorológica. San Salvador, El Salvador: Centro de Protección para Desastres, p. 87. Vol. II.
- Rodríguez, L., Martínez, J., & Pérez, A. (2021). Análisis multicriterio del riesgo de inundación mediante SIG en municipios andinos de Colombia. *Revista de Geografía y Ordenamiento Territorial*, 13(2), 45-62.

Enlace de sustentación:

<https://www.youtube.com/watch?v=MIYY0QH12AM>