

Zonificación del riesgo de inundación en el municipio de Tasco, Boyacá mediante análisis multicriterio en ArcGIS Pro

Felix Antonio Blanco Chía y fablancoc@unadvirtual.edu.co

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

Resumen

Este artículo presenta una evaluación integral enfocada en la susceptibilidad a inundaciones en el municipio de Tasco departamento de Boyacá con el propósito de poder delimitar, representar y jerarquizar espacialmente las áreas que se encuentran expuestas a este fenómeno hidrometeorológico, para ello se realizó la implementación de un modelo de análisis multicriterio que se encuentra sustentado en las diferentes variables físicas y ambientales entre ellas parámetros morfométricos derivados del modelo digital de elevación, los patrones de precipitación, la distribución de la red hidrográfica y las características de cobertura y uso de suelos. El análisis se llevó a cabo con el uso de un Sistema de información Geográfica (SIG) por medio específicamente del software ArcGIS Pro con el uso de técnicas de reclasificación, análisis de proximidad y ponderación de criterios, la integración de esto permitió la generación de la cartografía que refleja las amenazas desde zonas con muy baja susceptibilidad hasta sectores donde la probabilidad de inundación es más alta, teniendo en cuenta que las zonas con mayor riesgo corresponden a un 20% al igual que las de menor riesgo, el análisis mostró que cada categoría de riesgo ocupa el 20% del territorio, evidenciando la utilidad del multicriterio para gestionar inundaciones.

Palabras claves: Susceptibilidad ambiental, modelación SIG, variabilidad climática, cartografía temática, zonificación.

Introducción

El cambio climático ha incrementado la frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos extremos ocasionando mayores riesgos de inundación en territorios de montaña como los municipios del Altiplano Cundiboyacense, pues diversos estudios internacionales y nacionales coinciden en este concepto, por un lado, el IPCC reporta que “las precipitaciones extremas muestran una tendencia creciente desde mediados del siglo XX” (IPCC, 2021) y por el otro la OMM que advierte que en América Latina “registra un aumento sostenido en desastres hidrológicos asociados a lluvias intensas” (OMM, 2022), ahora en nuestro país Colombia el IDEAM ha destacado que los periodos reciente fenómenos de La Niña han ocasionado aumentos significativos caudales, generando consigo erosiones e inundaciones en zonas rurales, a nivel económico el Banco Mundial señala “las regiones rurales con dependencia agrícola presentan mayor vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos” (Banco Mundial, 2020), estas investigaciones teóricas demuestran la urgente necesidad de evaluar de manera rigurosa el riesgo

por inundación en el municipio de Tasco Boyacá, municipio caracterizado por las pendientes pronunciadas con grandes zonas de recarga hídrica pues cuenta con gran parte del páramo de Pisba. En el ámbito local la identificación de zonas susceptibles a inundación es una prioridad debido a las afectaciones recurrentes registradas asociadas a las lluvias intensas y saturación de suelos, en Marzo del 2025 se registró un deslizamiento de aproximadamente 7.000 m³ de material sobre la vía Tasco Sogamoso ocasionado por el reblandecimiento del terreno tras precipitaciones continuas que afectaron de manera significativa la movilidad y dejaron en evidencia la vulnerabilidad del territorio ante eventos de lluvias extremas, de igual forma en el año se presentaron varias alertas por la Quebrada la Chapa que en el año 2011 genero la inundación del municipio de Paz de Rio, después se generó otra remoción de tierra en otro punto de la vía Tasco Sogamoso que afecto aún más la economía del municipio porque fueron varios días sin transporte.

Con estos antecedente el Plan de Desarrollo Departamental de este periodo establece como prioridad la gestión de riesgo conservando las fuentes hídricas, la protección de laderas y la adecuación de la estructura vial ante amenazas naturales, aun así cuando se ocasiono las dos remociones de tierra la acciones de las entidades públicas como la alcaldía y la gobernación fueron lentas, por lo que es importante integrar análisis territoriales basados en evidencias técnicas para reducir de esta manera la vulnerabilidad y orientar a la toma de decisiones informadas.

En este contexto el uso de herramientas de geoprocésamiento en entornos especializados como ArcGIS Pro permite desarrollar un análisis espacial preciso sobre el comportamiento hidrológico del municipio de Tasco, que gracias a su topografía montañosa con altitudes entre 2.400 y 3.800 metros sobre el nivel del mar y la presencia del páramo y microcuencas, presenta una configuración territorial donde pendientes variables, drenajes naturales y zonas de recarga hídrica influyen directamente en los procesos de escorrentía superficial y saturación del suelo.

El procedimiento planificado se estructura en una secuencia metodológica rigurosa, recolectando y normalizando los datos, reclasificando las variables según los criterios de riesgo, conversión a formato ráster, máscara espacial para delimitar el área a trabajar y ponderación de criterios por medio del uso del análisis multicriterio, esta metodología permite generar mapas de riesgo, clasificación de zonas en diferentes niveles de vulnerabilidad y ofrecer una herramienta geoespacial técnica y así poder orientar a la planificación territorial y la prevención de desastres en el municipio de Tasco.

Para el municipio la aplicación conjunta del análisis y el SIG representa una aportación significativa que permitirá no solo identificar áreas críticas frente a las inundaciones sino también generar insumos estratégicos que apoyen decisiones relacionadas con el manejo de aguas y suelos.

Objetivos

General

Evaluar el riesgo de inundación en el municipio de Tasco, Boyacá, mediante la identificación, delimitación y clasificación de áreas susceptibles, a partir de la integración de diversos factores físicos, ambientales y territoriales.

Específicos

- Compilar y tratar la información geoespacial del territorio, drenajes, uso de suelos, precipitación y red hidrográfica con la finalidad de construir las capas bases necesarias para evaluar la susceptibilidad a inundaciones en el municipio de Tasco Boyacá.
- Emplear métodos de análisis multicriterio dentro del software ArcGIS Pro para asignar pesos, normalizar variables y combinar los factores ambientales y morfométricos que inciden en la generación de eventos de inundación.
- Generar productos cartográficos temáticos que representen los distintos niveles de riesgo y sirvan como insumo técnico para orientar acciones de prevención, mitigación y planificación del territorio municipal.

Identificación del Caso de Estudio

El área de estudio corresponde al municipio de Tasco ubicado en el nororiente del Departamento de Boyacá en la vertiente oriental de la cordillera de los andes, “Tasco cuenta con una extensión aproximada de 167 km² y hace parte de la provincia de Valderrama” (Gobernación Boyacá, 2017), limita con Socha, Socotá, Corrales, Gámeza, Betétiva y Paz de Rio configurándose como un territorio predominantemente rural donde la topografía montañosa y la presencia de los ecosistemas altoandinos condiciona la dinámica hídrica local, la altitud del municipio “varía entre 2.400 y 3.800 msnm” (ASIS, 2013), lo cual influye para que el clima sea frío y húmedo característico de la zona paramera.

Desde el punto de vista ambiental Tasco se integra a la cuenca del río Chicamocha y en cada extremo dos quebradas la Guaza y la Carbonera, estos elementos conforman una red hídrica que favorece la recarga hídrica pero que también puede generar procesos de escorrentía (filtración) y saturación del suelo durante temporadas de lluvia intensa, de acuerdo con el diagnóstico territorial “la cabecera municipal se ubica a 2.530 msnm y se encuentra rodeada de cerros y microcuencas de importancia regional” (ASIS, 2017) constituyendo un entorno susceptible ante eventos hidrometeorológicos extremos.

Dadas estas condiciones geomorfológicas, climáticas e hidrológicas Tasco es un caso pertinente para el estudio de riesgo por inundación mediante el uso de la herramienta SIG, pues la

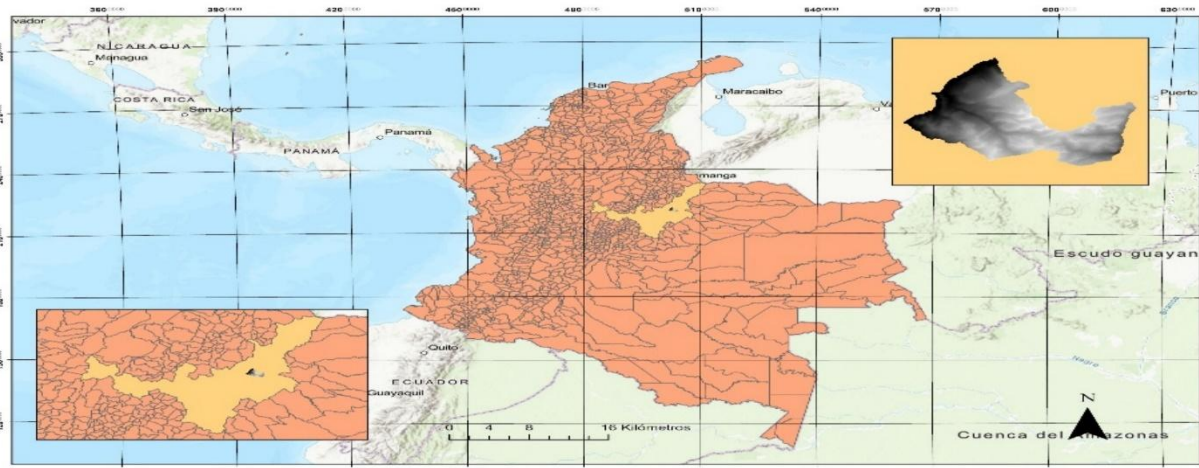
combinación de pendientes marcadas, microcuencas altoandinas, zonas de paramo y lluvias estacionales hace necesario un análisis espacial que permita “identificar áreas críticas y orientar acciones de gestión territorial” (Goodchild, 2018).

Además de sus particularidades física Tasco presenta una serie de dinámicas socioeconómicas que incrementan notablemente la necesidad de evaluar el riesgo por inundación, pues según el plan de desarrollo municipal para los años 2024 a 2027 “una parte importante de la población depende de actividades agrícolas y ganaderas que se desarrollan en zonas expuestas a saturación del suelo y encharcamientos durante temporadas de lluvia” (PDM, 2024), entonces estas prácticas productivas se localizan en zonas donde coinciden con drenajes naturales, pendientes medias y suelos de alta humedad, lo que aumenta la exposición ante eventos hidrometeorológicos, así mismo “muchos hogares rurales se encuentran asentados en zonas de ladera baja próximas a quebradas o áreas con restricciones geotécnicas” (PDM, 2024), incrementando con eso la vulnerabilidad comunitaria.

El municipio también enfrenta limitaciones en cuanto a su estructura vial los cuales son consideradas un factor crítico durante episodios de lluvia intensa y en conjunto con esto el plan de desarrollo advierte que “la red de vías terciarias presenta alta fragilidad ante procesos de remoción en masa y acumulación de aguas superficiales” (PDM, 2024), afectando con ello la movilidad, el acceso a los servicios y la capacidad de respuesta ante una emergencia, situación que resalta aún más la importancia de integrar el análisis espacial de riesgo en la planificación rural y la protección de las comunidades ante situaciones de emergencia por las zonas de alta inundación.

Figura 1

Localización de la Zona de Estudio



Nota. Se muestra el departamento de Boyacá resaltado en color amarillo dentro del mapa de Colombia, mientras que el municipio de Tasco se presenta en escala de grises con un recuadro ampliado que incluye su modelo digital de elevación, también se agrega un recuadro inferior que detalla la ubicación del municipio dentro del departamento.

Nota. Mapa elaborado por Félix Antonio Blanco Chía en ArcGIS Pro.

Metodología

El análisis de riesgo del municipio de Tasco se llevó a cabo mediante un enfoque espacial sustentado en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), aplicando técnicas de análisis multicriterio dentro del software ArcGIS Pro, este procedimiento permitió integrar diversas variables territoriales y ambientales para lograr construir un modelo espacial que jerarquiza, identificara y representara las zonas del municipio con mayor riesgo a inundaciones, por otro lado, el desarrollo metodológico se realizó en cinco fases que abarcan desde la recopilación y preparación de los insumos cartográficos hasta la generación del modelo final del riesgo donde se incluyen los diferentes procesos como la reclasificación, ponderación y síntesis espacial, cada una de las etapas está diseñada con el propósito de asegurar precisión, coherencia y trazabilidad en el análisis, siguiendo los lineamientos técnicos y conceptuales establecidos en el Diplomado de profundización Sistemas de Información Geográfica para el Ordenamiento Agroambiental del Territorio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

Delimitación Espacial y Recopilación de Datos

El proceso de modelación dio inicio con la conformación de un conjunto de insumos cartográficos indispensables para caracterizar el territorio del municipio de Tasco y así comprender las condiciones físicas que influyen en la ocurrencia de posibles inundaciones, como punto de partida se empleó el Modelo de Elevación Digital (DEM) con resolución de 30 metros con el cual se generaron diferentes capas derivadas como la altitud y la inclinación del terreno, estos productos son esenciales ya que permiten reconocer a detalle el relieve de municipio y de esta manera establecer cómo se comporta el flujo superficial del agua en función de las variaciones topográficas, siendo esta información clave para detectar áreas donde el agua puede detenerse o desplazarse con mayor rapidez.

De igual forma se integraron archivos vectoriales en formato shapefile correspondientes al límite del municipio y al contorno administrativo del departamento de Boyacá, estas delimitaciones territoriales fueron esenciales para ajustar todas las capas de información al área real del estudio, con ellas se ejecutaron procedimientos de recorte espacial mediante herramientas como Clip y Extract by Mask permitiendo mantener únicamente los datos ubicados dentro del municipio y eliminar cualquier elemento externo que pudiera interferir en el análisis, asegurando de esta manera que todas las operaciones posteriores conservaran coherencia espacial y así evitar distorsiones por información ajena al territorio del análisis.

También se incorporó la información climática asociada al comportamiento histórico de la precipitación, para ello se utilizó un ráster que representa el mes con mayor registro de lluvias en el municipio, obtenido a partir de los registros del IDEAM que para Tasco es el mes de Mayo, este paso es importante debido a que los máximos de precipitación suelen tener coincidencia con los

escenarios de incremento de riesgo hídrico al intensificar la escorrentía y aumentar la presión sobre los causes naturales.

Como complemento se integró una capa de cobertura y uso de la tierra del sistema Corine Land Cover (CLC) en su nivel 2 de clasificación, para generar una cartografía que diferenciara entre las zonas agrícolas, área urbana, superficie boscosa, cuerpos de agua, y otros tipos de cobertura, recortándola al municipio y posteriormente reorganizada por categorías para transformarla a formato ráster, permitiendo que la capa pueda ser participe en el análisis multicriterio junto con las demás variables.

Todas las capas recopiladas se unificaron bajo un mismo sistema de referencia espacial (MAGNA-SIRGAS CMT12) asegurando la compatibilidad geométrica y evitando desplazamientos o distorsiones durante los procesos de superposición, esta etapa de armonización y preparación de datos conforme la base técnica que dio soporte al desarrollo de las fases posteriores del modelo de riesgo de inundación del municipio de Tasco.

Delimitación de las Cuencas y Red Hidrográfica

La delimitación de la red hídrica y de las microcuencas del municipio se desarrolló empleando el Modelo Digital de Elevación (DEM) como insumo principal y aplicando las herramientas del módulo Spatial Analyst Hydrology de ArcGIS Pro tal como lo orientaron las guías, el proceso comenzó con la corrección del DEM mediante el geoprocesamiento Fill, cuyo propósito es eliminar pequeñas depresiones que no corresponden a la topografía real y que podrían interrumpir la continuidad del escurrimiento, una vez obtenido el modelo corregido, se calculó la dirección de flujo (Flow Direction) para establecer hacia donde se desplazaría el agua en cada celda del relieve.

Con esta información se generó la capa de acumulación de flujo (Flow Accumulation) que permitió identificar las zonas donde la escorrentía superficial tiende a concentrarse, estas áreas constituyen la base para reconocer los trazos principales de los causes y diferencias sectores de mayor contribución hídrica, posteriormente, se definió un umbral de acumulación que permitiera destacar únicamente los drenajes relevantes, esto se realizó mediante una evaluación condicional, seleccionando valores superiores a 100 celdas el cual es un procedimiento recomendado para discriminar drenajes significativos de aportes menores o discontinuos.

A partir de esta selección se aplicaron las herramientas Stream Link y Stream Order esta última utilizando el método de Strahler para organizar jerárquicamente la red de drenajes en función de su conectividad hidrológica, por último, la red obtenida en formato ráster fue convertida a una capa vectorial mediante Stream to Feature facilitando su análisis espacial y su representación cartográfica.

Preparación de Variables para el Análisis Multicriterio

Para construir el modelo espacial de riesgo de inundación fue necesario transformar todos los insumos en una misma escala interpretativa, con el fin, de que cada variable se normalizara mediante un proceso de reclasificación que permitió convertir sus valores originales en rangos entre 2 y 10 donde los números más altos representan condiciones más favorables para la ocurrencia de inundaciones, logrando con esta estandarización compactar factores de distinta naturaleza y garantizar su integración coherente dentro del análisis multicriterio, en la **Tabla 1**, se representa la escala cualitativa-cuantitativa que permite realizar posteriormente la combinación ponderada de las capas en el modelo de análisis multicriterio.

Tabla 1

Clasificación Cualitativa y Cuantitativa de Riesgo

Nivel de riesgo	Valor
Muy bajo	2
Bajo	4
Medio	6
Alto	8
Muy Alto	10

Fuente. Autoría propia, 2025

Los cinco factores que son considerados son la altitud DEM, la precipitación, la pendiente, la distancia de drenajes y la cobertura del suelo, cada uno tiene una interpretación con base en su forma de contribución positiva o negativa a la generación de condiciones favorables para las inundaciones.

Altitud: Son las áreas situadas en cotas más bajas que se catalogaron como más vulnerables, debido a su mayor capacidad para concentrar escorrentía y recibir aportes de zonas más elevadas.

Pendiente: Los sectores con inclinaciones suaves fueron asociados a niveles más altos de riesgo porque disminuyen la velocidad de flujo superficial y favorecen el estancamiento del agua.

Precipitación: Se tomó como referencia el mes con las mayores lluvias históricas bajo el criterio de que incrementos significativos en la intensidad de precipitación elevan directamente la posibilidad de desbordamiento y acumulación hídrica.

Distancia a los Drenajes: Se considero en este punto que los sitios más próximos a los cauces naturales que están presentes con mayor probabilidad de afectación durante crecientes de agua, por lo que recibieron los valores de riesgo mayor.

Cobertura del Suelo: A cada tipo de uso de cobertura se le asigno un nivel de riesgo según su respuesta frente al agua, las superficies como ríos, humedales o lagunas fueron clasificadas en la categoría más alta, mientras que las áreas con vegetación densa especialmente bosques se ubicaron en la categoría más baja.

La normalización de las variables se realizó mediante la herramienta Reclassify disponible en el módulo de Spatial Analyst la cual permite convertir cada capa tanto continua como categórica en una versión discretizada acorde con la escala definida para el análisis, por otro lado, para las variables numéricas se aplicó el método de Rupturas Naturales (Jenks) que agrupa los datos buscando que cada clase sea internamente homogénea y a la misma vez lo más distinta posible de los demás, por esta técnica es que fue posible obtener capas temáticas coherentes entre sí, uniformes en su estructura de clase y adecuadas para integrarse posteriormente en el proceso del ponderación del modelo de riesgo.

Análisis Multicriterio y Modelación de Riesgo

Con las variables previamente normalizadas en una misma escala cualitativa, se procedió a integrarlas por medio de un análisis multicriterio, para ello, se aplicó el método de Suma Ponderada del módulo Spatial Analyst técnica que permite combinar distintas capas ráster asignándole a cada una un peso proporcional a su influencia en el fenómeno estudiado, con este procedimiento se facilita representar de forma acumulada la contribución de cada uno de los factores al comportamiento hídrico del municipio, con el fin de hacer que la información sea comparable cada capa previamente reclasificada fue transformada en valores numéricos que expresan cuál es su nivel de contribución al riesgo, las clases que representan condiciones críticas fue las que recibieron puntajes elevados mientras que las que se encontraban en zonas favorecidas por la reducción de la susceptibilidad fueron asociadas con valores más bajos, lo cual es coherente con los lineamientos dados en el desarrollo del diplomado y con los estudios recientes como el de Tetteh, 2025 donde la construcción de los índices de riesgo se basa en la ponderación de variables como la precipitación, la pendiente, las cercanías a los causes, el tipo de cobertura y la elevación del terreno demostrando que la aplicabilidad de este método es distintos contexto de la geografía.

Una vez transformadas todas las capas a una escala común se procedió a establecer el peso que tendría cada una dentro del modelo y tomando como referencia su aporte relativo al proceso de inundación tal como se evidencia en la *Tabla 2*, entonces la precipitación mensual identificada como el factor con mayor influencia recibiendo un valor del 35% del peso total, en segundo lugar la proximidad a los drenajes que recibió un 30% dado su relación directa con la acumulación del caudal y con ellos los desbordamientos, en tercer lugar la pendiente del terreno que fue ponderada con un 15% mientras que tanto la altitud derivada del DEM como la cobertura del suelo se valoraron cada una con un 10% reflejando que su incidencia es moderada en el comportamiento hidrológico del municipio.

Tabla 2

Peso de los Criterios de Análisis para el Riesgo de Inundación

Factor	%
Precipitación	35%

Distancia entre drenajes	30%
Pendientes	15%
Cobertura de tierras (Land cover)	10%
Modelo de elevación digital DEM	10






Fuente. Autoría propia, 2025

La integración final de los factores se realizó a través de la herramienta llamada Weighted sum que permitió sintetizar las cinco capas en un solo ráster continuo y producto de esto cada píxel refleja el valor resultante del índice de riesgo obtenido al multiplicar el puntaje de cada una de las variables por el peso asignado y sumar posteriormente todas las capas ponderadas, logrando un modelo de representación espacial acumulada del riesgo de inundación.

Una vez obtenida la superficie compuesta el ráster fue clasificado nuevamente para poder organizar los valores en cinco rangos de manera ordenada empezando desde el más bajo hasta el más alto con la finalidad de facilitar su interpretación, esta reclasificación se efectuó utilizando el método de Rupturas Naturales (Jenks) que agrupo los datos en intervalos estadísticamente diferenciados y finalmente obtener los niveles de riesgos que se simbolizan con una escala de colores graduales como se evidencia en la Tabla 3, y así identificar de manera clara las zonas que requieren mayor atención dentro del municipio.

Tabla 3

Simbología Reclasificación de Riesgo por Inundación

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

Fuente. Autoría propia, 2025

Representación en Formato Vectorial, Análisis Espacial y Presentación de los Resultados

A partir de ráster final de riesgo se generó una capa vectorial utilizando el geo-proceso Ráster to Polygon con el fin de obtener una representación más precisa y manejable de las áreas clasificadas, posteriormente, se aplicó un proceso de suavizado de bordes (Smooth Polygon) para mejorar la continuidad cartografía de los polígonos, seguidos de una disolución por categoría de riesgo (Dissolve o Gridcode) que permitió agrupa las zonas según su nivel correspondiente.

En la tabla de atributos de la capa resultante se añadieron dos campos adicionales.

1. **Class_Riesgo:** En el cual se asigna la descripción cualitativa del nivel de riesgo asociado a cada polígono, de acuerdo con la clasificación de 1 a 5.
2. **Area_Km:** Valor calculado mediante la geometría de cada entidad para expresar la extensión de cada clase en hectáreas.

Estos datos permiten analizar con mayor detalle cómo se distribuye las áreas susceptibles a inundaciones y estimar el posible impacto sobre asentamientos humanos, infraestructuras, áreas productivas y ecosistemas estratégicos del municipio.

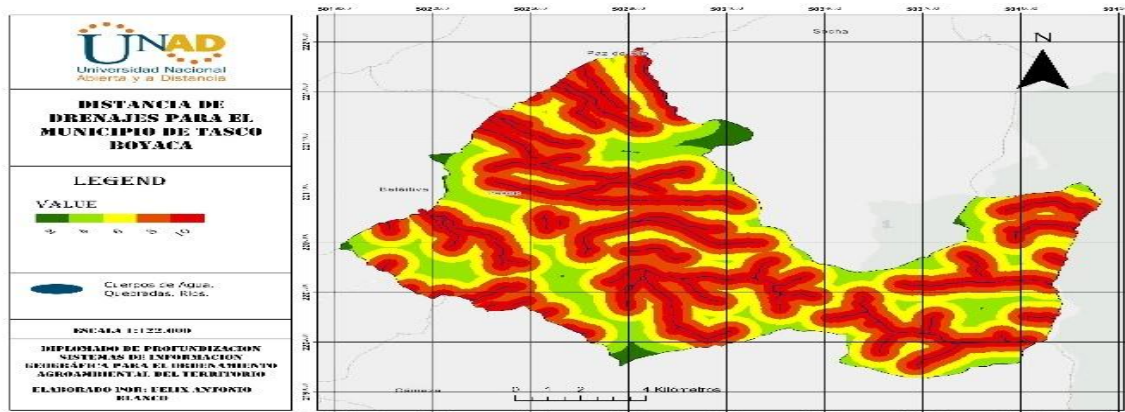
La representación final se normalizo en un mapa temático en el cual se muestran los niveles de riesgo especializados en el territorio, este mapa se complementó con una serie de gráficos generados automáticamente en ArcGIS Pro que ilustran de forma comparativa la proporción y extensión de cada categoría de riesgo, en conjunto, estos productos facilitan la lectura técnica del modelo y favorecen la comunicación de los resultados a entidades locales, profesionales del sector agroambiental y tomadores de decisiones vinculados a la gestión del riesgo y la planificación territorial.

Resultados

Los mapas que se presentan a continuación no incluyen la totalidad de los productos intermedios generados durante el proceso, aunque estos fueron explicados detalladamente en la sección metodológica, en su lugar, se destacan únicamente los resultados cartográficos más relevantes de cada etapa de análisis, es decir, aquellos que respaldan directamente la interpretación final y las conclusiones del estudio.

Figura 2

Distancia de Drenajes del Municipio de Tasco Boyacá



Fuente. Autoría propia, 2025

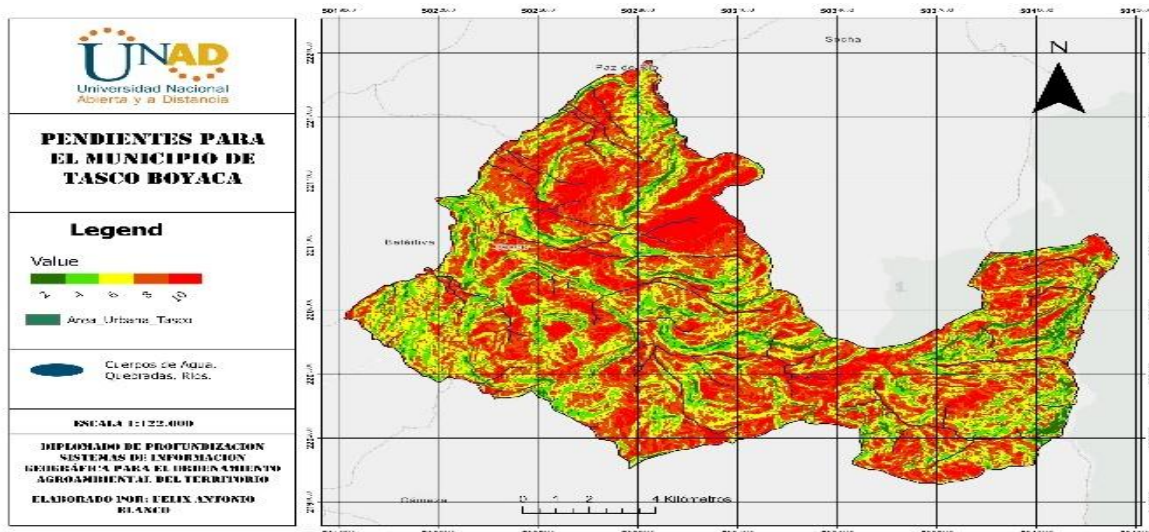
El mapa muestra la distancia de los drenajes principales del municipio, representada mediante una gradación de colores que permiten identificar con mayor claridad los niveles de exposición ante

posibles desbordamientos, empezando con las zonas representadas en rojo y naranja que corresponden a las áreas más cercanas a los drenajes y por ende constituyen sector con mayor probabilidad de afectación directa durante eventos de crecientes súbitas o lluvias intensas, se puede evidenciar que este patrón se distribuye siguiendo la forma natural de la red hidrológica del municipio que en su gran mayoría son ríos y quebradas.

Por otro lado, las áreas en amarillo y verdes indican distancias intermedias y alejadas de los drenajes las cuales por su condición presentan una menor exposición a los desbordamientos, aunque esto no significa que estén exentas del riesgo cuando intervienen más factores como la pendiente o el tipo de cobertura del suelo, pues estas zonas que suelen ubicarse en áreas con laderas y porciones elevadas del territorio donde el drenaje superficial es más disperso.

Figura 3

Pendiente para el Municipio de Tasco



Fuente. Autoría propia, 2025

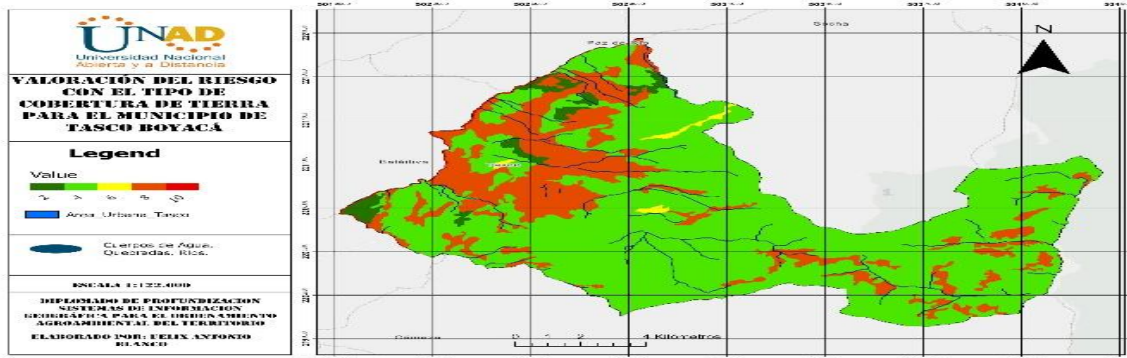
Este mapa representa la variabilidad del relieve mediante gradientes de colores que permiten identificar mayor predominancia en las zonas con pendientes altas que se identifican en tonos rojos y naranjas, que se encuentran directamente ligadas a las zonas con laderas montañosas donde la escorrentía superficial es más rápida y la infiltración es limitada, aunque estas áreas no suelen presentar inundaciones directas si pueden favorecen los procesos de erosión y arrastre de sedimentos influyendo en la dinámica hídrica del municipio.

Por otro lado, las zonas que tiene colores en tonos verdes y amarillos representan aquellas pendientes suaves y moderadas, localizadas principalmente en valles y sectores bajos, esta superficie más plana permite una mayor acumulación de agua incrementando la probabilidad de encharcamiento o inundaciones locales cuando coinciden con lluvias intensas, por ello, esta capa

es fundamental en el análisis multicriterio pues esta ayuda a identificar áreas donde la topografía aumenta la susceptibilidad al riesgo de inundación.

Figura 4

Valoración Riesgo Cobertura de Tierras Municipio de Tasco



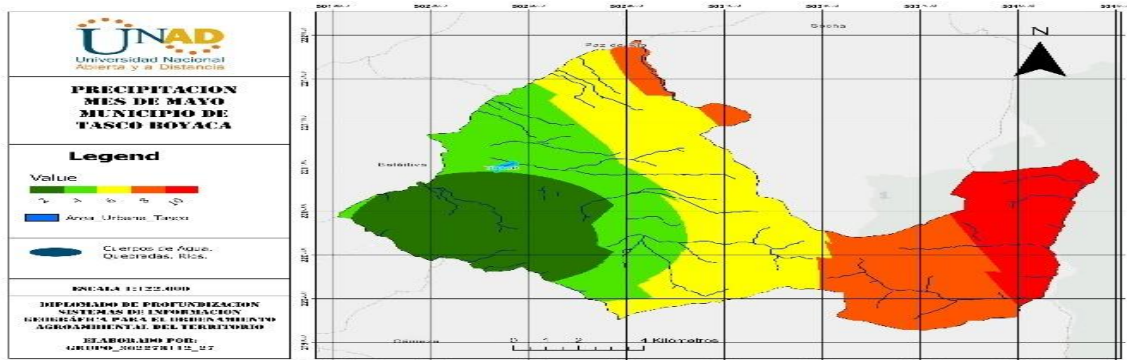
Fuente. Autoría propia, 2025

El mapa muestra las características del uso del suelo influenciados por la susceptibilidad a las inundaciones dentro del municipio de Tasco, las áreas en verde corresponden a las coberturas naturales como bosques y vegetación densa las cuales fueron clasificadas con valores de riesgo bajos debido a su capacidad de infiltrar el agua y regula el escurrimiento superficial, pues actúan como zonas de amortiguación hídrica y ayudan a disminuir los efectos de lluvias intensas.

Por el contrario, las zonas identificadas en amarillo, naranja y rojo representan coberturas con mayor vulnerabilidad con áreas de agricultura intensiva con suelos degradados o superficies poco permeables, las cuales favorecen la acumulación de agua y el aumento de escorrentía, estas áreas se distribuyen principalmente alrededor de los asentamientos húmedos y las laderas intervenidas donde por el cambio del uso del suelo se altera la capacidad natural de absorción.

Figura 5

Precipitación Mes de Mayo Municipio de Tasco Boyacá



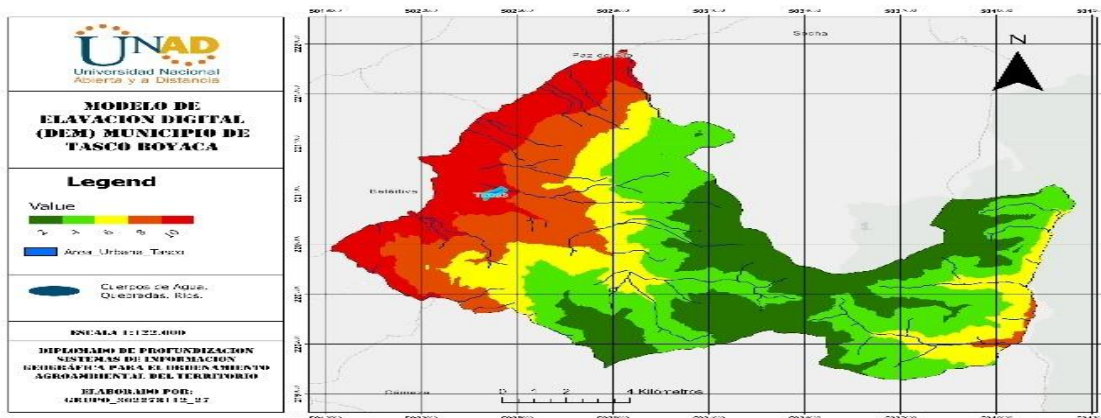
Fuente. Autoría propia, 2025

El mapa muestra una marcada variación espacial en cuando a la distribución de lluvias dentro del municipio, pues las zonas que se encuentran representadas en los tonos verdes corresponden a áreas con menores valores de precipitación que se encuentran ubicados principalmente hacia el occidente y centro del municipio, estas regiones al estar recibiendo menos volúmenes de lluvia y presentan una menor contribución directa al riesgo por inundación aun así sigue siendo zonas de importancia dentro del balance hídrico local.

Por otro lado, los sectores que aparecen en colores amarillo, naranja y rojo muestran los más altos niveles de precipitación y estos se encuentran concentrados hacia las zonas oriente y sureste del municipio, estas experimentan lluvias más intensas durante el mes de mayo aumentando con ello la probabilidad de escorrentía superficial y así como saturación del suelo convirtiéndolas en zonas de mayor susceptibilidad a las inundaciones dentro del análisis multicriterio.

Figura 6

Modelo de Elevación (DEM) Municipio de Tasco Boyacá



Fuente. Autoría propia, 2025

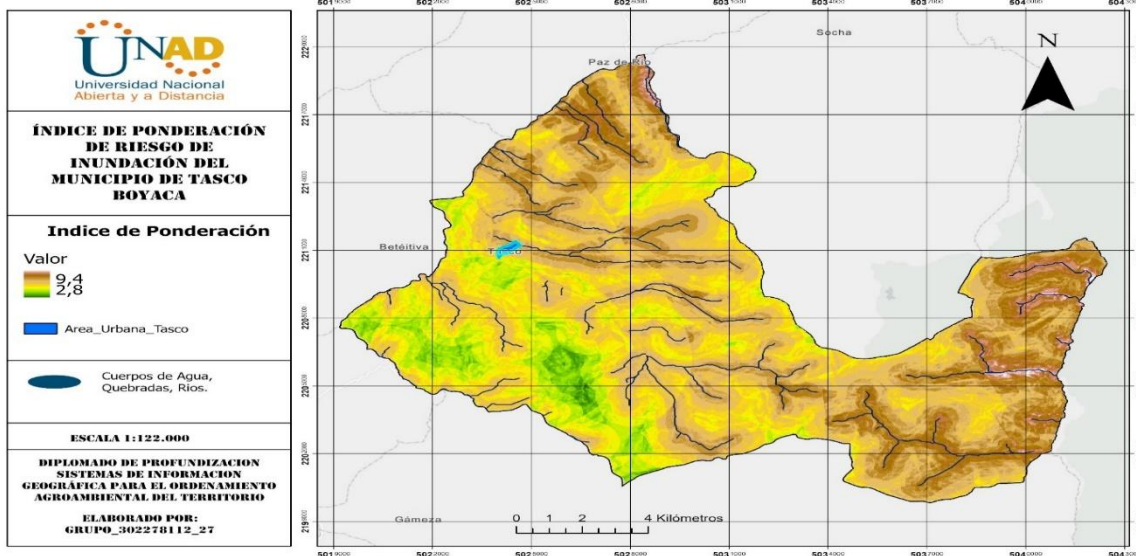
El mapa evidencia una clara variación altitudinal donde las zonas de color rojo y naranja corresponden a las áreas que se encuentran más elevadas ubicadas principalmente en la zona occidental y norte del municipio, mientras que las verdes y amarillas son las altitudes más bajas hacia el oriente y sur, esta distribución altimétrica influye directamente en la dinámica del drenaje y en la acumulación de escorrentía pues estas áreas bajas son más susceptibles a concentrar flujo y con ello a tener mayor presencia y riesgo de inundación.

Estos productos cartográficos corresponden al resultado de la zonificación para el nivel de riesgo de inundación en el municipio de Tasco Boyacá con cada una de sus variables normalizadas a una escala común, esto antes del análisis multicriterio.

Índice de Ponderación de Riesgo de Inundación del Municipio

Figura 7

Mapa índice de Ponderación de Riesgo Municipio de Tasco Boyacá



Fuente. Autoría propia, 2025

El mapa muestra la distribución espacial en cuanto al índice de ponderación de riesgo de inundación del municipio donde se puede observar gradientes de amenaza que varían desde valores bajos que se encuentran representados en tonos verdes y los niveles altos de riesgo en tonos amarillos y ocre (tierra) donde las zonas de mayor susceptibilidad se concentran principalmente en sectores de menor altitud, áreas de convergencia de drenajes y zonas donde las pendientes son suaves favoreciendo la acumulación de escorrentía, caso contrario de los valores bajos donde la probabilidad de inundación disminuye notablemente, este mapa nos permite ver e identificar cuáles son las áreas críticas alrededor del casco urbano y en los valles intermedios siendo una herramienta clave en la toma de decisiones sobre gestión de riesgo.

Zonas de Inundación

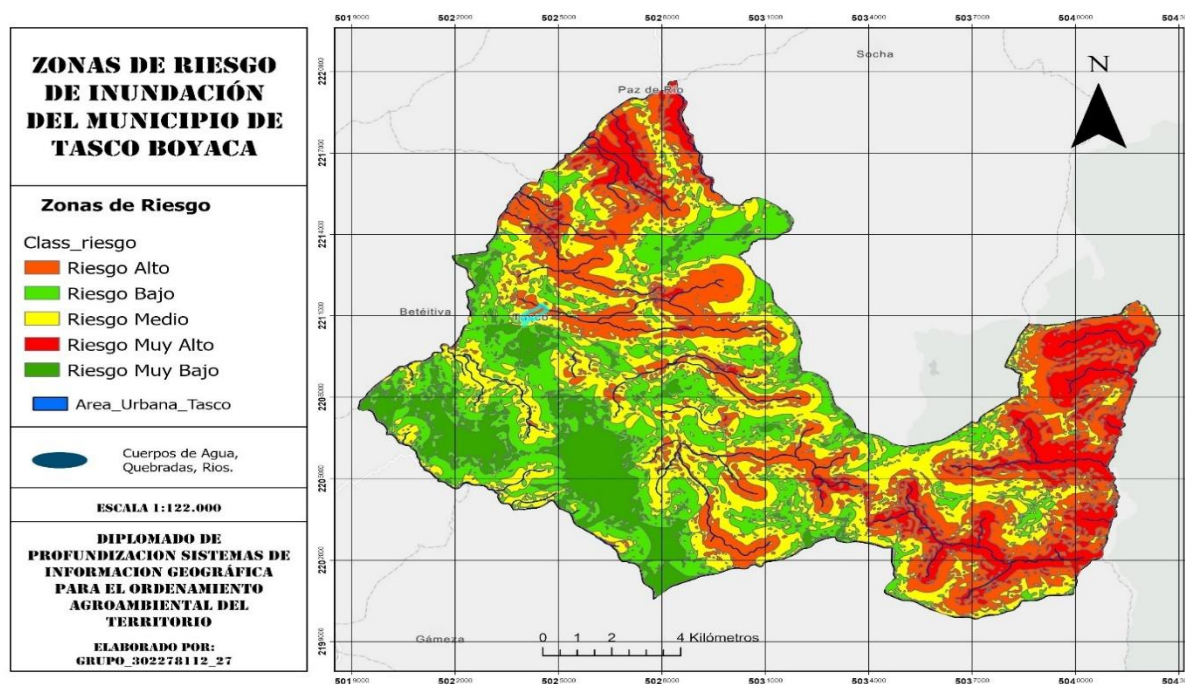
Los mapas obtenidos en el proceso de modelación para el municipio de Tasco dejan en evidencia una distribución espacial del riesgo por inundación claramente diferenciado dentro del territorio del municipio, están las zonas clasificadas como riesgo alto y muy alto que en colorimetría es tonos rojos y naranjas que se concentran principalmente en el sector oriental y en diversos corredores hídricos donde coinciden condiciones topográficas que favorecen la acumulación de escorrentía en específico las pendientes suaves, la menor altitud y la proximidad inmediata a drenajes naturales, patrones que sugieren que dichos sectores presentan una mayor sensibilidad a eventos hidrometeorológicos intensos incrementando la vulnerabilidad de las áreas rurales que son productivas y las zonas que se encuentran habitadas y ubicadas en estas franjas, por otro lado, las áreas con riesgo bajo y muy bajo son visibles con tonos o colores verdes y que se encuentran

distribuidas hacia los sectores elevados del territorio caracterizados por tener pendientes notorias y un drenaje superficial con mayor eficiencia y así lograr disminuir la susceptibilidad a inundaciones.

El mapa sintetiza el resultado de la reclasificación del índice ponderado mostrando con claridad las gradientes de amenaza desde condiciones muy bajas hasta muy altas, se observa con mayor intensidad muchos más polígonos con riesgo significativo asociados estrechamente con el sistema de drenaje del municipio, así como las zonas valladas o planicies localizadas en el centro y el oriente del municipio, esta distribución permite ver la interacción entre factores físicos naturales y ciertos patrones de ocupación en el territorio, por otra parte, los polígonos de riesgo bajo y muy bajo se sitúan mayoritariamente en áreas periféricas y de mayor elevación donde el relieve favorece la evacuación de agua y reduce notablemente la probabilidad de inundación.

Figura 8

Zonas de Riesgo por Inundación Municipio de Tasco Boyacá



Fuente. Autoría propia, 2025

Los resultados cuantitativos obtenidos en la tabla de atributos permiten complementar el análisis espacial, pues la mayor parte del territorio se distribuye entre el riesgo medio con 60 km² y el riesgo alto con 53km² indicando que buena parte del municipio presenta condiciones de exposición moderada a altas posibilidades de eventos de inundación, por su parte el riesgo muy alto con 25km² corresponde a las zonas con mayor problema que requiere una atención prioritaria en términos de planificación, mitigación y prevención del riesgo especialmente por su cercanía a drenajes y superficies planas donde se concentra la escorrentía, por otro lado, las clases de riesgo

bajo con 48km² y muy bajo con 21km² representan aquellas superficies menores vinculadas principalmente a áreas de topografía favorables.

Figura 9

Mapa División Política Tasco Boyacá



Nota. Tomado de la página de Cartográfica, OT Municipio de Tasco, 2025

Al realizar el análisis espacial entre el mapa de división política del municipio de Tasco y el mapa de riesgo por inundación se evidencia una diferencia marcada por veredas en cuanto a los niveles de amenaza, el nivel muy bajo que se encuentra en colores verdes se evidencia con mayor predominancia en las veredas de Canelas, Santa Barbara y San Isidro donde el modelo identifica que las superficies tienen mínima susceptibilidad a los procesos de inundación, estas zonas aparecen representadas de manera dispersa, pero claramente concentradas en dichos lugares.

En cuanto al riesgo bajo esta presenta una distribución bastante amplia y continua a lo largo de todo el municipio abarcando prácticamente todas las veredas, pero el nivel de riesgo se extiende con mayor notoriedad en las veredas Hormezaque, Pedregal, Calle Arriba, San Isidro y Canelas, así como por sectores rurales que conectan los límites de las veredas entre sí, esta presencia se puede decir casi tan uniforme muestra que aunque existen áreas con susceptibilidad reducida, estas siguen manteniendo condiciones que requieren de seguimiento dentro de cada vereda, pues este nivel de riesgo constituye el 23% del territorio.

El riesgo medio muestra una distribución casi continua a lo largo de todo el municipio convirtiéndose en el nivel de riesgo más recurrente con un 29%, pues es visible en todas las veredas, ocasionando que la mayor parte del área de estudio tiene condiciones de amenaza moderada y con ello niveles intermedios de susceptibilidad frente a los riesgos de inundación, a pesar de que no son las áreas con mayor riesgo, si, por su amplia extensión es necesario incorporarlo en la planificación territorial debido a que afecta la gran mayoría de los corredores viales y áreas productivas.

El riesgo alto está presente en una distribución medianamente amplia concentrándose especialmente en las zonas de ladera y en áreas donde la pendiente como la cercanía a drenajes incrementan de manera notoria, generando mayor susceptibilidad a procesos de inundación o escorrentía, destacando este nivel de riesgo en las veredas La Chapa, Hormezaque, Pedregal, Calle Arriba y Santa Barbara donde los patrones curvilíneos del relieve favorecen la acumulación de flujos superficiales y su presencia en el segundo nivel de un 25.6% en todo el municipio genera preocupación y con ella la necesidad de tomar acciones prioritarias para su manejo, especialmente en las áreas agrícolas, las áreas con quebradas y los caminos de las veredas.

En cuanto al riesgo muy alto que tiene un 12.1% de todo el territorio se encuentra más predominante en dos zonas donde convergen diferentes factores, tenemos en el municipio una vereda con el mayor riesgo que es Santa Barbara pues en la cartografía abarca la mayor cantidad de ese riesgo por sus condiciones de laderas extendidas y corredores de flujo que se activan durante los eventos de lluvia, también está La Chapa con el riesgo ubicado en las crestas y laderas abruptas asociadas al relieve montañoso que limita con el municipio de Paz de Rio y ya en menor proporción esta Hormezaque y El Pedregal debido a que son Zonas principalmente elevadas que presentan drenajes concentrados y morfología propensas a generar acumulaciones rápidas de agua.

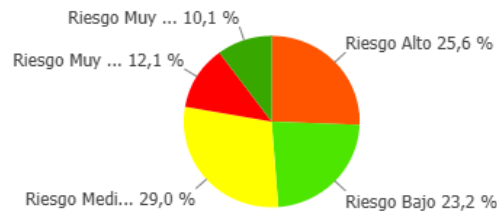
Al analizar la zonificación del riesgo de inundación en el municipio de Tasco se identificó que una parte significativa de las áreas de uso agrícola se localiza en zonas clasificadas con niveles de riesgo medio, alto y muy alto, estas áreas coinciden principalmente con sectores de baja altitud, pendientes suaves y cercanía a drenajes naturales condiciones que favorecen la acumulación de escorrentía durante eventos de precipitación intensa, el análisis por veredas evidencia que Santa Bárbara, La Chapa, Hormezaque y Pedregal concentran extensiones importantes de suelo productivo dentro de las categorías de riesgo alto y muy alto incrementando la exposición de las actividades agropecuarias frente a eventos de inundación.

En contraste, las áreas productivas ubicadas en veredas de mayor altitud y pendientes más pronunciadas muestran una menor exposición al riesgo de inundación, debido a una mayor eficiencia en el drenaje superficial y a la reducción de condiciones favorables para el encharcamiento.

Figura 10

Porcentaje de Área en Km2 por Categoría de Riesgo de Inundación Tasco Boyacá

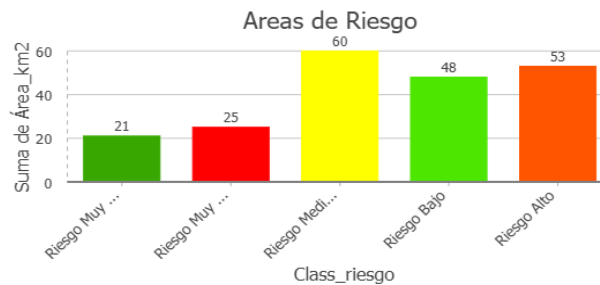
Porcentaje de Area en Km2 por categoria de Riesgo de Inundacion Tasco Boyaca



Fuente. Autoría propia, 2025

Figura 11

Áreas de Riesgo



Fuente. Autoría propia, 2025

Conclusiones

El análisis multicriterio desarrollado en ArcGIS Pro logro obtener una zonificación técnica y precisa de las zonas de riesgo por inundación en el municipio de Tasco departamento de Boyacá donde se integraron variables hidrológicas, morfométricas, climáticas y de cobertura del suelo, donde los resultados evidencian que el municipio presenta una estructura de riesgo bastante heterogénea predominada por el riesgo medio con un 29%, seguido de los niveles altos con un 25.6% y bajo con 23,2%, señalando que en su mayoría el territorio se encuentra expuesto a condiciones de susceptibilidad de modera a elevada principalmente en las temporadas de invierno.

En cuanto a las veredas las comparaciones realizadas evidencian patrones territoriales que se describen así: la vereda Santa Barbara y La Chapa concentran la mayor proporción de riesgo Muy Alto esto debido a sus laderas, zonas de acumulación de escorrentía y a la presencia de aquellos drenajes encajonados que por su condición favorecen los procesamiento de desbordamiento, las veredas Hormezaque, Pedregal, Calle Arriba y Santa Barbara donde confluyen morfologías ondulas y mayor cantidad de sectores con intensidad de lluvias se ubicaron en el nivel alto, mientras que las veredas San Isidro, Canelas y Parte de Santa Barbara presentan grandes

superficies planas con mayor elevación y drenajes eficientes que hicieron que se ubicaran en riesgo muy bajo.

Para finalizar, el estudio demuestra que los Sistemas de Información Geográfica cuando son aplicados desde un enfoque multicriterio son una herramienta útil y robusta para la evaluación de riesgos y tomas de decisiones informadas en los territorios, al integrar los diferentes datos se genera un modelo confiable que puede ser utilizado por las entidades territoriales en este caso la alcaldía municipal o gobernación para formular planes de manejo, mitigación y prevención del riesgo.

Recomendaciones

Implementación de obras de manejo hídrico en zonas de riesgo alto y muy alto especialmente en las veredas La Chapa, Hormezaque, Pedregal y Santa Barbara siendo esta ultima la de mayor prioridad, donde los modelos puedan mostrar la concentración de los desbordamientos potenciales y la escorrentía, implementando sistemas de canalización, estabilizaciones de laudes y la limpieza de las quebradas para reducir su riesgo a inundaciones.

Actualizar e integrar la cartografía de los drenajes y las microcuencas dentro del EOT para asegurar que las clasificaciones de zonas de riesgo obtenida por medio del análisis multicriterio sean incorporadas oficialmente y así los planes de uso de suelos se ajusten de manera correcta a las limitaciones ambientales que fueron identificadas.

En áreas donde el riesgo es medio es mayor y se encuentra ampliamente distribuido por todas las veredas es primordial promover prácticas agrícolas que disminuyan la compactación del suelo y aumenten la capacidad de filtración.

Implementar un sistema de monitoreo hidrometeorológico que este actualizado y en continuo análisis del riesgo enfocado de manera prioritaria a las veredas donde es mayor el riesgo medio y alto, con el objetivo de poder validar la variabilidad de las lluvias, los aumentos en los caudales y las zonas críticas de desbordamiento y posibles inundaciones.

Referencias Bibliográficas

Acuerdo 007 de 2024 plan de desarrollo 2024-2027. (s. f.). [http://www.tasco-](http://www.tasco-boyaca.gov.co/normatividad/acuerdo-007-de-2024-plan-de-desarrollo-20242027)

[boyaca.gov.co/normatividad/acuerdo-007-de-2024-plan-de-desarrollo-20242027](http://www.tasco-boyaca.gov.co/normatividad/acuerdo-007-de-2024-plan-de-desarrollo-20242027)

Banco Mundial. (2020). *Gestión del riesgo de desastres*.

<https://www.bancomundial.org/es/topic/disasterriskmanagement/overview>

Desarrollo Departamental 2024-2027. *Gobernación de Boyacá*. <https://www.boyaca.gov.co/plan-de-desarrollo-departamental-2024-2027/>

- Días, B. S. (2025). *Tasco en alerta amarilla: deslizamiento tiene cerrada vía principal y crecida de quebrada La Chapa genera restricciones. Boyacá 7 Días*.
<https://boyaca7dias.com.co/2025/03/14/tasco-en-alerta-amarilla-deslizamiento-tiene-cerrada-via-principal-y-crecida-de-quebrada-la-chapa-genera-restricciones/>
- Efraimidou, E., y Spiliotis, M. (2024). *Evaluación del riesgo de inundación basada en SIG mediante el método de ensayo y evaluación de laboratorio a escala regional. Environmental Process. N.º 11, Artículo: 9*. <https://doi.org/10.1007/s40710-024-00683-w>
- Gestión del riesgo de desastres. (s. f.). *World Bank*.
<https://www.bancomundial.org/es/topic/disasterriskmanagement/overview>
- Gobernación de Boyacá. (2024). Plan de Desarrollo Departamental 2024–2027.
<https://www.boyaca.gov.co/plan-de-desarrollo-departamental-2024-2027/>
- Goodchild, M. F. (2018). GIScience, geography, form, and process. *Annals of the American Association of Geographers*, 108(6), 1661–1670.
<https://doi.org/10.1080/24694452.2018.1510913>
- Tetteh, E. K. (2025). Multicriteria decision analysis for flood risk assessment using GIS-based approaches. *Journal of Flood Risk Management*. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12987>
- IDEAM. (2021). *Informe nacional sobre el comportamiento hidrológico asociado al fenómeno La Niña* <https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/noticia/ideam-informa-colombia-se-encuentra-bajo-condiciones-tipo-la-nina>
- Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica. Open Library*.
https://openlibrary.org/works/OL17311222W/Sistemas_de_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fic
- Olmos, S. (2025). *Emergencias por lluvias en Boyacá: 21 municipios en calamidad pública. Caracol Radio*. <https://caracol.com.co/2025/05/20/emergencias-por-lluvias-en-boyaca-21-municipios-en-calamidad-publica/>
- Organización Meteorológica Mundial. (2022). Estado del clima en América Latina y el Caribe.
<https://public.wmo.int/es>

Enlace de Sustentación:

https://www.youtube.com/watch?feature=shared&v=3pli_ZFjvIY